



NY TOM RAPPORT

Tittel (norsk og engelsk):

Ny tom rapport

Rapportserie:

Rapport fra havforskningen
ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2024-12

Dato:

17.06.2024

Distribusjon:

Åpen

Antall sider:

35

Innhold

Et kapittel		4
--------------------	-------	----------

Et kapittel

Sammendrag

Overvåknings- og kartleggingsprogrammet for fiskefôr utføres på vegne av Mattilsynet. I 2023 fikk HI tilsendt 76 fiskefôr, 8 fiskemel, 9 fiskeoljer, 16 vegetabiliske mel, 7 vegetabiliske oljer og 2 insektmel, fra kommersielle produksjonsfasiliteter i Norge. Årets undersøkelser har fokusert på fremmedstoffer i fiskefôr. Det ble analysert for flere uønskede stoffer, mikrobiologisk kvalitet, tilsetningsstoffer, i tillegg til mineraler og fettzyrer i startfôr, smoltfôr og vekstfôr som benyttes ved ulike livsstadier til salmonider (hovedsakelig laks).

Resultatene fra årets analyser av uønskede stoffer viser ingen overskridelser av øvre grenseverdier satt i regelverket for uønskede organiske eller uorganiske stoffer. Fôr og fôrmidler ble analysert for en rekke uønskede stoffer som ikke har øvre grenseverdier som per- og polyfluorente alkyl stoffer (PFAS), brominerte flammehemmere og plantevernmidler for å etablere forekomst data. Analyser av mikrobiologisk kvalitet viser ingen overskridelser av grenseverdi for bakterier i familien Enterobacteriaceae, eller funn av *Listeria monocytogenes*.

Det ble detektert PFAS i noen prøver av fiskemel i overvåkningsprogrammet i 2022 derfor ble flere fôr og fôrmidler analysert for PFAS i årets program. Resultatene viser at de fleste prøver av fôr, fiskeolje, vegetabilisk mel og insektmel har nivåer av PFAS under kvantifiseringsgrensen. I fiskemel ble flere PFAS forbindelser funnet med nivåer over LOQ, særlig gjaldt dette forbindelsene PFOS, PFDA, PFNA og PFTA der over 70% av prøvene hadde målbare nivåer. Det er ikke etablert grenseverdier for PFAS i fôr eller fôrmidler.

For de screenede pesticider ble kun glyfosat og dens nedbrytningsprodukt amino-metyl-fosfonsyre (AMPA) detektert med konsentrasjoner over kvantifiseringsgrensen i fullfôr til fisk.

Nivåer av arsen, kvikksølv, kadmium, PCB6, dioksiner og sum dioksiner og dl-PCB var høyere i startfôr og smoltfôr enn i vekstfôr. Flere av fôrene innehold mineralene selen, sink og molybden over grensen for det høyeste tillatte innhold, gitt i regelverket for tilsetningsstoffer for fôr. For fettzyrene viste resultatene at ratioen mellom EPA og DHA i fôrene var noe mer variabelt enn tidligere år.

1 - Bakgrunn

Overvåknings- og kartleggingsprogrammet for fiskefôr utføres på vegne av Mattilsynet som en del av Norges oppfølging av nasjonalt og Europeisk regelverk på dyrefôr. Programmet gjennomføres for å få et situasjonsbilde av fôrområdet med hensyn på potensielle risikofaktorer for folkehelse, dyrehelse og miljø. Programmet har blitt gjennomført årlig siden 1996.

I 2023, fikk HI tilsendt 76 fiskefôr, 8 fiskemel, 9 fiskeoljer, 16 vegetabiliske mel, 7 vegetabiliske oljer og 2 insektmel i dette programmet. Av fullfôrene var 14 startfôr, 14 smoltfôr og 48 vekstfôr tiltenkt salmonider, hovedsakelig laks. Prøvene ble analysert for en rekke uønskede stoffer, syntetiske antioksidanter og fettzyrer.

Dataene som framkommer i dette programmet rapporteres fortløpende med elektronisk analysebevis til Mattilsynet. Ved funn av verdier som overstiger grenseverdiene blir Mattilsynet varslet gjennom et eget varslingsystem. I tillegg rapporteres data på fremmedstoffer i fôr og fôrmidler fra dette programmet årlig til det Europeiske mattrygghetsorganet European Food Safety Authority (EFSA).

Prøvene blir tatt ut fra registrerte virksomheter som produserer fôrblandinger til fisk i Norge. Virksomhetene har ulik geografisk fordeling, og prøvene blir tatt på ulike tidspunkt av året. Mattilsynet er ansvarlige for uttak av

prøvene, og det er Mattilsynets hovedkontor som utarbeider en årlig prøvetakningsplan. Målet er å få et representativt utvalg av fiskefôr (fullfôr) og fôringredienser (fôrmidler) benyttet i norsk fiskefôrproduksjon. I 2023 ble det tatt prøver fra Cargill/Ewos, Skretting AS, Biomar AS, Polarfeed og Mowi ASA. Dataene rapportertes anonymisert med tanke på fôrprodusent.

Prøvene blir tatt av Mattilsynets inspektører og sendt til Havforskningsinstituttet (HI). Ved mottak hos HI blir prøvene registrert og anonymisert før analyse. Laboratoriene ved HI er akkreditert av Norsk akkreditering etter standarden ISO-EN 17025 for en rekke kjemiske og mikrobiologiske metoder. HI er nasjonalt referanselaboratorium (NRL) for flere av områdene. Det blir benyttet underleverandør for noen av analysene, der laboratoriet som benyttes er også akkreditert etter ISO-EN 17025.

Noen av resultatene i denne rapporten er gitt som «<LOQ», som vil si at konsentrasjonene er under kvantifiseringsgrensen for metoden (LOQ; «limit of Quantification»). LOQ er den konsentrasjonen av et stoff man kan kvantifisere med en gitt måleusikkerhet, og avhenger blant annet av prøvetype. For å kunne ta med disse prøvene i beregningene av gjennomsnitt eller summen blir konsentrasjoner som «<LOQ» satt lik LOQ-nivået. Dette prinsippet kalles «upper-bound LOQ» og er standard prosedyre ved beregning av sum dioksiner [1, 2]. Den reelle konsentrasjonen, som ikke er kvantifiserbart, vil være mellom 0 og LOQ. I denne rapporten brukes «upper-bound» prinsippet for utregning av gjennomsnitt for alle stoffgrupper, med unntak av noen stoffgrupper (bl.a. mykotoksiner og PFAS) der dette er presisert i regelverket at det skal benyttes «lower-bound LOQ». Lower-bound LOQ vil si at konsentrasjoner under LOQ settes til 0. Det er i denne rapporten valgt å gi snittverdier for analytter når 20% av prøvene har konsentrasjoner over LOQ.

2 - Resultater og diskusjon

2.1 - Prosesserte animalske proteiner

Forbudte prosesserte animalske proteiner (PAP), dvs mel av kjøtt, bein og innmat, blodmel og blodprodukter fra drøvtyggere ble undersøkt i 8 fiskemel i 2023. Det ble ikke påvist DNA av ruminant DNA, blod eller bein rester fra virveldyr. Det ble påvist gjellevev, otolitt og skjellrester fra fisk.

2.2 - Mikrobiologisk kvalitet og toksiner

2.2.1 - Mikrobiologiske analyser

Bakteriene Enterobacteriaceae og *Listeria monocytogenes* ble undersøkt i henholdsvis 10 fiskemel og 20 fiskefôr. Det var ingen utslag over påvisningsgrensene (LOQ, <10 CFU/g) for Enterobacteriaceae i fiskemel.

Det har de siste årene vært flere tilfeller av listeriose, infeksjon med bakterien *Listeria monocytogenes*, både i Norge og andre steder i Europa som har blitt sporet tilbake til lakseprodukter. *Listeria monocytogenes* er en gram positiv bakterie som fins naturlig i miljøet. Den kan føre til alvorlige infeksjoner, spesielt hos mennesker med nedsatt immunforsvar. Bakterien kan danne biofilmer i produksjonslokalene og kan så smitte over på matvarer. *Listeria monocytogenes* tåler ikke varmebehandling, og er derfor hovedsakelig et problem i matvarer som ikke skal varmebehandles før konsum, som røkte, gravede og rakede laks- og ørretprodukter. *Listeria* kan følge med fisken inn i slakteriene ved å feste seg på gjeller eller fiskens overflate, men det har også blitt spekulert i om bakteriene kan være til stede i fiskefôr, og bli overført til slakteriene via mage/tarmsystemet hos fisken. Det ble i 2023 valgt å analysere fiskefôr for *Listeria monocytogenes* for å undersøke omfanget av forekomsten av bakterien i fôr. Det ble ikke påvist *Listeria monocytogenes* i noen av de 20 prøvene undersøkt i 2023.

2.2.2 - Mykotoksiner

Mykotoksiner ble undersøkt i 47 fiskefôr, 16 vegetabiliske fôrmidler og 7 vegetabiliske oljer. Totalt 19 forskjellige mykotoksiner ble analysert i fôr og formidler (Tabell 1 og 2), mens i vegetabiliske oljer ble kun de fem mest

lipofile mykotoksinene analysert (Tabell 2). Resultater for mykotoksiner viste ingen overskridelser av grenseverdier eller referanseverdier i prøvene fra 2023. Enniatin B ble funnet i nivåer over kvantifiseringsrensen (LOQ) i en del fiskefôr (28%) men i færre enn i 2022 (60% av prøvene), og med relativt lave konsentrasjoner (Tabell 2). I motsetning til i 2022, hadde ingen av de vegetabiliske fôrmidlene høye nivåer av beauvericin. Den høyeste konsentrasjon var 14 µg/kg i vegetabiliske fôrmiddel, mens det var 530 µg/kg i en av prøvene analysert i 2022. Høye nivåer har også blitt observert tidligere i enkelte prøver av hvetegluten [3]. Mens alle prøver av vegetabiliske oljer inneholdt Enniatin B i prøver analysert i 2022, var det kun målbare (over LOQ) nivåer i 43 % av de vegetabiliske oljene undersøkt i 2023.

Det er ikke etablert grenseverdi eller referanseverdi for enniatiner i fôr eller fôrmidler, men studier på laks viser at høye nivåer av enniatin B i laksefôr kan utgjøre en risiko for redusert vekst [4]. Trenden i fiskefôr har tidligere vist at enniatin B er mest forekommende etterfulgt av deoxynivalenol (DON) zearalenone (ZEN) og fumonisin (FUM) [3]. Enniatin B og Ocratoxin A ble målt med konsentrasjoner over LOQ i henholdsvis 28 og 26% av fôr prøvene undersøkt i 2023, mens ingen av fôrene inneholdt ZEN og FUM over LOQ. Forekomst av beauvericin i fôr var høyere i prøver undersøkt i 2023 (i 13% av prøvene) enn i tidligere år [5].

Av de fem *Alternaria* toksiner som ble analysert i vegetabiliske fôrmidler og vegetabiliske oljer var det tenuazonic syre som hadde høyst forekomst og nivåer (Tabell 3). Fire av de fem toksinene ble funnet i konsentrasjoner over LOQ i vegetabiliske mel, mens nivåene av alternariol og tentoksin var under kvantifiseringsgrensen i vegetabiliske oljene undersøkt. Noen av disse toksinene kan ødelegge avlinger, men kan også være genotoksisk hos rotter. EFSA har belyst kunnskapshull om forekomst data for *alternaria* toksiner i fôr samt og data om toksisitet for oppdrettsarter [6].

2.3 - Uønskede stoffer

2.3.1 - Metaller

Uorganiske metaller, inkludert arsen (As), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), bly (Pb) og nikkel (Ni) ble målt i 76 fullfôr, 8 fiskemel og 2 insektmel i 2023 (Tabell 4). I fullfôr varierte nivåene av As fra 0,7 til 5,0 mg/kg, Hg fra <0,006 til 0,1 mg/kg, Cd fra 0,04 til 0,26 mg/kg, Pb fra <0,02 til 0,34 mg/kg og Ni fra 0,2 til 3,8 mg/kg. Uorganisk arsen og metylkvikksølv ble undersøkt i et utvalg fôrprøver (Tabell 4). Arsen spesieringsanalyser viser at uorganisk As utgjør opp til 4% av total mengde As, mens den organiske formen arsenobetaine utgjør opp til 63% av total As. Metylkvikksølv utgjør over 72% av Hg i alle fôr. I 2023 var det høyest Cd nivå i fiskemel 0,14 mg/kg mens i 2022 var det to prøver av fiskemel som hadde høyere konsentrasjoner av Cd (2,0 og 2,2 mg/kg). Grenseverdien for Cd er 2 mg/kg for fiskemel. Insektmel hadde nivåer av metaller sammenlignbar med tidligere år, bortsett fra bly som var mye lavere (snitt 0,05 mg/kg) enn tidligere (0,3 mg/kg i 2022) [5].

2.3.2 - PCB og dioksiner

Uønskede organiske stoffer, inkludert dioksiner (sum PCDD/PCDF), dioksinlignende (dl)-PCB, samt seks ikke-dioksinlignende PCB (sum PCB6) ble undersøkt i 76 fullfôr, 8 fiskemel og 9 fiskeoljer i 2023 (Tabell 5 og Tabell 6).

I fullfôr varierte nivåene av sum PCB6 mellom 0,6 og 11,2 µg/kg (Tabell 5). Dette var sammenlignbart med resultatene for fôrene innsamlet i 2021 [5], mens det høyeste nivået i 2022 var betydelig lavere (5,5 µg/kg). Gjennomsnitt konsentrasjon på 3,5 µg/kg var tilsvarende snittet i tidligere år [5]. Alle prøver var under øvre grenseverdi for Sum PCB6 i fullfôr som er 40 µg/kg. Gjennomsnittsnivåene av Sum PCB6 i fiskemel og i fiskeolje var 3,0 og 21,5 µg/kg, til sammenligning var det lavere gjennomsnitt i 2022 for fiskeolje (13,5 µg/kg). Resultater var betydelig lavere enn øvre grenseverdien på 30 µg/kg i fiskemel og 175 µg/kg i fiskeoljer (Tabell

5). Det pågår en diskusjon i EU om å redusere øvre grenseverdier for dioksin og sum dioksin og dl-PCB i både fôr og mat. Bakgrunnen for dette er at EFSA innførte en reduksjon av tolerabelt ukentlig inntak for disse stoffene i 2018 [7].

I fullfôr varierte nivåene av dioksiner fra 0,1 til 0,5 ng TEQ/kg, og nivåene av sum dioksin og dl-PCB fra 0,1 til 1,2 ng TEQ/kg, som er under øvre grenseverdiene på henholdsvis 1,75 ng TEQ/kg og 5,5 ng TEQ/kg (Tabell 6). Nivåene av dl-PCB i fôr hadde større spredning enn i 2022, og den høyeste konsentrasjonen var 1,2 ng TEQ/kg mens den var 0,7 ng TEQ/kg i 2022. For fiskemel og fiskeolje var også nivåene under øvre grenseverdier for dioksiner og sum dioksiner og dl-PCB. Nivåene av dl-PCB, og dermed også sum dioksiner og dl-PCB var noe høyere i fiskeolje enn i 2022 [5].

2.3.3 - Klorerte pesticider

Klorerte pesticider inkludert dieldrin/aldrin, toksafen, klordan, endosulfan, HCB, HCH og DDT ble undersøkt i 37 fullfôr, 8 fiskemel og 9 fiskeoljer i 2023 (Tabell 7 og 8). Klorerte pesticider er fettløselige, persistente miljøgifter som per i dag ikke lenger blir brukt i de fleste land, men kan akkumulere i det marine miljø. Fiskefôr inneholdt et snitt for sum dieldrin/aldrin, sum endosulfan, sum toksafen, sum klordan, sum heptaklor, sum HCH, HCB og sum DDT på henholdsvis 1,6 µg/kg, 1,5 µg/kg, 4,0 µg/kg, 1,5 µg/kg, 0,6 µg/kg, <0,3 µg/kg, 1,4 µg/kg (Tabell 7) og 5,5 µg/kg (Tabell 8). Nivåene for de fleste persistente organiske miljøgiftene var tilnærmet lik nivåer sett i fullfôr undersøkt tidligere år i dette programmet [5]. Nivåene av alpha-, beta- og delta-HCH var under kvantifiseringsgrensene i alle fôrene, mens i 2022 var nivåene av sum HCH mellom 1,9 og 9,1 µg/kg [5]. Alle analyseresultatene var under de øvre grenseverdiene for klorerte pesticider i fullfôr.

2.3.4 - Pesticider og ugressmidler

Ikke-klorerte pesticider, som per i dag blir brukt på plante produkter, ble undersøkt i 50 fullfôr, 16 vegetabiliske mel, 7 vegetabiliske oljer og 2 insektmel i 2023. For de screenede pesticider ble kun glyfosat og dens nedbrytningsprodukt amino-metyl-fosfonsyre (AMPA) detektert med konsentrasjoner over LOQ i fullfôrene (Tabell 9). I 2022 var også pirimifos-metyl, malathion, og klorpyrifos-methyl over LOQ i fullfôrene. I de vegetabiliske oljene undersøkt i 2023 ble pirimifos-metyl, boscalid og cypemetrin detektert over med nivå over LOQ (Tabell 9), mens i 2022 var også nivåene av klorpyrifos-etyl og malathion over LOQ i vegetabiliske oljene undersøkt. Det finnes per i dag ikke spesifikke MRL (maximum residue level) for pesticider i fôrmidler eller fullfôr, men det finnes MRL for pesticider i råvarer og matprodukter, men ikke for sjømat. Det er etablert MRL for boscalid (MRL: 1,0 mg/kg), malathion (0,02 mg/kg), pirimifos-metyl (0,5 mg/kg) i oljefrø av raps, men ingen av de vegetabiliske olje hadde konsentrasjoner i nærheten av MRL. Fornyelsen av autorisasjonen for klorpyrifos og klorpyrifos-metyl ble ikke godkjent i EU i 2020. Det er blitt satt krav om LOD på 0,01 mg/kg for dette pesticidet. Det ble ikke detektert klorpyrifos i fullfôr, vegetabiliske mel, vegetabiliske oljer eller insektmel over dette LOD kravet i 2023.

Ugressmiddelet glyfosat ble påvist i 88% av alle fôrene undersøkt, med konsentrasjoner fra 0,01 til 0,17 mg/kg. I 2022 ble glyfosat påvist i alle fôrene, og det høyeste konsentrasjon var 0,25 mg/kg. Flere av de vegetabiliske fôrmidlene undersøkt i 2023 hadde også nivå av glyfosat og AMPA over LOQ (Tabell 9). Helseeffektene av glyfosat på laks er ikke fullt kjent, men noen studier tyder på at det kan ha negative påvirkninger på nyre- og leverfunksjonen til fisken etter vanneksposering [8, 9].

2.3.5 - Bromerte flammehemmere

Bromerte flammehemmere (PBDE) ble undersøkt i 76 fullfôr, 8 fiskemel, og 9 fiskeoljer i 2023 (Tabell 10). Det er åtte PBDEer som EFSA påpeker som særlig interessante med tanke på mattrygghet [9]. Disse er BDE-28, -47, -99, -100, -153, -154, -183 og -209. I tidligere overvåking har de syv første av disse blitt slått sammen til sum PBDE7, mens BDE 209 først ble inkludert i fôrovervåkingen i 2021. For å kunne sammenligne mellom årene

blir PBDE 7 presentert i denne rapporten. Snitt for sum PBDE 7 var 0,3 µg/kg i fullfôr, 0,31 µg/kg i fiskemel og 1,29 µg/kg i fiskeolje (Tabell 10), og dette er i samme konsentrasjonsområde som i prøver undersøkt både i 2021 og 2022 [5]. Det er ikke etablert øvre grenseverdier for PBDE i fôr og fôrmidler.

De brommerne flammehemmere HBCD og TBBP-A ble analysert i fiskemelene og fiskeoljene. HBCD ble funnet over LOQ i de fleste prøver av fiskemel og fiskeolje, hovedsakelig som α -HBCD (Tabell 11). HBCD kan overføres fra fôr til fisk, men EFSA konkluderte i 2021 at nivået i mat ikke utgjør en helserisiko [10].

Tetrabromobisfenol-A (TBBP-A) ble ikke påvist hverken i fiskemel eller i fiskeolje, mens i 2022 ble det påvist i en av 10 fiskeoljer analysert.

2.3.6 - Perfluorerte forbindelser (PFAS)

Perfluorerte forbindelser (PFAS) ble undersøkt i 50 fullfôr, 8 fiskemel, 9 fiskeoljer, 16 vegetabiliske mel og 2 insektmel i 2023. Resultatene viser at de fleste prøver av fôr, fiskeolje, vegetabilisk mel, vegetabilisk olje og insektmel har nivåer av PFAS under metodens LOQ (Tabell 12). I fiskefôr var det kun PFOS (perfluorooctane sulfonate) og PFNA (perfluorononanoic acid) som hadde nivåer over LOQ. I prøver av fiskemel var det flere PFAS forbindelser med nivåer over LOQ (Tabell 12), dette gjaldt særlig for forbindelsene PFOS, PFDA (perfluorodecanoic acid), PFNA og PFUnDA (perfluoroundecanoic acid) der over 70% av prøvene hadde målbare nivåer. Høyest konsentrasjon ble målt av PFOS i fiskemel, med konsentrasjoner fra 0,18 til 8,0 µg/kg, mens nivåene i fiskemel i 2022 var mellom 1,0 til 2,0 µg/kg [5]. I fiskeolje ble det funnet målbare konsentrasjoner av PFOSA i 5 av 9 fiskeoljer, med konsentrasjoner opp til 1,9 µg/kg. I likhet med fiskemel ble også PFOS funnet i noen av fiskeoljene undersøkt med konsentrasjoner opp til 8,0 µg/kg. Det ble også funnet nivåer over LOQ av noen andre PFAS forbindelser i noen av fiskeoljene undersøkt (Tabell 12). I vegetabiliske fôrmidler ble forbindelsene PFHxS, PFBA og PFBS funnet over LOQ i én av prøvene undersøkt, mens PFOA (perfluorooctanoic acid) ble målt i to prøver. Ingen av de vegetabiliske oljene hadde nivå av PFAS over LOQ. PFOS var den eneste PFAS som ble detektert over LOQ i insektmel, hvor den ene prøven inneholdt 0,02 µg PFOS/kg.

Det ble etablert øvre grenseverdi for PFAS i mat og sjømat produkter i januar 2022, noe som har ført denne gruppen uønskede stoffer i søkelyset både i EU og i Norge. I mat er den øvre grenseverdien satt for sum av fire PFAS; PFOS, PFOA, PFOSA og PFHxS, på 1,4 µg/kg. Det er ikke etablert øvre grenseverdi for fôr eller fôrmidler, men det kan forventes å komme. Det ble i Danmark rapportert om PFAS i økologiske egg, som ble videre sporet til bruk av fiskemel i fôret [11]. Studier har vist at ulike fiskeslag kan ha ulike konsentrasjoner av PFAS [11], og dette kan forårsake variasjoner i disse forbindelser i fiskemel.

2.3.7 - Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Prosesskontaminantene polyaromatiske hydrokarboner (PAH) ble undersøkt i 15 vegetabiliske fôrmidler i 2023. Konsentrasjonene for sum PAH4 var fra 0,3 til 5,0 µg/kg i vegetabiliske fôrmidler (Tabell 13). Nivåene var sammenlignbare med konsentrasjonene målt i 2020, 2021 og 2022 [5]. Det er ikke etablert øvre grenseverdier for PAH i fôr eller fôrmidler, men det er øvre grenseverdi for sum PAH4 i røkt fisk på 12 µg/kg våtvekt.

2.4 - Tilsetningsstoffer

2.4.1 - Syntetiske antioksidanter

De syntetiske antioksidantene butylert hydroksytoluen (BHT), butylert hydroksyanisol (BHA) og propylgallat ble undersøkt i 76 fullfôr og 8 fiskemel, og 9 fiskeoljer ble analysert for BHA (Tabell 14). Nivåene av BHA og BHT i både fôr og fiskemel var litt lavere enn i 2022. Snitt konsentrasjonene i fôr var 4,1 mg BHA/kg og 10,3 mg BHT/kg i 2023, mens de var 5,4 mg BHA/kg og 15,8 mg BHT/kg i 2022 [5]. Propylgallat var under LOQ for alle fullfôr, i likhet med tidligere undersøkelser. BHA ble funnet i nivåer over LOQ i 7 av de 9 undersøkte fiskeoljene med varierende konsentrasjoner (<0,3 til 47 mg/kg), og snittet var 16,7 mg/kg, mens det var 2,3 mg/kg for de 9

fiskeoljene målt i 2022. Det er ingen grense for øverste tillate innhold av BHT eller BHA i fôrmidler, men grenseverdien for sum syntetiske antioksidanter i fiskefôr er 150 mg/kg.

2.4.2 - Mineraler og sporelementer

Sporelementer ble analysert i 76 fullfôr, 8 fiskemel, og 2 insektmel i 2022 (Tabell 15). Av fullfôrene analysert undersøkt var 14 startfôr, 14 smoltfôr og 48 vekstfôr (Tabell 16). De essensielle mineralene er regulert som tilsetningsstoffer i EU, og nivåene i fiskefôr må overholde det høyeste tillate innhold satt i EU regelverket for tilsetningsstoffer, når stoffet er tilsatt. Det høyeste tillate innhold for selen (Se) er 0,5 mg/kg, molybden (Mo) er 2,5 mg/kg, mangan (Mn) er 100 mg/kg, sink (Zn) er 180 mg/kg, og jern (Fe) er 750 mg/kg for fôr til salmonider.

Flere av fôrene undersøkt i 2023 var over det høyeste tillate innhold for Se (84% av fôrene), Zn (13% av fôrene) og Mo (30% av fôrene). Dette har også har blitt observert i tidligere år i dette programmet for Se, Zn og Mo. I motsetning til 2022 var det ingen av fôrene som hadde nivåer av Mn eller Fe over høyeste tillat innhold.

Konsentrasjonene av Se var høyere i smoltfôr (snitt på 1,0 mg/kg), enn startfôr (snitt på 0,8 mg/kg) og vekstfôr (snitt på 0,7 mg/kg) (Tabell 16). Tilsvarene i 2022 var konsentrasjonene av Se høyere i smoltfôr (snitt på 1,0 mg/kg), enn startfôr (snitt på 0,8 mg/kg) og vekstfôr (snitt på 0,6 mg/kg). Snittkonsentrasjonene av krom, jern, mangan, og molybden var også høyere i startfôr, enn smoltfôr og vekstfôr.

Det var et startfôr som oversteg grensen for høyeste tillate innhold av Zn, på 180 mg/kg, mens 4 smoltfôr og 5 vekstfôr oversteg denne grensen. Sink og selen i fiskefôr kommer fra både ingredienser og premikser, og av råvarene undersøkt er det fiskemel som bidrar mest Se (Tabell 15). Sporelementene Zn og Se er begrensende i plantebaserte fôr, særlig i smolt og post-smolt faser [12, 13]. Behovet for selen til post-smolt laks fôret på plantbasert fôr er estimert å være 0,65 mg/kg [13], og studier har vist at nivåer av Zn og Se henholdsvis under 180 mg/kg og 0,65 mg/kg kan påvirke laksens helse negativt [12, 13].

Mangan (Mn) nivå i fem av fullfôrene (1 startfôr, 1 smoltfôr og 3 vekstfôr) var lavere enn behovet, som er estimert å være 26 til 34 mg/kg til post-smolt laks fôret på plantbasert fôr [14]. Generelt var nivåene av flere mineraler, inkludert Se, Zn, Mn, Cr og Fe høyere start- og smoltfôr enn i vekstfôrene (Tabell 16).

2.4.3 - Fettsyresammensetning

Fettsyresammensetningen ble målt i 60 fullfôr i 2023. Av disse var 14 i kategorien startfôr, 14 smoltfôr og 32 vekstfôr. Hovedandelen av fett i alle fôrene var enumettet fett (som for eksempel 18:1n-9), som utgjorde henholdsvis 50, 48 og 51% av fettsyrene i startfôr, smoltfôr og vekstfôr (Tabell 17). Mettede fettsyrer var ganske stabile i nivå både mellom og innad i fôrtypene startfôr, smoltfôr og vekstfôr, med snitt på henholdsvis 18, 18 og 16% av fettsyrene. Ratio mellom n-3/n-6 nivå i fôrene lå høyere i start-, og smoltfôr (1,6 og 1,7) enn i vekstfôr (1,3). Andel EPA og DHA i fôrene var også litt høyere i start-, og smoltfôrene (10% av fettsyrene i begge fôr typene) enn i vekstfôrene (8% av fettsyrene). Det laveste nivå av EPA og DHA målt i fôrene var 7% av fettsyrene, som var ganske likt det lavest i 2022 (6,3% av fettsyrene). Ratioen mellom EPA og DHA er mistenkt å kunne påvirke helsen til laksen om den blir for ubalansert [15]. Snittverdien for ratioen mellom EPA og DHA var mellom 1,3 og 1,7, og varierte noe mer enn fôrene i 2022 [5].

2.5 - Kontaminanter i fôr til ulike livsstadier

Snitt nivåene av arsen, kadmium og kvikksølv i startfôr og smoltfôr var noe høyere enn i vekstfôr (Tabell 18, Figur 1A). Konsentrasjonene av de organiske miljøgiftene dioksiner, sum dioksiner og dl-PCB og PCB6 var også lavere i vekstfôr enn i start og smolt fôr (Tabell 19, Figur 1B). Fiskemel og fiskeolje er hovedkildene til arsen, kvikksølv, dioksiner og PCB i fiskefôr, og de høyere nivåer av disse stoffene i startfôr og smoltfôr indikerer at innholdet av marine råvarer i disse fôrene er høyere enn i vekstfôr.

3 - Tabeller

3.1 - Tabell 1. Mykotoksiner

Gjennomsnitt og konsentrasjonsområde (min-maks) for mykotoksiner ($\mu\text{g/kg}$) i fullfôr og vegetabilsk fôrmiddel i 2023). Snittverdier er gitt der 20% eller mer av prøvesvarene er over LOQ, snitt gitt som "lower-bound LOQ". Siste rad viser øvre grenseverdi eller anbefalt referanseverdi for mykotoksiner i fullfôr og fôrmidler2-5)). [Mean and range (min-max) of mycotoxins ($\mu\text{g/kg}$) in fish feed and plant meal in 2023. Mean is given when 20% or more of the results were over LOQ, using "lower-bound LOQ"). The maximum level or recommended guidance values for mycotoxins in feed and feed materials are given in the rows below the results].

1 - Bakgrunn og formål

Havforskningsinstituttet skal gi råd og kunnskapsgrunnlag for kvotefastsetting og regulering av fisket på kongekrabbe til forvaltningsmyndighetene.

Hensikten med toktet var å kartlegge bestanden av kongekrabbe i kvoteregulert område i Øst-Finnmark. Toktet inngår i en lang tidsserie som danner grunnlaget for den årlige kvoteanbefalingen og overvåkingen av utviklingen i kongekrabbebestanden.

2 - Material og metode

2.1 - Fartøy, varighet og dekningsområde

Toktet ble gjennomført med F/F Kristine Bonnevie som var rigget for bruk av videoslede, setting og haling av teiner og tråling med krabbetrålen (stor Agassiz). Toktet startet i Tromsø 5. september og ble avsluttet i Tromsø 26. september 2022. Det ble gjennomført et kort anløp i Honningsvåg for bytte av toktpersonell den 7. september der Jon-Ivar Westgaard og Gledis Guri gikk av, og masterstudent Haakon Winge Hjertaas kom om bord. I Hammerfest ble det skifte av mannskap og toktpersonell 12. september, før vi fortsatte toktet. Liste over tokt deltakere finnes i Tabell 1.

Dekningsområdet for kartlegging av kongekrabbe var fra Russegrensen i øst til og med Porsangerfjorden i vest. Vi undersøkte ett område av gangen, i henhold til når det var stengt for kommersielt krabbefiske, som oppført i Forskriften om regulering av fangst av kongekrabbe i kvoteregulert område øst for 26 graden (Nordkapp). Her er oversikten over når områder var stengt for kommersielt krabbefiske:

Varangerfjorden 22.–25. september

Østhavet 19.–21. september

Tanafjorden 17.–18. september

Nordkinn 12.–13. september

Laksefjorden 13.–16. september

Porsangerfjorden 08.–11. september

I tillegg ble det tatt e-DNA prøver på stasjoner i Olderfjorden, Frakkfjorden og Bergsfjorden på ferden nordover fra Tromsø. Vi tok også faste CTD-stasjoner for Fjordovervåking, ledet av Jofrid Skardhamar, fra Tromsø i sør til Varangerfjorden i nordøst.

2.2 - Toktdesign

Toktet er designet slik at fjordområder kartlegges med video, trål og teiner i kombinasjon. Områdene Nordkinn og Østhavet kartlegges kun med video, da tidligere forsøk har vist at det er veldig utfordrende å tråle med krabbetrålen der, grunnet ujevn bunn og mye stein. I hovedsak ble samme stasjonsnett som i 2021 benyttet. Stasjonene er valgt ut tilfeldig, men på en slik måte at alle dybdestrata blir dekket på en representativ måte. Nye samplingstasjoner ble valgt ut basert på dybdestrata dypere enn 50 meter. Strataene ble inndelt slik: 50–100 m, 100–200 m, 200–300 m og dypere enn 300 m.

Hver stasjon fikk et fast stasjonsnummer, som blir brukt for den gitte stasjonen uavhengig av hvilket redskap som brukes. Stasjonsnummeret gjelder fra dette toktet og på fremtidige tokt. Stasjonene i hvert område har sin nummerserie, slik at det enkelt kan legges til nye stasjoner i samme serie. Nummeret til stasjoner som kuttes ut vil ikke kunne gjenbrukes. Følgende nummerserier brukes:

Varangerfjorden: 100-nummer

Nordkinn og Østhavet: 200-nummer

Tanafjorden: 300-nummer

Laksefjorden: 400-nummer

Porsangerfjorden: 500-nummer

2.3 - Utstyr og metodikk

2.3.1 - Video

Videostasjonene ble undersøkt med en videoslede konstruert for telling av krabber på bunnen. Sleden settes ut på styrbord side av båten og slepes etter fartøyet (Figur 1–2). Den beveger seg 0,5 til 1,5 m over havbunnen og er utstyrt med to kamera, lasere og lys. På en av laboratoriene ble det rigget til med skjermer og videosleden ble fjernstyrt derfra (Figur 3–5). Telling av krabber ble gjort mens sleden ble dradd langs bunnen. Bunn tiden ved bruk av videosleden var 30 min og hastigheten varierte fra ca. 0,7 til 1,0 knop. De to kameraene er rettet skrått nedover og dekker to parallelle områder med en viss overlap. Det er plassert en laserpeker på hver side i ytterkanten av sleden og en i senter. På den måten er to laserpunkt synlig i hvert av kameraene, hvor det midterste er synlig for begge. Den totale bredden på synsfeltet ble da ca. 4 (2 + 2) meter. To personer var ansvarlig for å telle krabber, på hvert sitt kamera. Det var kun krabbene som ble observert mellom laserpunktene som ble telt. Et individ ble regnet for å være innenfor dersom mer enn halve ryggskjoldet var innenfor.

2.3.3 - Teiner

Teinene som ble brukt er standard kongekrabbeteiner uten fluktåpninger, med sild som agn. Det ble benyttet to teiner i lenke på hver stasjon.

2.4 - Datahåndtering, toktlogger og Fish2Data

Serienummer brukt på dette toktet var 65148–65342 (Tabell 2). Det ble brukt ett serienummer per operasjon/redskap (en teinelenke, et videotrekk, et tråltrekk). Det ble registrert stasjonsnummer i henhold til de på forhånd planlagte stasjonene, også der det måtte endres redskap. Posisjon, dyp, fart, utseilt distanse etc. ble logget for hver stasjon, og overført fra toktlogger til BioticEditor via Fish2data. Utseilt distanse for trål ble regnet som den samme som fartøyet utseilte distanse. Videosleden hadde egen logging av utseilt distanse.

Biologisk prøvetakning og datahåndtering fulgte Havforskningsinstituttets gjeldende standard og prosedyrer (Håndboken). Flere morfologiske mål ble tatt av hver enkelt krabbe. Alle originaldata som ble samlet inn er

overlevert Norsk Marin Datasenter og er tilgjengelig på

http://\ces.imr.no\cruise_data\2021\S2021623_PKRISTINEBONNEVIE_1172

Korrigerte og kvalitetssikrede data i BioticEditor er tilgjengelig gjennom «Dataset explorer»

(<https://datasetexplorer.hi.no/apps/datasetexplorer/v2/navigation>).

I fiskelabben ble det satt opp to arbeidsstasjoner hvor vi tok i bruk Havforskningsinstituttet Fish2Data-system med iPad tilkoblet digitalt skyvelære via Bluetooth, og vekt via lokalt nettverk og Raspberry Pi (Figur 7). Alle stasjons-, fangst- og individdata ble lastet ned fra fish2data via lokalt nettverk og lastet inn i BioticEditor.

1 - Bakgrunn og formål

Havforskningsinstituttet skal gi råd og kunnskapsgrunnlag for kvotefastsetting og regulering av fisket på kongekrabbe til forvaltningsmyndighetene.

Hensikten med toktet var å kartlegge bestanden av kongekrabbe i kvoteregulert område i Øst-Finnmark. Toktet inngår i en lang tidsserie som danner grunnlaget for den årlige kvoteanbefalingen og overvåkingen av utviklingen i kongekrabbebestanden.

2 - Material og metode

2.1 - Fartøy, varighet og dekningsområde

Toktet ble gjennomført med F/F Kristine Bonnevie som var rigget for bruk av videoslede, setting og haling av teiner og tråling med krabbetrålen (stor Agassiz). Toktet startet i Tromsø 5. september og ble avsluttet i Tromsø 26. september 2022. Det ble gjennomført et kort anløp i Honningsvåg for bytte av toktpersonell den 7. september der Jon-Ivar Westgaard og Gledis Guri gikk av, og masterstudent Haakon Winge Hjertaas kom om bord. I Hammerfest ble det skifte av mannskap og toktpersonell 12. september, før vi fortsatte toktet. Liste over tokt deltakere finnes i Tabell 1.

Dekningsområdet for kartlegging av kongekrabbe var fra Russegrensen i øst til og med Porsangerfjorden i vest. Vi undersøkte ett område av gangen, i henhold til når det var stengt for kommersielt krabbefiske, som oppført i Forskriften om regulering av fangst av kongekrabbe i kvoteregulert område øst for 26 graden (Nordkapp). Her er oversikten over når områder var stengt for kommersielt krabbefiske:

Varangerfjorden 22. –25. september

Østhavet 19.–21. september

Tanafjorden 17.–18. september

Nordkinn 12.–13. september

Laksefjorden 13.–16. september

Porsangerfjorden 08.–11. september

I tillegg ble det tatt e-DNA prøver på stasjoner i Olderfjorden, Frakkfjorden og Bergsfjorden på ferden nordover fra Tromsø. Vi tok også faste CTD-stasjoner for Fjordovervåking, ledet av Jofrid Skardhamar, fra Tromsø i sør til Varangerfjorden i nordøst.

2.2 - Toktdesign

Toktet er designet slik at fjordområder kartlegges med video, trål og teiner i kombinasjon. Områdene Nordkinn og Østhavet kartlegges kun med video, da tidligere forsøk har vist at det er veldig utfordrende å tråle med krabbetrålen der, grunnet ujevn bunn og mye stein. I hovedsak ble samme stasjonsnett som i 2021 benyttet. Stasjonene er valgt ut tilfeldig, men på en slik måte at alle dybdestrata blir dekket på en representativ måte. Nye samplingstasjoner ble valgt ut basert på dybdestrata dypere enn 50 meter. Strataene ble inndelt slik: 50–100 m, 100–200 m, 200–300 m og dypere enn 300 m.

Hver stasjon fikk et fast stasjonsnummer, som blir brukt for den gitte stasjonen uavhengig av hvilket redskap som brukes. Stasjonsnummeret gjelder fra dette toktet og på fremtidige tokt. Stasjonene i hvert område har sin nummerserie, slik at det enkelt kan legges til nye stasjoner i samme serie. Nummeret til stasjoner som kuttes ut vil ikke kunne gjenbrukes. Følgende nummerserier brukes:

Varangerfjorden: 100-nummer

Nordkinn og Østhavet: 200-nummer

Tanafjorden: 300-nummer

Laksefjorden: 400-nummer

Porsangerfjorden: 500-nummer

2.3 - Utstyr og metodikk

2.3.1 - Video

Videostasjonene ble undersøkt med en videoslede konstruert for telling av krabber på bunnen. Sleden settes ut på styrbord side av båten og slepes etter fartøyet (Figur 1–2). Den beveger seg 0,5 til 1,5 m over havbunnen og er utstyrt med to kamera, lasere og lys. På en av laboratoriene ble det rigget til med skjermer og videosleden ble fjernstyrt derfra (Figur 3–5). Telling av krabber ble gjort mens sleden ble dradd langs bunnen. Bunn tiden ved bruk av videosleden var 30 min og hastigheten varierte fra ca. 0,7 til 1,0 knop. De to kameraene er rettet skrått nedover og dekker to parallelle områder med en viss overlapp. Det er plassert en laserpeker på hver side i ytterkanten av sleden og en i senter. På den måten er to laserpunkt synlig i hvert av kameraene, hvor det midterste er synlig for begge. Den totale bredden på synsfeltet ble da ca. 4 (2 + 2) meter. To personer var ansvarlig for å telle krabber, på hvert sitt kamera. Det var kun krabbene som ble observert mellom laserpunktene som ble telt. Et individ ble regnet for å være innenfor dersom mer enn halve ryggskjoldet var innenfor.

Bildet viser videosleden til venstre, og Agassiz-trålen til høyre.

Figur 1. Videoslede og kongekrabbetrålen (Agassiz).

Bildet viser videorigg med utstyr. Ca. 50 trålkuler er festet til videorigg.

Figur 2. Videorigg med kamera, lys og lasere på vugge, styrbord side.

Bildet viser teknisk utstyr som benyttes ved filming med videosleden. Tre PCer er oppstilt på benken, og store skjermer står bak.

Figur 3. Oppsett labb hvor vi telte krabber på direktesendt video fra sleden på bunnen.

På bildet ser vi en av skjermene som direkteoverfører fra videosleden. Vi ser at det filmes over muddermunn. Toktloggeren vises på egen skjerm og viser at filmingen har foregått i 32 minutter og 22 sekunder.
Figur 4. Skjerm som viser høyre kamera med laserpunkter og iPad med toktlogger som viser tiden.

Bruk av videosleden i mye sjøgang kan være utfordrende for sikkerheten når det gjelder mannskap og utstyr. I tillegg forplanter fartøyets bevegelser seg ned til sleden og fører til at denne går ujevnt langs bunnen som resulterer i dårlig billedkvalitet. Etter snøkrabbetoktet sommeren 2020 (toktnr. 2020613) ble det derfor laget og montert en vugge på dekk som gjorde inn- og utsetting sikrere. Utfordringene med bevegelsene til sleden ved sjøgang bør løses ved at det monteres en hiv-kompensasjon på kabelvinsjen.

Bildet viser en skjermdump fra et videoopptak, og vi ser 7-8 krabber på mudderbunn.
Figur 5. Flere hunnkongekrabber observert på video i Varangerfjorden (2021).

2.3.2 - Trål

Krabbetrålen som ble brukt er en forstørret utgave av en Agassiz-trål og er utviklet for bruk i overvåkingen av kongekrabbe i fjordene i Finnmark. Trålen består av en 6 m brei metallramme som er 1 m høy og bak er det montert en 15 m lang trålsekk. Trålen taukes med to slepewirer festet til metallrammen. Hver side av rammen har meier for å hindre at trålen synker ned i muddret. Både ramme og trålsekk har påmontert fløyt (trålkuler) for å lette vekten (Figur 6). Det er likevel et gjentakende problem at trålen er ganske tung og drar den med seg en del mudder fra bunnen. Det fører til grisete fangster og mye ekstra arbeid. Trålen har trolig et betydelig avtrykk på bunnen der den brukes, og det er et mål å erstatte krabbetrålen med videosleden.

Bildet viser Agassiz-trålen like i overflaten bak båten.
Figur 6. Agassiz-trål med fløyt og sekk.

2.3.3 - Teiner

Teinene som ble brukt er standard kongekrabbeteiner uten fluktåpninger, med sild som agn. Det ble benyttet to teiner i lenke på hver stasjon.

2.4 - Datahåndtering, toktlogger og Fish2Data

Serienummer brukt på dette toktet var 65148–65342 (Tabell 2). Det ble brukt ett serienummer per operasjon/redskap (en teinelenke, et videotrekk, et tråltrekk). Det ble registrert stasjonsnummer i henhold til de på forhånd planlagte stasjonene, også der det måtte endres redskap. Posisjon, dyp, fart, utseilt distanse etc. ble logget for hver stasjon, og overført fra toktlogger til BioticEditor via Fish2data. Utseilt distanse for trål ble regnet som den samme som fartøyets utseilte distanse. Videosleden hadde egen logging av utseilt distanse.

Biologisk prøvetakning og datahåndtering fulgte Havforskningsinstituttets gjeldende standard og prosedyrer (Håndboken). Flere morfologiske mål ble tatt av hver enkelt krabbe. Alle originaldata som ble samlet inn er overlevert Norsk Marin Datasenter og er tilgjengelig på

http://\ces.imr.no\cruise_data\2021\S2021623_PKRISTINEBONNEVIE_1172

Korrigerte og kvalitetssikrede data i BioticEditor er tilgjengelig gjennom «Dataset explorer»

(<https://datasetexplorer.hi.no/apps/datasetexplorer/v2/navigation>).

I fiskelabben ble det satt opp to arbeidsstasjoner hvor vi tok i bruk Havforskningsinstituttet Fish2Data-system med iPad tilkoblet digitalt skyvelære via Bluetooth, og vekt via lokalt nettverk og Raspberry Pi (Figur 7). Alle stasjons-, fangst- og individdata ble lastet ned fra fish2data via lokalt nettverk og lastet inn i BioticEditor.

Bildet viser en person som måler krabbe med skyvelær. Personen har kraftige hansker på venstre hånd som holder krabben, og holder manøvrerer skyvelæret med høyre hånd.

Figur 7. Registrering av data ved hjelp av trådløst skyvelær og iPad (Fish2Data).

3 - Resultater

3.1 - Gjennomføring

Alle gjennoomførte stasjoner vises i Figur 8. Tøktet startet med å undersøke Porsangerfjorden. Vi startet med å sette tre teinesett i midtre del av fjorden. Kartleggingen i Porsangerfjorden gikk i hovedsak som planlagt, men vi opplevde at det stod bruk i veien slik at to transektorer ble kortere enn planlagt. Deretter arbeidet vi oss vestover og kartla den vestre delen av området Nordkinn, før vi gikk til Hammerfest for mannskapsbytte. Fra Hammerfest gikk vi til Laksefjorden, der kartleggingen gikk etter planen. Der ble det også tatt prøver til prosjektet Clime Seafood. Vi kartla så Tanafjorden ganske etter planen, men en trålstasjon måtte kuttes ned i lengde på grunn av bruk som stod i havet. Vi dro også med oss et umerket teinebruk med krabbetrålen i ytre del av Tanafjorden. Det var tydelig en spøkelsesteine, som var full av krabber. Det var minst en teine til på lenka, men vi måtte kutte ilen og mistet den. Dette ble innrapportert til Kystvakta.

Deretter skulle den gjenstående delen av Nordkinn og Østhavet kartlegges med video, men dessverre forhindret været oss fra å bruke videosleden. Vi klarte likevel å kartlegge seks av videostasjonene med trål. Siste del av tøkter ble gjennomført i Varangerfjorden, og der fikk vi til en god dekning av fjorden.

Det ble gjort individmålinger av fangsten fra krabbetrålen og teinene. Faste bomtrålstasjoner i de enkelte fjordene ble også undersøkt, og det ble tatt CTD-stasjoner i posisjoner satt ut på forhånd for prosjektet 15691 Fjordoseanografi.

3.2 - Biologiske data

Størrelsessammensetning og kjønnsfordeling ble registrert i fangstene fra både teiner og krabbetrålen. Det største antallet krabber som ble målt kommer fra teinefangstene og en antar at alle fangstene samlet er representativ for krabber i bestanden større enn ca. 70 mm ryggskjoldlengde. Dette begrunnes med at små krabber oppholder seg på grunne områder hele året, men at krabber større enn 70 mm ryggskjoldlengde har vandret ned til dypere områder og befinner seg i de områdene vi fisker med teiner. For å sikre god representativitet har det alltid målsetningen vært å måle mest mulig krabber i hvert område.

Med dagens videoteknologi er det ikke mulig registrere størrelse og kjønn på krabbene som observeres ved bruk av videosleden. Det er derfor planlagt å videreutvikle teknologien slik at både størrelse (ryggskjoldlengde) og kjønn kan registreres ved bruk av videobildene. I dag benyttes data fra teine- og Agassiz-fangster til å estimere størrelses- og kjønnsammensetning i videoregistreringene.

I lab ble det brukt Fish2data. Det ble brukt iPader som var koblet opp til det lokale nettet på fartøyet slik at det kunne overføres data fra iPad til tokt-PC. Alt i alt var vi veldig fornøyde med hvordan Fish2data fungerte, spesielt med at vi kunne opprette to arbeidsstasjoner, noe som lettet arbeidet betraktelig når det var store

fangster som skulle opparbeides. Det var ikke alle stasjonsdata som ble overført automatisk fra toktlogger via Fish2data til BioticEditor. Disse måtte legges inn manuelt i BioticEditor.

Totalt ble det fanget 3085 krabber i trålen og i alt 4485 i teinene. På video ble det observert til sammen 1113 krabber. Lengdefordeling av kongekrabbe fanget i trål og teiner er vist i Figur 9.

Sammendrag

Vi har bestemt artssammensetning i eggprøver fra skreitoktets eggssurvey i 2022 med genetisk analyse. Formålet har vært å kvalitetssikre den mikroskopiske artsbestemmelsen som inngår i den faste skreitoktprotokollen.

Vi har særlig vært interessert i forvekslingsfaren mellom torsk og hyse, ettersom disse ikke lar seg skille ved mikroskopi. Vi fant en lavere mengde hyseegg enn det som var ventet ut i fra fangster av gyttende hyse og nær samtidige tokt i nær overlappende område. Noen få håvtrekk hadde også store mengder egg som ikke lot seg sikkert bestemme genetisk.

Det klare flertall av håvtrekk var imidlertid genetisk bestemt med få usikre egg, og vi fant i hovedsak svært godt samsvar mellom artsbestemmelse gjort ved hjelp av henholdsvis mikroskop og genetikk.

1 - Bakgrunn

På det årlige skreitoktet inngår systematisk sampling av egg med håvtrekk som en del av den faste overvåkingen. Egg blir sortert ombord med stereomikroskop, og egg som er klassifisert som gadoide egg med diameter 1.2-1.6 mm blir i videre databehandling antatt å være torskeegg. Det blir også observert andre gadoide fisk i området, og noe innblanding av andre arter kan ikke utelukkes. Etter skreitoktet i 2022 gjennomførte vi derfor en genetisk analyse for å undersøke innblanding av andre arter i håvtrekkene. Prøvene ble fiksert på sprit etter normal opparbeiding ombord, og senere genetisk analysert på laboratorium ved Havforskningsinstituttet sin stasjon i Flødevigen. Vi håper med det å avdekke eventuell innblanding av andre arter enn torsk (*Gadus morhua*). 2022 var et år med et moderat innsig av skrei til Lofoten og Vesterålen (Fuglebakk & Thorsen 2022). Vi regner derfor mulighetene for innblanding av andre gadoide egg som høy sammenlignet med tidligere år, og det er slikt sett et år som er godt egnet for å ettergå artsbestemmelsesprotokollen som blir brukt på toktet.

2 - Metode

Egg ble samlet inn ombord på Johan Hjort under ordinært skreitokt i 2022. Håvtrekk utføres på skreitoktet i et fast rutenett med forskjellig tetthet i tre forskjellige strata, som vist i figur 1. Håvtrekk utføres med en T-80 egghåv med 375 µm maskevidde. Denne trekkes vertikalt gjennom de øverste 100 m av vannmassene med en vinsjhastighet på om lag 0,5 m/s. Når bunndypet er grunnere enn 105 m trekkes håven fra 5 m over bunn og opp til overflaten.

Protokoll for prøveopparbeiding og eggklassifisering ombord er beskrevet i interne kvalitetsdokument (Overvåkingstokt - skreitokt) og i de årlige toktrapportene (Fuglebakk & Thorsen 2022). I korthet var prosedyren som følger: Når håvtrekkene kom ombord ble prøven vurdert og deretter delt med planktondeler ut fra ønsket om at delprøven skulle inneholde mellom 100 og 200 egg (se vedlegg 1). Delprøven ble så opparbeidet levende under stereomikroskop; alle eggene ble plukket ut, deretter fotografert og til sist konserverte på 96 % etanol for genetisk analyse. Bildene ble analysert ved hjelp av spesialutviklet billedanalyse programvare hvor hvert egg ble diametermålt samt type- og stadiebestemt. Alle gadoid lignende egg med diameter mellom 1.2 og 1.6 mm ble klassifisert som torskeegg.

De innsamlede eggprøvene ble tatt videre til genetisk analyse ved Lab Flødevigen. Utvalg av prøvene fra de

ulike ønskede håvtrekk ble plukket ut tilfeldig og satt opp til DNA-ekstraksjon i 96-brønns plateformat på Hamilton Star robot. Det ble valgt ut 11 egg fra hver håv, bortsett fra håver med mer enn 500 egg, hvor 93 egg med utvalgt for genetisk analyse. For håver med mindre enn 11 egg ble alle egg genetisk analysert. Hver plate fikk to negative kontroller randomisert for å kvalitetssikre plateidentitet og orientering av platen i videre analyser. Kjemien og metoden for ekstraksjonen er levert av Omega Biotek (omegabiotek.com) og baseres på Mag-Bind® Blood and Tissue DNA HDQ.

Mag-Bind-teknologien isolerer DNA ut fra enzymatisk nedbrutte celler i løsning ved at små magnetiske kuler binder til seg DNA. Dette renses videre og separeres til slutt fra kulene og gir et DNA-ekstrakt. Konsentrasjon av DNA-ekstraktene ble videre målt ved hjelp av en fluorometrisk metode på en ThermoFisher Fluoroskan Microplate Fluorometer med Quan IT kit dsDNA High Sensitivity (0.2-50ng) (Ref Thermofisher Scientific)

Prøvene normaliseres til en konsentrasjon på ≤ 5 ng/ μ l for videre tilberedning av DNA-bibliotek for sekvensering. Den aktuelle sekvensen er en universell mini barcode 295 bp sekvens av det mitokondrielle COI (cytochrome c oxidase underenhet 1) utviklet for artsidentifisering av fisk av Sultana et al. (2018).

Bibliotekprepareringen skjer gjennom en todelt prosess, med to runder PCR. Ved PCR1 oppkopieres COI-fragmentet, og ved PCR2 merkes hver individuelle prøve med en barkode (i 5), samtidig som den får en indeksskode (i 7) som representerer platen. Slik kan hver enkelt prøve identifiseres etter sekvensering. Biblioteksprepareringen gjøres med egne barkoder og indekser, som ikke er del av et kommersielt kit, men som tidligere er utviklet fra protokoll beskrevet i Campell et al. (2015).

Hvert DNA-bibliotek til sekvensering for artsidentifisering er sammensatt av fragmenter fra 16 plater, det vil si maksimum 1504 individuelle prøver og i tillegg 32 negative kontroller.

Biblioteket ble kvalitetskontrollert ved kjøring på en Agilent Bioanalyzer, som gir en profil av biblioteket ved gel elektroforese, og konsentrasjonsmålt på Qubit fluorometer (ThermoFisher Scientific). Sekvenseringen av biblioteket ble utført på en Illumina MiSeq, ved såkalt «paired end sequencing» med et MiSeq Reagent Kit v3 (150 bp) med bruk av 5% PhiX som kontroll.

Rådata fra sekvenseringen i fastq format ble behandlet i R (R Core Team 2021) med modulen DADA2 (Callahan et al. 2016). Kvalitetssikrede sekvenser ble deretter sammenliknet med en database bestående av COI sekvenser for gadoide fisk. Sammenlikningen ble gjort med R modulen rBLAST (Hahsler 2019). For suksessfull artsbestemmelse ble det forutsatt at et segment har minst 250 sammenhengende basepar som er sammenstilt med 100% likhet med et segment i databasen, og at dette forekommer for kun en enkelt art.

Genetisk analyse ble utført på et tilfeldig valgt sub-sample av de prøvene som var sortert ombord ved hjelp av mikroskopi. Noe forskjell i antall torskeegg identifisert med de to metodene må derfor påregnes som følge av tilfeldige samplingfeil. Vi kan estimere total antall torskeegg i mikroskopi-sorterte prøver i et håvtrekk ved:

Genetisk analyse av skreitoktets eggssurvey i 2022 viser at torskeegg er dominerende i håvtrekkene også i et år med et relativt lite innsig av gytetorsk fra Barentshavet. Analysen bekrefter også i hovedsak at protokollen for å identifisere torskeegg med mikroskopi fungerer tilfredstillende for beregning av eggmengdeindekser. Vi har ikke en fullgod forklaring på at en del stasjoner i Austnesfjorden avviker fra dette bildet (Figur 3 og 4), men dette har lite praktisk betydning for eggmengdebestemmelser for toktområdet som helhet. Vi var også litt overrasket over at vi ikke fant mer hyseegg, ettersom vi gytende hyse er observert i trålhal i Vestfjorden på denne tiden. Vi har heller ikke en fullgod forklaring på det, men har kontrollert mot et rikt utvalg av hysesekvenser i genetikkdatabasen.

Feil i artsbestemmelse later til å være av en størrelsesorden som er mindre enn samplingfeil (Figur 4, Tabell 2), og slik ikke av betydning for fortolkning av indeksen. Vi føler oss betrygget på at artssortering med mikroskopi er en kostnadseffektiv metode for å opparbeide en pålitelig eggmengdeindeks. Artsbestemmelse med mikroskopi er likevel prisgitt forholdene i havet, slik som mengde av forvekslingsarter i området, og deres gytetidspunkt. Begge disse forholdene kan være gjenstand for endring over tid. Eksperimentet kan derfor med fordel gjentas om noen år, og mulighetene for å gjennomføre rutinemessig genetisk analyse bør fortløpende vurderes mot kostnad.

Sammendrag

Spekkhoggere og knølhval i norske farvann følger den pelagiske fiskeflåten og beiter på fisken som blir samlet sammen av nøtene. Disse interaksjonene har ved flere anledninger ført til skade eller død av hval, og fangsttap og ødelagte redskap for fiskerne. Målsetningen i dette prosjektet var å kartlegge og teste utstyr og metoder som kan bidra til å redusere uønskede interaksjoner mellom spekkhoggere og knølhval og sildefiskeri langs og utenfor kysten av Norge. Basert på resultat fra litteraturstudien valgte vi å utvikle så kalte «Acoustic Startle Response» (ASR) skremmepulser tilpasset knølhval og spekkhoggere. Target-Specific Acoustic Startle Teknologien (TAST) som vi har brukt er utviklet ved Sea Mammal Research Unit (SMRU, University of St Andrews) i samarbeid med GenusWave Ltd. ASR er en skremsel-reaksjon som utløses gjennom en autonom refleks i hjernestammen. Metoden har tidligere vist lovende resultater også ved gjentatt eksponering mot sel og tannhval. Tilnærmingen bruker lavere og kortere støydoser enn de konvensjonelle akustiske alarmene og kan tilpasses til ulike arter. Vi har hatt fokus på at metodene som blir brukt ikke skal være skadelig for hørselen til hvalen, eller ha så sterk effekt at hvalen blir skremt bort fra viktige beiteområder. Vi har gjennomført kontrollerte forsøk der hval merket med dataloggere ble utsatt for ASR lydsignaler og hvalens reaksjoner til ulike lydsignaler ble målt. Dette var for å identifisere de mest effektive lydsignalene. Effekten av de utvalgte ASR lydsignalene ble også undersøkt under kommersielt sildefiske.

Resultatene for spekkhoggere er svært lovende. Under kommersielt fiske ble antall observasjoner av spekkhoggere i overflaten redusert med 85% under eksponering for lyd. Lydsignaleffekten var signifikant sterkere på 0 - 50 m avstand sammenlignet med 50 - 100 m avstand. Omtrent 50% av hvalen returnerte innen 5 minutter etter lydavspilling. Dette tyder på at spekkhoggerne ikke tar skade eller blir skremt bort fra området. Foreløpige resultat fra de kontrollerte forsøkene viser at spekkhoggerne øker svømmeaktiviteten under lydavspilling. Knølhvalen, som er mer sensitiv i lavere frekvensområder enn spekkhoggere, reagerte ikke like sterkt på lydsignalene. Det er behov for videre arbeid for å utvikle lydsignaler som effektivt holder knølhvalen unna fiskebåtene.

Dette prosjektet blir videreført i FHF prosjekt 901926. Målet i det nye prosjektet er å videreutvikle lydsignaler som også er effektive på knølhval, sikre at signalene ikke påvirker sildeatferden samt se på tilvenning og praktisk implementering i fiskeri.

1 - Innledning

1.1 - Faglig bakgrunn

De pelagiske artene sild, makrell, kolmule og lodde støtter store verdifulle fiskerier. I Norge ble det i 2023 fanget 1,26 millioner tonn pelagisk fisk til en verdi av 10,8 milliarder kr (Fiskeridirektoratet). Disse artene er også hoveddietten til mange hvalarter i norske farvann som spekkhoggere (*Orcinus orca*) og knølhval (*Megaptera novaengliae*) (Skern-Mauritzen et al., 2022). Det er estimert 10 000 knølhval og 15 000 spekkhoggere i nordøst Atlanteren (Leonard and Øien, 2019) som spiser store mengder pelagisk fisk hvert år og konkurrerer dermed om fisken med fiskeriene (Skern-Mauritzen et al., 2022).

Siden 2012/13 sesongen har store mengder norsk vårgytende sild overvintret i kystnære farvann i Troms, og til

dels inne i trange fjorder (Salthaug and Stenevik, 2020). I denne perioden har det vært hyppige interaksjoner mellom ringnot og knølhval og spekkhoggere som følger silda inn i fjordene for å beite på denne (Mul et al., 2020; Vogel et al., 2021; Dietz et al. 2020). Dette har allerede ved flere anledninger ført til at hvaler skades eller dør, og tapt fangst og skade på redskap for fiskerne. Det er estimert at 18 storhval fanges årlig i norske notfiskerier (Bjørge et al., 2023). Forskning viser at spekkhoggere også har søkt til snurpenotbåter under fisket på sildas gyteplasser utenfor Helgeland og på Møre (Mul et al., 2020; Vogel et al., 2021; Dietz et al. 2020). Problemet er ikke enestående for notfisket etter sild, men også kjent blant annet fra notfiske etter lodde i Barentshavet og etter makrell i Norskehavet, samt blåkveitefiske hvor spermhval spiser fisk fra line og garn under haling. Også akvakulturnæringen erfarer problemer med sjøpattedyr i nærheten av oppdrettsanlegg. Skade på slike anlegg kan medføre betydelige økonomiske tap i form av rømt eller stresset fisk.

For å hindre uheldige interaksjoner mellom fiskeri og hval er det blitt utviklet flere typer akustiske alarmer. Alarmene skal skremme individer bort fra fiskeredskapene ved å sende ut lyd med frekvens og lydstyrke som er avskrekkende for de aktuelle artene. Akustiske alarmer med høy frekvens som er blitt utviklet for små ekkolokaliserende tannhval (som niser, delfiner og nebbhval) har vist gode resultater med reduserte bifangster (f.eks. Kraus et al., 1997; Barlow & Cameron, 2006; Caretta et al., 2008; Mangel et al., 2013). Kunnskapen om hørselen til større hvalarter, som spekkhogger og knølhval, er mer begrenset. Det har tidligere vært gjort noen forsøk med akustiske alarmer mot knølhval (Thompson et al., 1986; Todd et al., 1992; Lien et al., 2002) og spekkhoggere (Tixier et al., 2015), men med varierende resultat. Sammenliknet med mange andre hvalarter er knølhval regnet blant artene som reagerer minst på lydforstyrrelser (Sivle et al. 2016; Dunlop et al. 2016; 2018). Det er derfor ekstra utfordrende å finne akustisk alarmer for denne arten.

Hval bruker lyd til kommunikasjon og i mange tilfeller til å finne mat. Det er viktig at lydsignalene som blir brukt i de akustiske alarmene ikke skader hørselen til hvalen, eller har så sterk effekt at den blir ekskludert fra sine naturlige områder eller forstyrrer (maskerer) hvalens egne lyder som blir brukt til kommunikasjon (Götz and Janik, 2013). Den langsiktige virkningen er også ofte begrenset, og tilvenning til lyden kan være et betydelig problem spesielt om motivasjonen for å spise er sterk (Götz and Janik, 2010).

En nyere metode bygger på å utsette dyrene for lyd som utløser en såkalt 'acoustic startle response' (ASR), en skremsel-reaksjon som utløses gjennom en autonom refleks i hjernestammen (Götz and Janik, 2011). Denne metoden har vist lovende resultater også ved gjentatt eksponering mot sel (Yeomans et al. 2002) og tannhvaler (Götz et al., 2020). Denne tilnærmingen bruker lavere og kortere støydosser enn de konvensjonelle akustiske alarmene og de kan bedre tilpasses de enkelte artene ved å velge spesifikke frekvensbånd (Götz and Janik, 2015). I dette prosjektet valgte vi å utvikle ASR skremmepulser tilpasset knølhval og spekkhoggere, og teste disse i kontrollerte forsøk og under kommersielt fiske etter norsk vårgytende sild i Kvængangen.

1.2 - Prosjektorganisering

Prosjektet har vært organisert under Havforskningsinstituttets forsknings- og rådgivningsprogram «Kystøkosystemer», med forskningssjef Jan Atle Knutsen som programleder og Petter Baardsen som prosjektøkonom (Tabell 1). Arne Bjørge var prosjektleder i 2021 – 2022 og Maria Tenningen i 2022 - 2024. Det samarbeidende miljøet omfattet UiT – Norges Arktiske Universitet (Tromsø), Havforskningsinstituttets avdelinger for Sjøpattedyr, Fangst og Økosystemakustikk og University of St Andrews, UK. Vi har også samarbeidet med GenusWave Ltd som produserer akustiske alarmer basert på «Targeted Acoustic Startle Technology» (TAST). En PhD-kandidat (Emma Vogel, UiT) har vært tilknyttet prosjektet og en masterstudent (Elida Langstein, UiT) har skrevet oppgave basert på prosjektet. Referansegruppen har vært invitert til tre møter under prosjektet og vi har delvis samarbeidet med FHF prosjektet «Bifangst av sjøfugl i kystnært notfiske» (FHF 901751). Prosjektet var delt i tre arbeidspakker (AP): i) sammenstilling og vurdering av tilgjengelig kunnskap, ii)

detaljert testing av utstyr og metoder, og iii) testing og tilpasning i aktivt fiske.

Sammendrag

Spekkhoggere og knølhval i norske farvann følger den pelagiske fiskeflåten og beiter på fisken som blir samlet sammen av nøtene. Disse interaksjonene har ved flere anledninger ført til skade eller død av hval, og fangsttap og ødelagte redskap for fiskerne. Målsetningen i dette prosjektet var å kartlegge og teste utstyr og metoder som kan bidra til å redusere uønskede interaksjoner mellom spekkhoggere og knølhval og sildefiskeri langs og utenfor kysten av Norge. Basert på resultat fra litteraturstudien valgte vi å utvikle så kalte «Acoustic Startle Response» (ASR) skremmepulser tilpasset knølhval og spekkhoggere. Target-Specific Acoustic Startle Teknologien (TAST) som vi har brukt er utviklet ved Sea Mammal Research Unit (SMRU, University of St Andrews) i samarbeid med GenusWave Ltd. ASR er en skremsel-reaksjon som utløses gjennom en autonom refleks i hjernestammen. Metoden har tidligere vist lovende resultater også ved gjentatt eksponering mot sel og tannhval. Tilnærmingen bruker lavere og kortere støydosser enn de konvensjonelle akustiske alarmene og kan tilpasses til ulike arter. Vi har hatt fokus på at metodene som blir brukt ikke skal være skadelig for hørselen til hvalen, eller ha så sterk effekt at hvalen blir skremt bort fra viktige beiteområder. Vi har gjennomført kontrollerte forsøk der hval merket med dataloggere ble utsatt for ASR lydsignaler og hvalens reaksjoner til ulike lydsignaler ble målt. Dette var for å identifisere de mest effektive lydsignalene. Effekten av de utvalgte ASR lydsignalene ble også undersøkt under kommersielt sildefiske.

Resultatene for spekkhoggere er svært lovende. Under kommersielt fiske ble antall observasjoner av spekkhoggere i overflaten redusert med 85% under eksponering for lyd. Lydsignaleffekten var signifikant sterkere på 0 - 50 m avstand sammenlignet med 50 - 100 m avstand. Omtrent 50% av hvalen returnerte innen 5 minutter etter lydavspilling. Dette tyder på at spekkhoggerne ikke tar skade eller blir skremt bort fra området. Foreløpige resultat fra de kontrollerte forsøkene viser at spekkhoggerne øker svømmeaktiviteten under lydavspilling. Knølhvalen, som er mer sensitiv i lavere frekvensområder enn spekkhoggere, reagerte ikke like sterkt på lydsignalene. Det er behov for videre arbeid for å utvikle lydsignaler som effektivt holder knølhvalen unna fiskebåtene.

Dette prosjektet blir videreført i FHF prosjekt 901926. Målet i det nye prosjektet er å videreutvikle lydsignaler som også er effektive på knølhval, sikre at signalene ikke påvirker sildeatferden samt se på tilvenning og praktisk implementering i fiskeri.

1 - Innledning

1.1 - Faglig bakgrunn

De pelagiske artene sild, makrell, kolmule og lodde støtter store verdifulle fiskerier. I Norge ble det i 2023 fanget 1,26 millioner tonn pelagisk fisk til en verdi av 10,8 milliarder kr (Fiskeridirektoratet). Disse artene er også hoveddietten til mange hvalarter i norske farvann som spekkhoggere (*Orcinus orca*) og knølhval (*Megaptera novaengliae*) (Skern-Mauritzen et al., 2022). Det er estimert 10 000 knølhval og 15 000 spekkhoggere i nordøst Atlanteren (Leonard and Øien, 2019) som spiser store mengder pelagisk fisk hvert år og konkurrerer dermed om fisken med fiskeriene (Skern-Mauritzen et al., 2022).

Siden 2012/13 sesongen har store mengder norsk vårgytende sild overvintret i kystnære farvann i Troms, og til dels inne i trange fjorder (Salthaug and Stenevik, 2020). I denne perioden har det vært hyppige interaksjoner mellom ringnot og knølhval og spekkhoggere som følger silda inn i fjordene for å beite på denne (Mul et al., 2020; Vogel et al., 2021; Dietz et al. 2020). Dette har allerede ved flere anledninger ført til at hvaler skades eller

dør, og tapt fangst og skade på redskap for fiskerne. Det er estimert at 18 storhval fanges årlig i norske notfiskerier (Bjørge et al., 2023). Forskning viser at spekkhoggere også har søkt til snurpenotbåter under fisket på sildas gyteplasser utenfor Helgeland og på Møre (Mul et al., 2020; Vogel et al., 2021; Dietz et al. 2020). Problemet er ikke enestående for notfisket etter sild, men også kjent blant annet fra notfiske etter lodde i Barentshavet og etter makrell i Norskehavet, samt blåkveitefiske hvor spermhval spiser fisk fra line og garn under haling. Også akvakulturnæringen erfarer problemer med sjøpattedyr i nærheten av oppdrettsanlegg. Skade på slike anlegg kan medføre betydelige økonomiske tap i form av rømt eller stresset fisk.

For å hindre uheldige interaksjoner mellom fiskeri og hval er det blitt utviklet flere typer akustiske alarmer. Alarmene skal skremme individer bort fra fiskeredskapene ved å sende ut lyd med frekvens og lydstyrke som er avskrekkende for de aktuelle artene. Akustiske alarmer med høy frekvens som er blitt utviklet for små ekkolokaliserende tannhval (som niser, delfiner og nebbhval) har vist gode resultater med reduserte bifangster (f.eks. Kraus et al., 1997; Barlow & Cameron, 2006; Caretta et al., 2008; Mangel et al., 2013). Kunnskapen om hørselen til større hvalarter, som spekkhogger og knølhval, er mer begrenset. Det har tidligere vært gjort noen forsøk med akustiske alarmer mot knølhval (Thompson et al., 1986; Todd et al., 1992; Lien et al., 2002) og spekkhoggere (Tixier et al., 2015), men med varierende resultat. Sammenliknet med mange andre hvalarter er knølhval regnet blant artene som reagerer minst på lydforstyrrelser (Sivle et al. 2016; Dunlop et al. 2016; 2018). Det er derfor ekstra utfordrende å finne akustisk alarmer for denne arten.

Hval bruker lyd til kommunikasjon og i mange tilfeller til å finne mat. Det er viktig at lydsignalene som blir brukt i de akustiske alarmene ikke skader hørselen til hvalen, eller har så sterk effekt at den blir ekskludert fra sine naturlige områder eller forstyrrer (maskerer) hvalens egne lyder som blir brukt til kommunikasjon (Götz and Janik, 2013). Den langsiktige virkningen er også ofte begrenset, og tilvenning til lyden kan være et betydelig problem spesielt om motivasjonen for å spise er sterk (Götz and Janik, 2010).

En nyere metode bygger på å utsette dyrene for lyd som utløser en såkalt 'acoustic startle response' (ASR), en skremsel-reaksjon som utløses gjennom en autonom refleks i hjernestammen (Götz and Janik, 2011). Denne metoden har vist lovende resultater også ved gjentatt eksponering mot sel (Yeomans et al. 2002) og tannhvaler (Götz et al., 2020). Denne tilnærmingen bruker lavere og kortere støydosser enn de konvensjonelle akustiske alarmene og de kan bedre tilpasses de enkelte artene ved å velge spesifikke frekvensbånd (Götz and Janik, 2015). I dette prosjektet valgte vi å utvikle ASR skremmepulser tilpasset knølhval og spekkhoggere, og teste disse i kontrollerte forsøk og under kommersielt fiske etter norsk vårgytende sild i Kvæningen.

1.2 - Prosjektorganisering

Prosjektet har vært organisert under Havforskningsinstituttets forsknings- og rådgivningsprogram «Kystøkosystemer», med forskningssjef Jan Atle Knutsen som programleder og Petter Baardsen som prosjektøkonom (Tabell 1). Arne Bjørge var prosjektleder i 2021 – 2022 og Maria Tenningen i 2022 - 2024. Det samarbeidende miljøet omfattet UiT – Norges Arktiske Universitet (Tromsø), Havforskningsinstituttets avdelinger for Sjøpattedyr, Fangst og Økosystemakustikk og University of St Andrews, UK. Vi har også samarbeidet med GenusWave Ltd som produserer akustiske alarmer basert på «Targeted Acoustic Startle Technology» (TAST). En PhD-kandidat (Emma Vogel, UiT) har vært tilknyttet prosjektet og en masterstudent (Elida Langstein, UiT) har skrevet oppgave basert på prosjektet. Referansegruppen har vært invitert til tre møter under prosjektet og vi har delvis samarbeidet med FHF prosjektet «Bifangst av sjøfugl i kystnært notfiske» (FHF 901751). Prosjektet var delt i tre arbeidspakker (AP): i) sammenstilling og vurdering av tilgjengelig kunnskap, ii) detaljert testing av utstyr og metoder, og iii) testing og tilpasning i aktivt fiske.

Navn	Institutt	Rolle
------	-----------	-------

Arne Bjørge	Havforskningsinstituttet	Prosjektleder og leder for WP1
-------------	--------------------------	--------------------------------

Maria Tenningen Havforskningsinstituttet Prosjektleder og leder for WP3
Martin Biuw Havforskningsinstituttet Leder for WP2
Deanna Leonard Havforskningsinstituttet Prosjektdeltaker
Lise Doksæter Sivle Havforskningsinstituttet Leder for WP1
Jostein Saltskår Havforskningsinstituttet Prosjektdeltaker
Martin Kristiansen Havforskningsinstituttet Prosjektdeltaker
Audun Rikardsen UiT Norges Arktiske Universitet Leder for WP2
Emma Vogel UiT Norges Arktiske Universitet PhD student
Vincent Janik University of St Andrews, UK Leder for WP1
Thomas Götz University of St Andrews, UK Prosjektdeltaker
Elida Langstein UiT Norges Arktiske Universitet MSc student
Olav Dale Dales Rederi AS Referansegruppe
Ole Svein Einebærholm Vestbris Fiskeriselskap AS Referansegruppe
Ronny Larsen Frøybas AS Referansegruppe
Geir Magne Madsen Fiskebas AS Referansegruppe
Daniel Stenevik Steinevik AS Referansegruppe
Rita Maråk Naustvik FHF FHF-ansvarlig

Tabell 1. Prosjektgruppe.

2 - Problemstilling og formål

2.1 - Effektmål

Det langsiktige målet med prosjektet er å bidra til at uheldige interaksjoner mellom hval og fiskeri blir redusert. Hvert år meldes det om flere hendelser der hval blir fanget i fiskeredskap. Dette kan føre til at hvalen blir skadet eller dør samt ekstra arbeid og kostander i forbindelse med tapt fangst og skader på redskapet. Effektive løsninger for å holde hval unna fiskebåter kan dermed medføre store besparelser i forhold til redusert fangsttap og skade på redskap. Det vil også bedre omdømmet til fisket. Effektive alarmer utviklet for fiske med snurpenot kan også tenkes ha nytteverdi for andre fiskerier og oppdrettsnæringen. Prosjektet er blitt gjennomført i nært samarbeid med Genuswave AS som er industrileverandør av akustiske alarmer basert på TAST-metodikken. Resultatene har blitt kommunisert gjennom media til fiskerinæringen samt gjennom jevnlig møter med referansegruppen. På lengre sikt og gjennom videreføring av prosjektet forventer vi at de anbefalte metodene kan utvikles til praktisk utstyr som tas i bruk.

2.2 - Resultatmål

Hovedmålsetningen i prosjektet var å kartlegge og teste utstyr og metoder som kan bidra til å redusere interaksjoner mellom fiskeri og hval, særlig relatert til spekkhogger og knølhval interaksjoner med sildefisket langs og utenfor kysten av Norge. Teknologi som er blitt brukt i prosjektet skal ha et lydnivå som er tilstrekkelig til å holde hvalene unna nota, men ikke så kraftig at det skader hvalens hørsel, eller permanent skremmer hvalen vekk fra viktige beiteområder.

Prosjektet har hatt følgende delmål:

Sammenstille tilgjengelig nasjonal og internasjonal kunnskap om akustiske alarmer og metoder for å holde hval og sel borte fra fiskeriredskaper og oppdrettsanlegg (AP1)

Utarbeide tilrådning om anskaffelse av eksisterende alarmer for testing av effekt på knølhval og spekkhoggere under kontrollerte betingelser og aktivt ringnotfiske etter sild (AP1)

Teste ut effekten av utvalgte akustiske alarmer og metoder på individuelle knølhval og spekkhoggere under mest mulig kontrollerte betingelser, det vil si uten hvalsafariaktiviteter eller aktivt fiske. (AP2)

Teste effekten av utvalgte akustiske alarmer under aktivt ringnotfiske etter sild (AP3)

Utarbeide råd om praktisk og effektiv bruk av akustiske alarmer i kommersielt fiske (overført til videreføring av prosjektet)

3 - Prosjektgjennomføring

3.1 - AP1. Sammenstilling av tilgjengelig kunnskap om hval- og selskremmere og deres effekt på hval og sel
Arbeidspakkeledere: Arne Bjørge (HI) og Lise Sivle (HI).

Det er utviklet en rekke metoder for å holde sjøpattedyr unna fiskeredskap, oppdrettsanlegg og fiskeførende vassdrag (se beskrivelser i «Bakgrunn»). I denne arbeidspakken har vi gjennom litteraturgjennomgang funnet frem til hvilken type(r) akustisk alarm som ville være mest hensiktsmessig å teste i dette prosjektet. Det var satt som en forutsetning at lyden har frekvensområder som ikke er sjenerende for mennesker eller skadelig for de fiskeartene som det fiskes etter eller hvalen. Vi har brukt tilgjengelig vitenskapelig litteratur og kontaktet fagmiljøet for å sammenstille kunnskap om hvordan de tilgjengelige teknologiene har fungert mot det artene som er aktuelle i Norge.

Resultatet fra arbeidspakken ble publisert i en rapport i 2021 (Bjørge og Sivle, 2021). Basert på denne kunnskapsinnhentingen og etter samråd med Referansegruppen ble det besluttet å gå videre med teknologi utviklet på University of St. Andrews, og teste «Acosutic Startle Response» (ASR) metode i AP 2 og 3.

3.2 - AP2. Teste adferdsrespons hos knølhval og spekkhoggere etter eksponering mot utvalgt teknologi
Arbeidspakkeledere: Audun Rikardsen (UiT) og Marin Biuw (HI).

For å kunne evaluere effektiviteten av utvalgte akustiske alarmer er det nødvendig å teste disse opp mot enkeltindivider under kontrollerte forhold. I denne arbeidspakken merket vi 27 knølhval og 2 spekkhoggere med så kalt «Customised Animal Tagging System» (CATS, www.cats.is) (Figur 1 og 2). Merkene er utstyrt med hydrofoner (som fanger opp lyden av alarmene), video (filmer hva hvalen gjør), GPS (gir presis posisjon i overflaten), samt ulike sensorer som måler dykk, akselerasjon, vinkel og kompasskurs. Merkeforsøkene ble gjennomført i Kvænangen i november/desember 2021 og 2022. Hvalen som var merket ble fulgt med båt og observert. Når atferden til hvalen var rolig og normal, ble den utsatt for lydeksponering med Target-Specific Acoustic Startle Technology (TAST) som er basert på ASR metoden. Hver hval ble eksponert 2 - 5 ganger med minst 15 minutters mellomrom.

Dataene blir analysert for å undersøke reaksjonene til knølhval og spekkhoggere som bli utsatt for lydeksponering med TAST. Effekten blir målt i hvordan hvalene reagerer i forhold til akselerasjon, horisontal forflytning og den vertikale dykkresponsen før, under og etter eksponering. Merkene samler inn store mengder data med høy tidsoppløsning. Dette gjør det mulig å gjennomføre detaljerte analyser av hvalens bevegelser og atferd når den blir eksponert for lydsignalene, men dataene krever kompliserte og tidkrevende analyser. Preliminære resultat blir presentert i denne rapporten, men fullstendige resultat vil bli presentert i FHF prosjekt 901926, som er en videreføring av dette prosjektet. Dette arbeidet er viktig for å identifisere de mest effektive kombinasjonene og typene av lydsignaler samt undersøke om effekten er tilstrekkelig til å forvente effekt under aktivt fiske.

Sammendrag

Spekkhoggere og knølhval i norske farvann følger den pelagiske fiskeflåten og beiter på fisken som blir samlet sammen av nøtene. Disse interaksjonene har ved flere anledninger ført til skade eller død av hval, og fangsttap og ødelagte redskap for fiskerne. Målsetningen i dette prosjektet var å kartlegge og teste utstyr og metoder som kan bidra til å redusere uønskede interaksjoner mellom spekkhoggere og knølhval og sildefiskeri langs og utenfor kysten av Norge. Basert på resultat fra litteraturstudien valgte vi å utvikle så kalte «Acoustic Startle Response» (ASR) skremmepulser tilpasset knølhval og spekkhoggere. Target-Specific Acoustic Startle Teknologien (TAST) som vi har brukt er utviklet ved Sea Mammal Research Unit (SMRU, University of St Andrews) i samarbeid med GenusWave Ltd. ASR er en skremsel-reaksjon som utløses gjennom en autonom refleks i hjernestammen. Metoden har tidligere vist lovende resultater også ved gjentatt eksponering mot sel og tannhval. Tilnærmingen bruker lavere og kortere støydosser enn de konvensjonelle akustiske alarmene og kan tilpasses til ulike arter. Vi har hatt fokus på at metodene som blir brukt ikke skal være skadelig for hørselen til hvalen, eller ha så sterk effekt at hvalen blir skremt bort fra viktige beiteområder. Vi har gjennomført kontrollerte forsøk der hval merket med dataloggere ble utsatt for ASR lydsignaler og hvalens reaksjoner til ulike lydsignaler ble målt. Dette var for å identifisere de mest effektive lydsignalene. Effekten av de utvalgte ASR lydsignalene ble også undersøkt under kommersielt sildefiske.

Resultatene for spekkhoggere er svært lovende. Under kommersielt fiske ble antall observasjoner av spekkhoggere i overflaten redusert med 85% under eksponering for lyd. Lydsignaleffekten var signifikant sterkere på 0 - 50 m avstand sammenlignet med 50 - 100 m avstand. Omtrent 50% av hvalen returnerte innen 5 minutter etter lydavspilling. Dette tyder på at spekkhoggerne ikke tar skade eller blir skremt bort fra området. Foreløpige resultat fra de kontrollerte forsøkene viser at spekkhoggerne øker svømmeaktiviteten under lydavspilling. Knølhvalen, som er mer sensitiv i lavere frekvensområder enn spekkhoggere, reagerte ikke like sterkt på lydsignalene. Det er behov for videre arbeid for å utvikle lydsignaler som effektivt holder knølhvalen unna fiskebåtene.

Dette prosjektet blir videreført i FHF prosjekt 901926. Målet i det nye prosjektet er å videreutvikle lydsignaler som også er effektive på knølhval, sikre at signalene ikke påvirker sildeatferden samt se på tilvenning og praktisk implementering i fiskeri.

1 - Innledning

1.1 - Faglig bakgrunn

De pelagiske artene sild, makrell, kolmule og lodde støtter store verdifulle fiskerier. I Norge ble det i 2023 fanget 1,26 millioner tonn pelagisk fisk til en verdi av 10,8 milliarder kr (Fiskeridirektoratet). Disse artene er også hoveddietten til mange hvalarter i norske farvann som spekkhoggere (*Orcinus orca*) og knølhval (*Megaptera novaengliae*) (Skern-Mauritzen et al., 2022). Det er estimert 10 000 knølhval og 15 000 spekkhoggere i nordøst Atlanteren (Leonard and Øien, 2019) som spiser store mengder pelagisk fisk hvert år og konkurrerer dermed om fisken med fiskeriene (Skern-Mauritzen et al., 2022).

Siden 2012/13 sesongen har store mengder norsk vårgytende sild overvintret i kystnære farvann i Troms, og til dels inne i trange fjorder (Salthaug and Stenevik, 2020). I denne perioden har det vært hyppige interaksjoner mellom ringnot og knølhval og spekkhoggere som følger silda inn i fjordene for å beite på denne (Mul et al., 2020; Vogel et al., 2021; Dietz et al. 2020). Dette har allerede ved flere anledninger ført til at hvaler skades eller dør, og tapt fangst og skade på redskap for fiskerne. Det er estimert at 18 storhval fanges årlig i norske notfiskerier (Bjørge et al., 2023). Forskning viser at spekkhoggere også har søkt til snurpenotbåter under fisket på sildas gyteplasser utenfor Helgeland og på Møre (Mul et al., 2020; Vogel et al., 2021; Dietz et al. 2020). Problemet er ikke enestående for notfisket etter sild, men også kjent blant annet fra notfiske etter lodde i Barentshavet og etter makrell i Norskehavet, samt blåkveitefiske hvor spermhval spiser fisk fra line og garn

under haling. Også akvakulturnæringen erfarer problemer med sjøpattedyr i nærheten av oppdrettsanlegg. Skade på slike anlegg kan medføre betydelige økonomiske tap i form av rømt eller stresset fisk.

For å hindre uheldige interaksjoner mellom fiskeri og hval er det blitt utviklet flere typer akustiske alarmer. Alarmene skal skremme individer bort fra fiskeredskapene ved å sende ut lyd med frekvens og lydstyrke som er avskrekkende for de aktuelle artene. Akustiske alarmer med høy frekvens som er blitt utviklet for små ekkolokaliserende tannhval (som niser, delfiner og nebbhval) har vist gode resultater med reduserte bifangster (f.eks. Kraus et al., 1997; Barlow & Cameron, 2006; Caretta et al., 2008; Mangel et al., 2013). Kunnskapen om hørselen til større hvalarter, som spekkhogger og knølhval, er mer begrenset. Det har tidligere vært gjort noen forsøk med akustiske alarmer mot knølhval (Thompson et al., 1986; Todd et al., 1992; Lien et al., 2002) og spekkhoggere (Tixier et al., 2015), men med varierende resultat. Sammenliknet med mange andre hvalarter er knølhval regnet blant artene som reagerer minst på lydforstyrrelser (Sivle et al. 2016; Dunlop et al. 2016; 2018). Det er derfor ekstra utfordrende å finne akustisk alarmer for denne arten.

Hval bruker lyd til kommunikasjon og i mange tilfeller til å finne mat. Det er viktig at lydsignalene som blir brukt i de akustiske alarmene ikke skader hørselen til hvalen, eller har så sterk effekt at den blir ekskludert fra sine naturlige områder eller forstyrrer (maskerer) hvalens egne lyder som blir brukt til kommunikasjon (Götz and Janik, 2013). Den langsiktige virkningen er også ofte begrenset, og tilvenning til lyden kan være et betydelig problem spesielt om motivasjonen for å spise er sterk (Götz and Janik, 2010).

En nyere metode bygger på å utsette dyrene for lyd som utløser en såkalt 'acoustic startle response' (ASR), en skremsel-reaksjon som utløses gjennom en autonom refleks i hjernestammen (Götz and Janik, 2011). Denne metoden har vist lovende resultater også ved gjentatt eksponering mot sel (Yeomans et al. 2002) og tannhvaler (Götz et al., 2020). Denne tilnærmingen bruker lavere og kortere støydosser enn de konvensjonelle akustiske alarmene og de kan bedre tilpasses de enkelte artene ved å velge spesifikke frekvensbånd (Götz and Janik, 2015). I dette prosjektet valgte vi å utvikle ASR skremmepulser tilpasset knølhval og spekkhoggere, og teste disse i kontrollerte forsøk og under kommersielt fiske etter norsk vårgytende sild i Kvængangen.

1.2 - Prosjektorganisering

Prosjektet har vært organisert under Havforskningsinstituttets forsknings- og rådgivningsprogram «Kystøkosystemer», med forskningssjef Jan Atle Knutsen som programleder og Petter Baardsen som prosjektøkonom (Tabell 1). Arne Bjørge var prosjektleder i 2021 – 2022 og Maria Tenningen i 2022 - 2024. Det samarbeidende miljøet omfattet UiT – Norges Arktiske Universitet (Tromsø), Havforskningsinstituttets avdelinger for Sjøpattedyr, Fangst og Økosystemakustikk og University of St Andrews, UK. Vi har også samarbeidet med GenusWave Ltd som produserer akustiske alarmer basert på «Targeted Acoustic Startle Technology» (TAST). En PhD-kandidat (Emma Vogel, UiT) har vært tilknyttet prosjektet og en masterstudent (Elida Langstein, UiT) har skrevet oppgave basert på prosjektet. Referansegruppen har vært invitert til tre møter under prosjektet og vi har delvis samarbeidet med FHF prosjektet «Bifangst av sjøfugl i kystnært notfiske» (FHF 901751). Prosjektet var delt i tre arbeidspakker (AP): i) sammenstilling og vurdering av tilgjengelig kunnskap, ii) detaljert testing av utstyr og metoder, og iii) testing og tilpasning i aktivt fiske.

Navn	Institutt	Rolle
------	-----------	-------

Arne Bjørge	Havforskningsinstituttet	Prosjektleder og leder for WP1
-------------	--------------------------	--------------------------------

Maria Tenningen	Havforskningsinstituttet	Prosjektleder og leder for WP3
-----------------	--------------------------	--------------------------------

Martin Biuw	Havforskningsinstituttet	Leder for WP2
-------------	--------------------------	---------------

Deanna Leonard	Havforskningsinstituttet	Prosjektdeltaker
----------------	--------------------------	------------------

Lise Doksæter Sivle	Havforskningsinstituttet	Leder for WP1
---------------------	--------------------------	---------------

Jostein Saltskår	Havforskningsinstituttet	Prosjektdeltaker
------------------	--------------------------	------------------

Martin Kristiansen Havforskningsinstituttet Prosjektdeltaker
Audun Rikardsen UiT Norges Arktiske Universitet Leder for WP2
Emma Vogel UiT Norges Arktiske Universitet PhD student
Vincent Janik University of St Andrews, UK Leder for WP1
Thomas Götz University of St Andrews, UK Prosjektdeltaker
Elida Langstein UiT Norges Arktiske Universitet MSc student
Olav Dale Dales Rederi AS Referansegruppe
Ole Svein Einebærholm Vestbris Fiskeriselskap AS Referansegruppe
Ronny Larsen Frøybas AS Referansegruppe
Geir Magne Madsen Fiskebas AS Referansegruppe
Daniel Stenevik Steinevik AS Referansegruppe
Rita Maråk Naustvik FHF FHF-ansvarlig

Tabell 1. Prosjektgruppe.

2 - Problemstilling og formål

2.1 - Effektmål

Det langsiktige målet med prosjektet er å bidra til at uheldige interaksjoner mellom hval og fiskeri blir redusert. Hvert år meldes det om flere hendelser der hval blir fanget i fiskeredskap. Dette kan føre til at hvalen blir skadet eller dør samt ekstra arbeid og kostander i forbindelse med tapt fangst og skader på redskapet. Effektive løsninger for å holde hval unna fiskebåter kan dermed medføre store besparelser i forhold til redusert fangsttap og skade på redskap. Det vil også bedre omdømmet til fisket. Effektive alarmer utviklet for fiske med snurpenot kan også tenkes ha nytteverdi for andre fiskerier og oppdrettsnæringen. Prosjektet er blitt gjennomført i nært samarbeid med Genuswave AS som er industrileverandør av akustiske alarmer basert på TAST-metodikken. Resultatene har blitt kommunisert gjennom media til fiskerinæringen samt gjennom jevnlige møter med referansegruppen. På lengre sikt og gjennom videreføring av prosjektet forventer vi at de anbefalte metodene kan utvikles til praktisk utstyr som tas i bruk.

2.2 - Resultatmål

Hovedmålsetningen i prosjektet var å kartlegge og teste utstyr og metoder som kan bidra til å redusere interaksjoner mellom fiskeri og hval, særlig relatert til spekkhogger og knølhval interaksjoner med sildefisket langs og utenfor kysten av Norge. Teknologi som er blitt brukt i prosjektet skal ha et lydnivå som er tilstrekkelig til å holde hvalene unna nota, men ikke så kraftig at det skader hvalens hørsel, eller permanent skremmer hvalen vekk fra viktige beiteområder.

Prosjektet har hatt følgende delmål:

Sammenstille tilgjengelig nasjonal og internasjonal kunnskap om akustiske alarmer og metoder for å holde hval og sel borte fra fiskeriredskaper og oppdrettsanlegg (AP1)

Utarbeide tilrådning om anskaffelse av eksisterende alarmer for testing av effekt på knølhval og spekkhoggere under kontrollerte betingelser og aktivt ringnotfiske etter sild (AP1)

Teste ut effekten av utvalgte akustiske alarmer og metoder på individuelle knølhval og spekkhoggere under mest mulig kontrollerte betingelser, det vil si uten hvalsafariaktiviteter eller aktivt fiske. (AP2)

Teste effekten av utvalgte akustiske alarmer under aktivt ringnotfiske etter sild (AP3)

Utarbeide råd om praktisk og effektiv bruk av akustiske alarmer i kommersielt fiske (overført til videreføring av prosjektet)

3 - Prosjektgjennomføring

3.1 - AP1. Sammenstilling av tilgjengelig kunnskap om hval- og selskremmere og deres effekt på hval og sel Arbeidspakkeledere: Arne Bjørge (HI) og Lise Sivle (HI).

Det er utviklet en rekke metoder for å holde sjøpattedyr unna fiskeredskap, oppdrettsanlegg og fiskeførende vassdrag (se beskrivelser i «Bakgrunn»). I denne arbeidspakken har vi gjennom litteraturgjennomgang funnet frem til hvilken type(r) akustisk alarm som ville være mest hensiktsmessig å teste i dette prosjektet. Det var satt som en forutsetning at lyden har frekvensområder som ikke er sjenerende for mennesker eller skadelig for de fiskeartene som det fiskes etter eller hvalen. Vi har brukt tilgjengelig vitenskapelig litteratur og kontaktet fagmiljøet for å sammenstille kunnskap om hvordan de tilgjengelige teknologiene har fungert mot det artene som er aktuelle i Norge.

Resultatet fra arbeidspakken ble publisert i en rapport i 2021 (Bjørge og Sivle, 2021). Basert på denne kunnskapsinnhentingen og etter samråd med Referansegruppen ble det besluttet å gå videre med teknologi utviklet på University of St. Andrews, og teste «Acosutic Startle Response» (ASR) metode i AP 2 og 3.

3.2 - AP2. Teste adferdsrespons hos knølhval og spekkhoggere etter eksponering mot utvalgt teknologi Arbeidspakkeledere: Audun Rikardsen (UiT) og Marin Biuw (HI).

For å kunne evaluere effektiviteten av utvalgte akustiske alarmer er det nødvendig å teste disse opp mot enkeltindivider under kontrollerte forhold. I denne arbeidspakken merket vi 27 knølhval og 2 spekkhoggere med så kalt «Customised Animal Tagging System» (CATS, www.cats.is) (Figur 1 og 2). Merkene er utstyrt med hydrofoner (som fanger opp lyden av alarmene), video (filmer hva hvalen gjør), GPS (gir presis posisjon i overflaten), samt ulike sensorer som måler dykk, akselerasjon, vinkel og kompasskurs. Merkeforsøkene ble gjennomført i Kvæningen i november/desember 2021 og 2022. Hvalen som var merket ble fulgt med båt og observert. Når atferden til hvalen var rolig og normal, ble den utsatt for lydeksponering med Target-Specific Acoustic Startle Technology (TAST) som er basert på ASR metoden. Hver hval ble eksponert 2 - 5 ganger med minst 15 minutters mellomrom.

Dataene blir analysert for å undersøke reaksjonene til knølhval og spekkhoggere som bli utsatt for lydeksponering med TAST. Effekten blir målt i hvordan hvalene reagerer i forhold til akselerasjon, horisontal forflytning og den vertikale dykkresponsen før, under og etter eksponering. Merkene samler inn store mengder data med høy tidsoppløsning. Dette gjør det mulig å gjennomføre detaljerte analyser av hvalens bevegelser og atferd når den blir eksponert for lydsignalene, men dataene krever kompliserte og tidkrevende analyser. Preliminære resultat blir presentert i denne rapporten, men fullstendige resultat vil bli presentert i FHF prosjekt 901926, som er en videreføring av dette prosjektet. Dette arbeidet er viktig for å identifisere de mest effektive kombinasjonene og typene av lydsignaler samt undersøke om effekten er tilstrekkelig til å forvente effekt under aktivt fiske.

Merking av knølhval med dataloggere.

Figur 1. Merking av knølhval. (Foto: HI/UIT)

Knølhval med merke festet i ryggen.

Figur 2. Knølhval med merke festet i ryggen. (Foto: HI/UIT)

3.3 - AP3. Teste utvalgt teknologi under notfiske etter sild i områder med knølhval og spekkhoggere Arbeidspakkeledere: Maria Tenningen (HI) og Vincent Janik (University of St Andrews)

Effekten av ARS metoden som ble valgt ut basert på litteraturstudien i AP1 og kontrollerte feltforsøk i AP2 ble testet ut i aktivt fiske. Feltforsøk ble gjennomført i vintersesongene 2021/-22 og 2022/-23 i forbindelse med notfiske etter norsk vårgytende sild i Kvæningen (Figur 3).

Forsøkene ble hovedsakelig gjennomført fra en liten båt (Arronet 30) som var plassert på 30-60 meters avstand og i 90 graders vinkel i forhold til fiskebåten baug (Figur 4 og Figur 5). Visuelle observasjoner av hvalens reaksjon til lydsignalene ble registrert i 18 eksponeringsforsøk (Figur 3). Reaksjonene ble målt gjennom å telle antall hvalblåst i perioder før, under og etter lydeksposering. Hvert forsøk varte i 15 minutter med 5 minutters perioder før, under og etter lydeksposering. Forsøkene ble gjennomført i siste delen av fangstprosessen når fisken ble pumpet om bord og dekklysene på fiskebåten var på. Dette var for å ha nok lys til å kunne observere hvalen i vinternatten. Lydkilden ble senket ned til ca. 20 m dyp.

I januar 2023 ble det i tillegg gjennomført forsøk om bord på MS Vestbris for å teste systemet om bord på en fiskebåt. Samme metode ble brukt som i avspillingene fra liten båt, men lengden på eksponerings- og kontrollperiodene ble økt fra 5 til 10 min. I tillegg ble lydeksposering gjentatt (med 10 minutters kontrollperioder mellom eksponeringer) så mange ganger som mulig frem til båten var ferdig med å pumpe fangsten ombord eller så lenge det var hval i området. Det ble gjennomført to vellykkede forsøk (fangst) med henholdsvis 2 og 3 lydavspillinger i hver forsøk.

Lydkilden (TAST – Targeted Acoustic Startle Technology) som ble brukt i begge forsøkene var utviklet av GenusWave LTD (<https://genuswave.com/>). Systemet bestod av en lydenhet ("pod"), som inneholdt lydfilene og en forsterker, koblet til en undervannshøytaler av typen Lubell 9161T (<https://www.lubell.com/LL964.html>) og et batteri som fungerte som strømforsyning (Figur 6).

Lyden som ble testet baserer seg på beste tilgjengelige kunnskap om hørselen til spekkhogger og knølhval. Lydsignalene var 200 ms lange, hadde kort stigetid (<5ms) og varierende frekvenser som ble spilt av i tilfeldig og varierende rekkefølge. Signalene ble sendt ut i tre forskjellige sekvensområder:

Smalbånd Lav-frekvens (LF): sentrert rundt 1kHz og med en styrke på 180 dB re 1 μ Pa

Smalbånd Høy-frekvens (HF): ~5 til 20 kHz og med en styrke på 183-184 dB re 1 μ Pa

Bredbånd (BB): ~0.7 til 20 kHz med en topp på 10.5 kHz og styrke på 183-184 dB re 1 μ Pa

4 - Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

4.1 - AP1. Sammenstilling av tilgjengelig kunnskap om hval- og selskremmere og deres effekt på hval og sel
Hovedresultatet fra AP1 er beskrevet i en rapport (Bjørge og Sivle, 2021) der tilgjengelig teknologi samt erfaringer fra uttesting er kartlagt og beskrevet. Rapporten konkluderer med følgende:

Det er ulike teknologier tilgjengelig for å holde sjøpattedyr unna et område hvor de kan gjøre skade, eller de selv kan skades. De aller fleste er basert på lydsignaler. Akustiske alarmer (pingere) med høy frekvens har vist seg svært effektive for å holde små, ekkolokaliserende tannhval, hovedsakelig nise, unna fiskegarn. Det er også

prøvd ut pingere på line for å holde spermhval unna, men med noe varierende resultat. Disse er imidlertid for høyfrekvente til å være effektive for målartene i dette prosjektet; spekkhogger og særlig knølhval. Lavfrekvente pingere har vist seg å gi unnvikelsesreaksjon hos beitende knølhval, men ikke tydelige reaksjoner for knølhval på vandring. Eksperimenter under aktivt ringnotfiske ga mer uklare resultater. Dette tyder på at hvalens aktivitet (eks beiting eller vandring) vil ha innvirkning på reaksjon, samt at lydens sammensetning og frekvensinnhold i forhold til målartens hørsel, kanskje heller enn lydstyrke, er avgjørende for om lyden vil være avskrekkende nok til å holde hvalen borte, og om hvorvidt effekten vil vedvare ved gjentatt eksponering.

Av de tilgjengelige teknologiene som er vurdert her ble det anbefalt å gå videre med teknologien utviklet ved Sea Mammal Research Unit (SMRU, University of St Andrews) i samarbeid med selskapet GenusWave Ltd. Teknologien er fleksibel og lydsignalene kan tilpasses den antatte hørselen til ulike arter. Tidligere feltforsøk har gitt overbevisende resultater på sel og nise og virkningsmekanismen er veldokumentert (Götz et al., 2020). Den autonome refleksen av en plutselig lyd med riktig frekvens synes ikke å lede til tilvenning over tid (Götz & Janic, 2016), noe som er ønskelig for å bruke dette utstyret over lengre tid i samme område. Rapporten sier videre at feltforsøk helst bør gå over flere sesonger slik at en kan identifisere de mest effektive frekvensområdene under kontrollerte betingelser før en prøver ut disse frekvensene under aktivt ringnotfiske.

4.2 - AP2. Teste adferdsrespons hos knølhval og spekkhoggere etter eksponering mot utvalgt teknologi
Foreløpige analyser av de kontrollerte forsøkene med dataloggere er presentert i Appendix 1. Disse viser indikasjoner på at spesielt spekkhoggere responderer på noen av de signalene som ble testet. Selv om knølhval også responderte på noen av signalene, var denne responsen betydelig svakere og mindre konsistent.

Foreløpige analyser av en spekkhogger og tre knølhval viser at nærmere 60% av lydeksponeringene førte til kortvarig økning i svømmeaktivitet. Spekkhoggeren viste økt svømmeaktivitet i 4 av 5 lydeksponeringer, mens reaksjonene til knølhvalen var mer varierende. Forskjellen mellom spekkhogger og knølhval kan skyldes forskjeller i artenes hørsel og atferd eller i styrken på de mottatte lydsignalene. Styrken kan ha vært for svak for å utløse en tydelig respons hos knølhval. Dette er i samsvar med tidligere forsøk på denne arten, og skyldes delvis at kunnskapen om hørselen til bardehvaler er betydelig mer begrenset enn tilsvarende kunnskap om tannhvaler. Før det er mulig å trekke sikre konklusjoner er det behov for en mer helhetlig analyse av alle de 29 individene som var merket. Analyser av GPS data vil vise om eksponering til lydsignalene fører til at hvalen svømmer fortare og/eller i motsatt retning fra lydkilden. Dette arbeidet vil kreve avanserte modelleringer og analyser siden dataene er svært høyoppløselige (400 målinger/sek) og omfattende (tilsvarende totalt over en uke med sammenhengende data). Det var ikke mulig å få gjennomført slike analyser innenfor prosjektets rammer. Likevel har de foreløpige analysene, samt visuelle observasjoner under aktivt fiske (AP3) ledet til videreutvikling av lydsignalene. Dette vil bli et av hovedfokusene i videreføringsprosjektet (FHF-prosjekt 901926).

4.3 - AP3. Teste utvalgt teknologi under notfiske etter sild i områder med knølhval og spekkhoggere
Resultatene fra denne arbeidspakken er publisert i masteroppgaven til Elida Langstein (Langstein, 2023) og toktrapport fra Vestbris (Tenningen et al., 2023). Avspilling av lyd fra en liten båt som nærmet seg aktive fiskefartøy var en velegnet metode der en kunne bevege seg mellom aktive fiskerioperasjoner, samarbeide med fiskere og gjennomføre tilstrekkelig antall forsøk for statistisk analyse. Forsøkene om bord på Vestbris ga lengre eksponeringstid og flere repetisjoner under samme notkast i tillegg til erfaring med å bruke systemet fra fiskebåt. På grunn av få dager om bord ble det kun samlet inn data fra to kast med fangst. Totalt i de 18 forsøkene fra liten båt ble det gjort 970 observasjoner av spekkhoggere og 141 observasjoner av knølhval. I de to forsøkene om bord på Vestbris ble det gjort 157 registreringer av knølhval og 10 av spekkhoggere.

Resultatene viser at effekten av TAST-systemet på spekkhoggere er svært lovende. Antall observasjoner av

spekkhoggere i overflaten ble redusert med 85% under avspilling av lydsignalene sammenlignet med før avspilling (Figur 7). Effekten var signifikant høyere på 0 - 50 m avstand fra båten sammenlignet med 50 - 100 m. Innen 5 minutter etter lydavspilling, steg antall observasjoner raskt til omtrent 50% av antall observasjoner før eksponering. Dette tyder på at spekkhoggerne ikke tar skade av lydsignalene eller blir skremt bort fra området. Det gjenstår å undersøke om effekten er konsistent nok til å holde hvalen unna nota også i en tidligere fase av fangsten (utsetting og snurping av not) og sikre at hvalen ikke venner seg til lydsignalene. Det gjenstår også å undersøke om plassering av høyttaler og om flere avspillere har en påvirkning på effekten.

Knølhvalen, som er mer sensitiv i lavere frekvensområde enn spekkhoggere, reagerte ikke like sterkt på lydsignalene. Det var antydning til noe mindre antall knølhval under eksponeringsperioden sammenlignet med perioden før avspilling (Figur 8), spesielt når spekkhoggere også var til stede. I forsøket om bord på Vestbris, der det kun var knølhval til stede, hadde lydsignalene ingen effekt (Figur 9). Det kan tyde på at knølhvalen følger etter spekkhoggerne, men ikke reagerer direkte på lyden. Det er ikke helt uforventet, ettersom systemet som ble brukt i forsøkene ikke var optimal for de lavfrekvente signalene. Det gjenstår derfor arbeid med å utvikle og teste lydsignaler som er effektive også på knølhval.

4.4 - Diskusjon og konklusjon

I dette prosjektet har vi utviklet ASR-skremmepulser og testet dem på knølhval og spekkhoggere i kontrollerte forsøk og under kommersielt notfiske etter sild. Lydsystemet viser lovende resultater med tanke på å holde spekkhoggerne unna fiskebåtene. For knølhvalen viser foreløpige resultater en reaksjon til enkelte lydsignaler, noe man ikke har klart å vise tidligere, men det gjenstår arbeid med å identifisere lyder som effektivt holder knølhvalen unna fiskebåter.

Når det gjelder spekkhoggere er det behov for langvarige og mer omfattende forsøk for å utelukke tilvenning til lykilden. Det er også behov for å sikre at lydsignalene ikke påvirker atferden til silden på en måte som fører til reduserte fangster. Etter disse undersøkelsene kan man gå videre med å undersøke hvordan systemet best kan implementeres på fiskebåter. TAST har blitt effektivt implementert for å holde sel unna fiskeoppdrett i Skottland og gitt lovende resultater (Götz and Janik, 2015). Imidlertid vil implementeringen av systemet på et fiskefartøy kreve en annen tilnærming fordi det må dekke et større område. Systemet må også være selvforsynt når det gjelder strømforsyning, og for å bli brukt av fiskere må det være effektivt, robust og lett å ta i bruk med minimal innvirkning på fiskerioperasjoner. Blant annet er det sannsynlig at systemet må kunne brukes i den fasen da nota settes ut, enten ved at det plasseres på en bøye i tilknytting til nota, eller at det er fastmontert på skroget slik at det ikke skades når båten er i bevegelse. GenusWave har utviklet et taubart system, som har gjennomgått preliminære tester. En modifisert versjon av dette kan være en mulig vei videre, men mest effektivt vil trolig være et fast skrogmontert system.

Knølhval reagerte ikke like godt på lydsignalene som spekkhoggere. Man vet mindre om hørselen til knølhval og det er vist at den generelt sett reagerer mindre på lydsignaler sammenlignet med mange andre hvalarter. Videre arbeid med knølhval innebærer først ferdigstilling av analysene av data fra dataloggerne som undersøker den finskala og umiddelbare reaksjonen på TAST-systemet (AP2). Med hjelp av resultatene vil man kunne identifisere lydsignaler som gir en sterkere og mer konsistent respons hos knølhval. Deretter kan man modifisere TAST-systemet og teste dette på knølhval under kommersielt fiske på samme måte som man har gjort med spekkhoggere i AP3.

Dette prosjektet blir videreført gjennom FHF prosjekt 901926. I videreføringen av prosjektet skal man ta tak i det gjenstående arbeidet beskrevet over, med hensikt å videreutvikle og teste lydsignaler på begge hvalartene, men

med spesielt fokus på knølhval. I tillegg vil det utarbeides et forslag til design av et system i samarbeid med GenusWave og i konsultasjon med fiskere for å oppnå best mulig resultat og praktisk implementering. TAST-systemets design vil også ta hensyn til resultat fra undersøkelser av størrelsen på området som krever avskrekking og effektområdet for knølhvaler og spekkhoggere. Noen alternativer vi vil vurdere inkluderer skrogmontering, fritt flytende bøyer, bøyer festet til nettet eller eventuelt et taubart system..

5 - Hovedfunn

Litteraturstudien konkluderer med at teknologi basert på «Acoustic Startle Response» (ASR) er den anbefalte metoden for å utvikle alarmer som kan holde større hval som spekkhoggere og knølhval unna fiskeredskapover over lengre tidsperioder og uten tilvenning. Teknologien er fleksibel og lydsignalene kan tilpasses ulike arter. Den synes ikke å gi tilvenning og skal ikke være skadelig for hvalen.

Kontrollerte forsøk viser at spekkhoggere, og til en viss grad knølhval øker svømmeaktivitet under avspilling av ASR-signaler med TAST-systemet (Target-Specific Acoustic Startle Technology).

Feltforsøk under kommersielt fiske viser en reduksjon i registrering av spekkhogger på 85% innenfor området eksponert for TAST-signalerne.

Barlow, J., & Cameron, G.A. (2003). Field experiments show that acoustic pingers reduce marine mammal bycatch in the field. *Marine Mammal Science*, 19(2), 265–283. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2003.tb01108.x>

Bjørge, A., Moan, A., Ryeng, K.A., Wiig, J.R., 2023. Low anthropogenic mortality of humpback (*Megaptera novaeangliae*) and killer (*Orcinus orca*) whales in Norwegian purse seine fisheries despite frequent entrapments. *Marine Mammal Science* 39, 481–491. <https://doi.org/10.1111/mms.12985>

Carretta, J.V., Barlow, J., & Enriquez, L. (2008). Acoustic pingers eliminate beaked whale bycatch in a gill net fishery. *Marine Mammal Science*, 24(4), 956–961. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00218.x>

Dietz, A., Rikardsen, A.H., Biuw, M., Kleivane, L., Lehmkühl Noera, C., Staldera, D., van Beesta, F.M., Rigéta, F.F., Sonnea, C., Hanseng, M., Strager, H. Olsen, M.T. (2020). Movements and diurnal activity of North Atlantic killer whales (*Orcinus orca*) along the Norwegian coast.

Dunlop, R.A., Noad, M.J., Cato, D.H., Kniest, E., Miller, P.J.O., Smith, J.N., & Stokes, M.D. (2013). Multivariate analysis of behavioural response experiments in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Journal of Experimental Biology*, 216(5), 759–770. <https://doi.org/10.1242/jeb.071498>

Götz, T., Janik, V.M., 2015. Target-specific acoustic predator deterrence in the marine environment. *Animal Conservation* 18, 102–111. <https://doi.org/10.1111/acv.12141>

Götz, T., Janik, V.M., 2013. Acoustic deterrent devices to prevent pinniped depredation: efficiency, conservation concerns and possible solutions. *Marine Ecology Progress Series* 492, 285–302. <https://doi.org/10.3354/meps10482>

Götz, T., Janik, V.M., 2011. Repeated elicitation of the acoustic startle reflex leads to sensitisation in subsequent avoidance behaviour and induces fear conditioning. *BMC Neuroscience* 12, 30. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-12-30>

Götz, T., Janik, V.M., 2010. Aversiveness of sounds in phocid seals: psycho-physiological factors, learning

- processes and motivation. *Journal of Experimental Biology* 213, 1536–1548. <https://doi.org/10.1242/jeb.035535>
- Götz, T., Pacini, A.F., Nachtigall, P.E., Janik, V.M., 2020. The startle reflex in echolocating odontocetes: basic physiology and practical implications. *Journal of Experimental Biology* 223, jeb208470. <https://doi.org/10.1242/jeb.208470>
- Kraus, S. D., Read, A. J., Solow, A., Baldwin, K., Spradlin, T., Anderson E., & Williamson J. (1997). Acoustic alarms reduce porpoise mortality. *Nature*, 388, 525
- Langstein, E. 2023. Assessing the deterrence effect of target-specific acoustic startle technology on killer whales and humpback whales during interactions with Norwegian purse seine herring fishery. Master thesis, 2023-05-15. Universitetet i Tromsø. <https://hdl.handle.net/10037/29479>
- Leonard, D., Øien, N., 2019. Estimated Abundances of Cetacean Species in the Northeast Atlantic from Norwegian Shipboard Surveys Conducted in 2014–2018. NAMMCO Scientific Publications 11. <https://doi.org/10.7557/3.4694>
- Lien, J., Barney, W., Todd, S., Seton, R., & Guzzwell, J. (1992). Effects of Adding Sounds to Cod Traps on the Probability of Collisions by Humpback Whales. In J. A. Thomas, R. A. Kastelien & A. Y. Supin (Eds.), *Marine Mammal Sensory Systems* (pp. 701-708), New York: Plenum Press. ISBN 978-1-4613- 6505-
- Mangel, J. C., Alfaro-Shigueto, J., Witt, M. J., Hodgson, D. J., & Godley, B. J. (2013). Using pingers to reduce bycatch of small cetaceans in Peru's small-scale driftnet fishery. *Oryx*, 47(4), 595–606. <https://doi.org/10.1017/S0030605312000658>
- Mul, E., Blanchet, M.-A., McClintock, B.T., Grecian, W.J., Biuw, M., Rikardsen, A., 2020. Killer whales are attracted to herring fishing vessels. *Marine Ecology Progress Series* 652, 1–13. <https://doi.org/10.3354/meps13481>
- Salthaug, A., Stenevik, E.K., 2020. Kommer silda inn i fjordene i Nord-Norge i vinter? [WWW Document]. Havforskningsinstituttet. URL <https://www.hi.no/hi/nyheter/2020/november/kommer-silda-inn-i-fjordene-i-nord-norge-i-vinter> (accessed 8.9.23).
- Skern-Mauritzen, M., Lindstrøm, U., Biuw, M., Elvarsson, B., Gunnlaugsson, T., Haug, T., Kovacs, K.M., Lydersen, C., McBride, M.M., Mikkelsen, B., Øien, N., Víkingsson, G., 2022. Marine mammal consumption and fisheries removals in the Nordic and Barents Seas. *ICES Journal of Marine Science* 79, 1583–1603. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac096>
- Tixier, P., Vacquie Garcia, J., Gasco, N., Duhamel, G., Guinet, C., 2015. Mitigating killer whale depredation on demersal longline fisheries by changing fishing practices. *ICES Journal of Marine Science* 72, 1610–1620. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu137>
- Tenningen, M., Sivle, L., Saltskår, J. and Hannaas, S., 2023. Utvikling og testing av metoder for å redusere uheldige interaksjoner mellom hval / sjøfugl og notfiskeri. Toktrapport. <https://www.hi.no/en/hi/nettrapporter/toktrapport-2023-12>
- Todd, S., Lien, J., & Verhulst, A. (1992). Orientation of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) and minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) to acoustic alarm devices designed to reduce entrapments in fishing gear. In J. A. Thomas, R. A. Kastelien & A. Y.
- Vogel, E.F., Biuw, M., Blanchet, M.-A., Jonsen, I.D., Mul, E., Johnsen, E., Hjøllo, S.S., Olsen, M.T., Dietz, R.,

Rikardsen, A., 2021. Killer whale movements on the Norwegian shelf are associated with herring density. *Marine Ecology Progress Series* 665, 217–231. <https://doi.org/10.3354/meps13685>

Tixier, P., Vacquie Garcia, J., Gasco, N., Duhamel, G., Guinet, C., 2015. Mitigating killer whale depredation on demersal longline fisheries by changing fishing practices. *ICES Journal of Marine Science* 72, 1610–1620. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu137>

Yeomans, J.S., Li, L., Scott, B.W., Frankland, P.W., 2002. Tactile, acoustic and vestibular systems sum to elicit the startle reflex. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 26, 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(01\)00057-4](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(01)00057-4)

Appendix 1: Killer and Humpback whale movement in response to sound exposures

Emma F. Vogel, Charlie R. Hargrave and Vincent Janik

The aim of this analysis was to explore the behavioural effect the exposure to sets of Target-Specific Acoustic Startle Technology (TAST) stimuli (five to six 200ms startle sounds played over the period of one minute) had on humpback whales and killer whales in Skjervøy, northern Norway in November and December 2021 and 2022. To do this, Customised Animal Tagging System (CATS) biologging tags were deployed on humpback whales and killer whales (29 total; 27 humpbacks, 2 killer whales). These tags collect high-resolution (sub-second) tri-axial acceleration, gyroscope and magnetometer data, depth measurements, as well as GPS location. The CATS tags also have an onboard hydrophone and 4k cameras. The high-temporal resolution allows for detailed analysis of whale movements and behaviours in relation to sound exposures.

We explored the following movement parameters derived from the variables listed above:

Jerk: Jerk is the differential of acceleration (m/s^3) and is a method for highlighting sudden increases in acceleration. Jerk can be calculated from the tri-axial accelerometer data.

Overall Dynamic Body Acceleration (oDBA): oDBA can be used to quantify the overall dynamic movement of an animal. It is calculated by integrating the absolute values of the three-dimensional acceleration data over a specific time period. oDBA provides insights into the overall energy expenditure or activity level of the animal, as higher values typically indicate more vigorous movement or activity. Consecutive changes in oDBA were also examined to investigate any sudden increases or decreases in movement.

Vectorial Dynamic Body Acceleration (veDBA): veDBA can also be used to quantify the overall dynamic movement of an animal, taking into account the directionality of movement. Unlike oDBA, which considers the scalar sum of acceleration in three dimensions, veDBA calculates the magnitude of the three-dimensional acceleration vector. This can provide a more comprehensive measure of an animal's overall movement intensity, incorporating both the speed and direction of movement.

Depth and change in depth: The CATS tags use pressure to calculate depth, where depth changes are reflective of animal diving and surfacing behaviours.

Dominant stroke frequency: Dominant stroke frequency or fluking rate is the peak frequency in the sum of the acceleration power spectra (Hz). It can be calculated from the triaxial accelerometer data. This can be used to give an idea of the normal swimming rate and can detect increased swimming efforts.

Preliminary analysis of these five parameters for five individuals showed that dominant stroke frequency highlighted post-sound exposure behavioural changes most clearly. This was determined from visual assessment of the movement data, though more comprehensive statistical analysis is being conducted.

Preliminary analysis of the dominant stroke frequency or the fluking rate is discussed below.

Killer Whale 281122

This individual was played five sets of sound exposures. Each exposure set was at least 15 minutes apart. Figure 1A shows the fluking rate pre- and post- the first sound exposure set. In the ten minutes prior to the first sound exposure, we observed a reduction in fluke rate suggesting reducing speed or effort. Immediately following the first sound exposure (RL (received sound pressure level): 160.3dB re 1 μ Pa rms) there was a >1 Hz increase in fluking rate, followed by a gradual decrease for the next ten minutes.

A similar pattern was seen in the second, fourth and fifth sound exposures (Figures 1B, D and E) (RL: 160.3, 159.2 and 160dB re 1 μ Pa rms respectively), in which fluking rate increased after exposure. The response following to the third exposure is harder to explain with a weaker response (Figure 1C) but could be related to the lower received level of the exposure (159.1dB re 1 μ Pa rms).



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no