

## Fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg

Bjørn-Steinar Sæther, Svein Løkkeborg (HI), Odd-Børre Humborstad (HI), Torbjørn Tobiassen, Øystein Hermansen og Kjell Ø. Midling





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 420 ansatte. Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på seks ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra, Averøy og Tromsø.

Hovedkontor Tromsø  
Muninbakken 9–13  
Postboks 6122  
NO-9291 Tromsø  
Tlf.: 77 62 90 00  
Faks: 77 62 91 00  
E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)

Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

# Rapport

 ISBN: 978-82-7251-961-1 (trykt)  
 ISBN: 978-82-7251-962-8 (pdf)

 Rapportnr.:  
 8/2012

 Tilgjengelighet:  
**Åpen**

<i>Tittel:</i>		<i>Dato:</i>
<b>Fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg</b>		23.02.2012
		<i>Antall sider og bilag:</i>
		37 + 2 vedlegg
<i>Forfatter(e):</i>		<i>Prosjektnr.</i>
Bjørn-Steinar Sæther, Svein Løkkeborg (HI), Odd-Børre Humborstad (HI), Torbjørn Tobiassen, Øystein Hermansen og Kjell Ø. Midling		21076
<i>Oppdragsgiver:</i>		<i>Oppdragsgivers ref.:</i>
FHF faggruppe for kystsoneforskning, og Handlingsplan for Fiskeriteknologi v/ Kristian Prytz		FHF #900501
<i>Tre stikkord:</i>		
Fangst, mellomlagring, villfisk		
<i>Sammendrag:</i>		
<p>Den merdbaserte produksjonen av laks i norsk oppdrettsnæring har økt betydelig det siste tiåret, og var nær 1 million tonn i 2010. Lokalitetene som benyttes i denne produksjonen blir stadig større, og produksjonen på flere er i dag på over 10 000 tonn per år. Disse anleggene legger beslag på områder i kystnære farvann som tidligere var tilgjengelig for annen næringsvirksomhet, spesielt fiske for de mindre båtclassene. Rundt oppdrettsanlegg er det også god tilgang på fisk. Dette er fisk som ellers kunne ha oppholdt seg i andre områder i nærheten, men som samler seg rundt anlegg, noe som synes være tilfelle med seien i Ryfylkebassenget, og det kan også være en økt fiskeproduksjon i slike områder på grunn av den beskyttelsen og den økte næringstilgangen til systemet som oppdrettsanleggene gir. Denne fisken er ikke tilgjengelig for kystflåten som ellers ville ha fangstet på den, da det ikke er tillatt å fiske nærmere enn 100 meter fra anlegg. I tillegg er fisket forbundet med risiko både for skade på fiskeredskap og anlegg om fiske foregår nær anlegget. Villfisk samlet rundt oppdrettsanlegg representerer en ressurs som kan og bør nyttegjøres, og dette bør i første rekke komme til gode de som ellers ville fisket på den, men som ikke lengre har tilgang til å fange den på grunn av nærhet til oppdrettsanlegg. Dette prosjektet hadde som målsetting å undersøke grunnlag for fiske på villfisk rundt oppdrettsanlegg, for på den måten å oppnå en situasjon hvor alle involverte, fiskere, oppdrettere og andre, kunne dra nytte av aktivitetene: En "vinn-vinn"-situasjon for involverte parter. Prosjektet, som er et samarbeid mellom Nofima og Havforskningsinstituttet, evaluerte fangstredskaper for skånsom levendefangst, råstoffkvalitet og økonomi for fisker i et fiskeri basert på fiske rundt etablerte lakseoppdrettsanlegg.</p> <p>Prosjektet konkluderer med at fisken lar seg fange med teine under anlegg, og at fangsten avhenger noe av teinestørrelse og avstanden fra anlegget som det fiskes på. Kostnadseffektiv fangst kan bare foregå innenfor fiskeforbudssonen (100 meters-grensen). Villfisken har generelt god kvalitet som følge av skånsom fangst, og den er i liten eller ingen grad påvirket av oppdrettsaktiviteten, slik at råstoffet ikke har noen begrensinger for bruk i markedet. Den kan omsettes levende eller inngå som råvare i enhver videreforedling. En aktuell fangstmodell presenteres med økonomiske parametere sammenlignet med annen drift.</p>		

# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn</b> .....	<b>1</b>
1.1	Målsettinger med prosjektet.....	4
<b>2</b>	<b>Resultater delaktiviteter</b> .....	<b>5</b>
2.1	Prosjektadministrasjon.....	5
2.2	Statusbeskrivelse og valg av fangstmetode.....	6
2.3	Potensialet i fangst av villfisk ved oppdrettsanlegg; tilgjengelighet og skånsom fangst.....	8
2.3.1	Materiale og metode.....	8
2.3.2	Resultater.....	9
2.3.3	Diskusjon og konklusjon status og potensiale skånsom fangst.....	9
2.4	Produktkvalitet og mellomlagring.....	10
2.4.1	Gjennomføring av uttak fisk.....	11
2.4.2	Oversikt over uttakene.....	11
2.4.3	Biologi- og kvalitetsanalyser ved prøveuttak.....	12
2.4.4	Statistiske metoder.....	15
2.4.5	Resultat og diskusjon.....	15
2.5	Økonomiske muligheter som ligger i fangstkonseptet.....	10
<b>3</b>	<b>Sammenfattende diskusjon - konklusjon</b> .....	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>36</b>

# 1 Bakgrunn

Den merdbaserte produksjonen av laksefisk i sjø økte fra 220 tusen tonn i 1994 til 982 tusen tonn i 2010, og det er grunn til å forvente at denne produksjonen øker ytterligere i årene fremover. I forhold til biomassen som produseres legger næringen beslag på relativt beskjedne arealer. Disse områdene er imidlertid kystnære og vil dermed kunne komme i konflikt med annen bruk, spesielt i områder med kommersielt fiske. Det råder ulike oppfatninger, også blant fiskere, rundt effektene av oppdrettsanlegg i fjordene; der noen hevder at mengden villfisk er redusert som følge av etableringen, hevder andre at oppdrettsanleggene trekker til seg fisk (Maurstad m. fl. 2007). Flere studier viser at fisk tenderer til å samles rundt oppdrettsanlegg (Dempster m. fl. 2002, 2009; Anon 2009). Oppdrettsanlegg tiltrekker seg fisk enten fordi disse fungerer som kunstige rev, fisken finner byttedyr der eller de spiser fôr og organisk utslipp fra anlegget. Det er vist at både torsk og sei kan være svært knyttet til oppdrettsstrukturene (Dempster m. fl. 2009) med opp til 20 ganger mer fisk ved anleggene enn 200 meter unna når det føres på dagtid. Det er også klart at oppholdstid, vandring og diett varierer mellom ulike arter. Eksempelvis er sei funnet å vandre mellom anleggene på natten (Uglem m.fl. 2009) og blir ofte fisket på med garn nattestid. Torsk er mer bundet til enkelt anlegg men ikke så konsentrert under selve anlegget som sei. Dempster m. fl. (2009) forklarte dette ved at torsk kan være mindre avhengig av pellets ved anleggene enn sei er (75 % av diett til sei besto av pellets, mot 30 % hos torsk). Selv om lukt fra pellets kan være årsaken til at torsk tiltrekkes anleggene kan det godt tenkes at torsk beiter på andre byttedyr som er tilgjengelig i økt mengde i tilknytning til oppdrettsanlegg. Tilførsel av organisk materiale fra lakseoppdrett kan føre til en markant økning i bunndyrsamfunn, og både antall arter og individ kan øke med opp til 60 ganger nær anlegg (Otterå m. fl. 2007). Dette vil igjen føre til økt fødetilbud høyere opp i næringskjeden inkludert fisk. Andre studier gjennomført ved Havforskningsinstituttet viser klare effekter på bunndyrsamfunn også i noe avstand fra oppdrettsanlegg. Ved et anlegg i Uggdalsfjorden, var områder opp i en kilometer fra anlegget påvirket, med økt biomasse i nærsone og et større mangfold i overgangssone (Kutti & Olsen 2007). Produksjonen av bunndyr viste her en tydelig sammenheng med årlig sedimentasjon fra anlegget, og et fjordsystem som egentlig er lavproduktivt ble ekstremt produktivt etter oppdrettsetableringen med stabile endringer over tid. Dette viser at oppdrettsaktivitet kan ha effekter også via organisk utslipp, ved økt artsmangfold og biomasseproduksjon i områdene. Dette representerer så en økt mattilgang for fisken i områdene som kan bedre vilkår for vekst av ville fiskepopulasjoner. Det er imidlertid verdt å merke seg at det også er forskjeller i aggregeringsbildet mellom anleggene gitt av spesifikke forhold omkring tilgjengelig fiskekonsentrasjoner, habitat og anleggs karakteristika (strøm, dyp, forspill, lys m.m.) (Dempster m. fl. 2009).

Fisken nær anlegg er i stor grad utilgjengelig for fiskere med tradisjonelle redskaper og lokalitetens beskaffenhet med hensyn til nøter, tauverk og forankringer legger sterke begrensninger på bruk av aktive redskaper. Det er i dag ikke anledning til å fiske innenfor en sikkerhetssone på 100 meter inntil anleggene. En ny undersøkelse tyder på at denne sikkerhetssonen beskytter det meste av torsk og sei som aggregeres rundt anlegget mot fiske på dagtid (Dempster m. fl. 2010). Hvorvidt dette reduserer mulighetene for fangst av denne fisken er uklart, og vil avhenge av fordeling og vandring til andre tider på døgnet. I tilfeller hvor båter har hatt anledning til å fiske nær anlegg finnes det eksempel på at

kystflåtefartøy har tatt hele torskekvoten sin der (Maurstad m. fl. 2007). Totalt sett tyder tilgjengelig informasjon fra studier og fra fiskerhold at 100 meters-sonen rundt anleggene er et effektivt hinder for å kunne fiske på aggregerte bestander. For å kunne utnytte disse konsentrasjonene må det derfor utvikles metoder og redskaper som kan benyttes innenfor forbudssonen. Tilpasning av eksisterende eller utvikling av ny teknologi og metoder for fangst av fisk under og like ved anleggene vil kunne være et viktig steg i retning av å harmonisere forholdet mellom fiskeri og havbruk. Dette vil gi lokale fiskere tilgang til fisk rundt anleggene uten at de kommer i konflikt med oppdrettsanleggenes produksjon eller på noen måte er til skade eller hinder for oppdretter.

Flere av konfliktområdene mellom kystfiskere og oppdrettere er i dag også relatert til kvalitet på fisk som beiter ved oppdrettsanlegg og omsetningsproblemer som følge av dette. Fiskemottak i Ryfylke stoppet kjøp av sei i 2008 grunnet kvalitetsavvik; "den var misfarget og feit, fiskekjøttet dårlig sammenbundet og konsistensen som deig". Det ble sagt at dette var fisk som beitet på pellets og lakseavføring fra oppdrettsanlegg. Effekter på kvalitet ble langt på veg bekreftet av studier gjennomført av Nofima, hvor det ble påvist at sei fanget i nærheten av oppdrettsanlegg hadde avvikende kvalitet sammenlignet med villfisk (Anon 2009). Blant annet var fisken kjennetegnet av dårlig filetkvalitet, stor lever, høy kondisjonsfaktor, og hadde også en avvikende fettsyreprofil. Denne fisken hadde også avvikende smak og negativt påvirket tekstur sammenlignet med sei fanget i områder uten oppdrettsaktivitet. Dette likner på utfordringene man har ved fiske etter torsk på næringsvandring (loddetorsk). Videre viste studiet at disse endringene var relatert til avstand fra anlegg (Anon 2009). Det ble ikke beskrevet funn av lakseavføring i magesekken hos seien i dette studiet, men mer enn 60 % av dietten bestod av laksefôr (pellets). Fra andre studier gjennomført ved Havforskningsinstituttet er det vist at sei rundt oppdrettsanlegg spiser spillfôr, men heller ikke der fant de klare indikasjoner på at fisken spiste avføring fra laksen (Otterå m. fl. 2007).

Mellomlagring og bruk av fangstbasert akvakulturteknikker for å oppnå ønsket kvalitet og pris kan løse noe av utfordringene rundt kvalitet. Bruk av denne fisken i mellomlagring, og med den hensikt å føre den opp, vil imidlertid stille flere krav til skånsom fangst, håndtering, sortering og lokalisering av lagringsinnretninger i forhold til lakseoppdrettet. Deler av fangsten kan egne seg for direkte produksjon, mens man i andre tilfeller vil være avhengig av mellomlagring. Behov for mellomlagring synes å være størst i forhold til fangst av sei. Per i dag er det i FHF to prosjekter knyttet til andre deler av "seiproblematikken", hhv "Ryfylkeprosjektet" ledet av Fiskeridirektoratet sør og det nylig oppstartede "Akustisk overvåking av sei i Ryfylkebassenget" ledet av Havforskningsinstituttet.

Mellomlagring av levende fisk kan foregå over kort tid, eksempelvis ett døgn etter fangst, eller flere uker. Korttidslagring gir fisken tid til å erstatte muskelglykogen forbrukt under fangst, og man oppnår dermed en gunstig kvalitetsutvikling i den påfølgende produksjonen, som blant annet åpner for pre-rigor filetering. Fisken kan også lagres til mage-tarmsystemet er tømt, en åpenbar fordel i den videre prosesseringen av fisken. I andre tilfeller er det behov for større endringer på fiskens kvalitet, eksempelvis reduksjon av fettinnhold eller bedring av muskelkvalitet, og i slike tilfeller er man avhengig av lengre tids lagring. Tidligere levendelagringsforsøk på torsk viser at endringene i fiskens kvalitet tar lang tid (Akse & Midling 1997).

Prosjektet er forankret i FHF's faggruppe for kystsoneforskning og "Handlingsplan for Fiskeriteknologi". Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) ønsker å etablere et større FoU-prosjekt om fangst og mellomlagring av villfisk ved oppdrettsanlegg. På overordnet nivå, basert på drøftinger i FHF's faggruppe for kystsoneforskning, er målsettingen å bidra til at konflikter og diskusjon om forhold knyttet til villfisk rundt oppdrettsanlegg endres til en "vinn-vinn"-situasjon der både oppdrettere, fangstnæring og gjerne lokale fiskemottak kan ha positiv gevinst av denne fisken.

Nofima ledet arbeidet rettet mot fangstbasert akvakultur, hvor de har drevet forskning innen området i mer enn 20 år. Mange av aktivitetene har blitt gjennomført i samarbeid med Havforskningsinstituttet. Den delen av prosjektet som involverer disipliner som redskapsteknologi, studier av fiskeatferd og elektronisk instrumentering, ble utført ved Faggruppe Fangst ved HI. Denne avdelingen har lang erfaring med utvikling av ressurs- og miljøvennlige redskaper og instrumenter for norsk fiskerinæring, et arbeidsfelt nedfelt både i instituttets vedtekter så vel som prioriteringer innen løpende forskningsprogrammer og tildelingsbrev fra FKD.

Arbeidet ble gjennomført i perioden medio oktober 2010 til januar 2012, og er delt inn i flere deler eller aktiviteter. Beskrivelsen i det følgende, samt rapportering av resultater, følger denne inndelingen:

- 1 Prosjektadministrasjon
2. Statusbeskrivelse og valg av fangstmetode
3. Potensialet i fangst av villfisk ved oppdrettsanlegg; tilgjengelighet og skånsom fangst
4. Produktkvalitet og mellomlagring
5. Økonomiske muligheter som ligger i fangstkonseptet

De ulike delene rapporteres som separate delaktiviteter. Disse er basert på ulike metodiske tilnærminger og denne inndelingen antas å gi den beste lesbarheten av dokumentet. Lesere som har spesiell interesse for delaktiviteter vil også finne all relevant informasjon om de ulike aktivitetene innen hver seksjon i rapporten. Avslutningsvis er det en samlet diskusjon av resultatene som er oppnådd i prosjektet.

## 1.1 Målsettinger med prosjektet

Dette prosjektet skal beskrive kvantitative og kvalitative egenskaper ved fisk fra områder med fiskeoppdrett. Om denne fisken lar seg fange levende ved bruk av skånsomme metoder i kommersielt interessante mengder, hvilke arter det er og hvilken kvalitet den har ved ulike sesonger. Fiskens kvalitet og mulige bruksområder skal evalueres. I tilfeller der kvaliteten ikke er forenelig med direkte bruk i produksjon skal denne søkes endret gjennom kvalitetsforbedrende mellomagring; kort tid (24 timer) til lang tids mellomagring (flere uker) avhengig av hvilke kvalitative avvik som registreres. Slike tiltak skal detaljeres i en fase 2 av dette prosjektet.

### Delmål

1. Undersøke om det eksisterer alternativer til teine for levendefangst av sei og torsk rundt oppdrettsanlegg.
2. Undersøke sesongmessige variasjoner i tilgjengelighet og fangst av torsk og sei rundt oppdrettsanlegg.
3. Undersøke variasjoner i fangst av sei rundt to oppdrettslokaliteter.
4. Basert på praktiske feltforsøk, vurdere om to eksisterende teinekonsept (storteine og tokammerteine) har potensial for effektiv, selektiv og sikker (skånsom) fangst av torsk og sei innenfor sikkerhetssonen rundt oppdrettsanlegg.
5. Vurdere om andre fangstmetoder (f. eks. glip, not, garn) kan ha potensial for levendefangst rundt oppdrettsanlegg, og disse skal inkluderes i de praktiske feltforsøkene.
6. Dokumentere eventuelle geografiske, sesongmessige og artsmessige forskjeller i råstoffkvalitet hos fisk fanget i nærhet til lakseoppdrett.
7. Evaluere råstoffets mulige bruksområder ved fangsttidspunkt.
8. Evaluere behov for mellomagring som kvalitetsfremmende tiltak.
9. Gjennomføre økonomiske analyser og fremskrivninger til kommersiell drift.



## **2 Resultater delaktiviteter**

### **2.1 Prosjektadministrasjon**

Prosjektet ledes og administreres fra Nofima. Hver aktivitet har sin egen aktivitetsansvarlig med fastsatt budsjett. Siden prosjektgruppen er av begrenset størrelse, har all koordinering mellom aktiviteter foregått direkte mellom aktivitetsledere, mens prosjektleder har blitt orientert fortløpende.

Gjennomføringen har i hovedsak gått i henhold til prosjektbeskrivelsen. Prosjektet har hatt utfordringer med regulariteten i fangst rundt oppdrettsanlegg gjennom året og datagrunnlaget er i perioder mangelfullt. Dette fisket var finansiert ved bruk av Nofimas forskningskvote, og var dermed selvfinansierende basert på fangst. Grunnet plassering av fiskeredskap inne i oppdrettsanlegg, var det nærliggende å benytte ansatte ved anlegget til slikt fiske, hvor det også fantes betydelig kompetanse og interesse både for teknologi og fiske. Fisket var ment å foregå gjennom et helt år med regelmessig røkting av teiner. Dette viste seg imidlertid vanskelig av kapasitetsmessige forhold. Prosjektleder ser at betydningen av slik regularitet i fisket ikke har vært kommunisert tydelig nok og at kvalitetssikring av nødvendig tilgjengelig kapasitet kunne vært bedre. Prosjektleder har rapportert kvartalsvis til FHF i henhold til FHF sin egen rapportmal.

Prosjektet hadde egen styringsgruppe bestående av representanter for industri, forvaltning og FHF. Styringsgruppen var begrenset til 4 personer: Jan Henrik Sandberg, Ole Vegard Mosseng, Onar Gudmundsen og Kurt Karlsen. I tillegg har prosjektet hatt en egen prosjektkoordinator fra FHF; Kristian Prytz. I prosjektperioden endret Jan Henrik Sandberg arbeidsgiver, og ble fra høsten 2011 erstattet av Eirik Sigstadstø som representant for FHF.

Den kanskje viktigste rollen til styringsgruppen var å sikre næringsrelevans i prosjektets aktiviteter, noe prosjektet lyktes med. Imidlertid vil det alltid være slik at kompetansen i slike styringsgrupper kan og bør utnyttes bedre, så også her. Selv med styringsgruppens begrensede medlemstall viste det seg vanskelig å samle alle til de to planlagte møtene. Dette bør avhjelpes i fremtidige prosjekter ved at det settes av midler til frikjøp av styringsgruppemedlemmer i prosjektbudsjettet, slik at man kan tilby å kompensere tapt arbeidsinntekt i tillegg til reise og opphold.

Prosjektgruppen har gjennomført 2 felles møter med styringsgruppen hvor resultater har vært presentert og diskutert; januar 2010 i Tromsø og september 2011 i Bergen.

#### **Presentasjoner av prosjektet og prosjektresultater**

Prosjektet er presentert ved tre ulike anledninger; møte i Ryfylkeprosjektet på Hjelmeland, Kystsonekonferanse i Svolvær og fiskerikonferanse i Karlstad. I tillegg er det omtalt i FBA møtesammenheng ved flere anledninger, blant annet New Zealand, Island, Gøteborg og Bodø. Prosjektet skal også presenteres på Nordnorsk Havbrukslags møte i Svolvær 23. og 24. mai. Prosjektet er dermed bredt presentert i relevante fora. En mastergradsstudent tilknyttet Universitetet i Klaipėda, Litauen, gjennomførte sin gradsoppgave i tilknytning til prosjektet, ved at den praktiske datainnsamlingen ble gjennomført i forbindelse med teinefangsten i Lofoten høsten 2010.

## 2.2 Statusbeskrivelse og valg av fangstmetode

Det har lenge vært foreslått at fiskeansamlinger under og rundt oppdrettsanlegg bør kunne utnyttes til kosteffektiv fangst av villfisk (Bjordal and Johnstone 1993). Det har i det siste vært utført prosjekter hvor delmål har vært sammenfallende med prosjektet som beskrives her. I disse prosjektene har man identifisert lovende metoder, men ikke helt lyktes med å fangste (gjelder primært sei) i tilstrekkelige mengder med god overlevelse. I dette prosjektet vil en bygge videre på disse erfaringene og ikke minst bruke informasjon om sesongvariasjon i vandring og oppholdsdyp for en mer målrettet og effektiv fangst.

For prøvetaking av sei har det vært brukt fiskestang, sluk (Uglem m.fl., 2009) og line (Dempster m.fl. 2009). Felles for disse redskapene er at de ikke fanger store nok mengder fisk med tanke på kommersiell utnyttelse, samt at hekting i anlegg og nøter utgjør fare for riving og rømming. Glip er en annen metode for fangst av sei som har vært brukt i forbindelse med merkeforsøk. Bjordal & Skar (1992) fanget sei ved å senke ned to hjørner av en 12 x 12 meter oppdrettsmerd, lokket fisken med pellets inni merden for så å heve hjørnene igjen. Med denne metoden fanget de mer enn 600 sei i en glip-operasjon og totalt ca. 3600 sei fra 13 glip-operasjoner. Strandnot er også utprøvd som metode for fangst av sei i Skottland (Carss 1990). Noten ble da satt ut på landgang ved anlegget for så å bli halt mot land ved hjelp av en båt. De fanget da ca. 1000 sei fra 15 hal. I 2008 ble det utprøvd en annen metode for fangst av sei i Ryfylke fra juni til oktober. En modifisert teine ble montert i bunnen av en 40 meter polarsirkel kombinert med pellets som attraktant (Anon 2009). I denne perioden ble det ikke fanget sei selv med høy innsats for å få dette til. Årsaken var at de få registreringene av sei som var i området, viste at fisken stod på dypt vann. Det er verdt å merke seg at forsøkene tidlig på nittitallet ble gjort ved anlegg med grunne nøter som stod på grunt vann. De fleste av anleggene i Ryfylkefjorden har dybder under anleggene på mer enn 100 meter og med nøter som er opp imot 50 meter dype. Forutsetning for fangst av sei med de tre overnevnte redskapene er at fisken må stå pelagisk nær overflaten, noe forsøkene i Ryfylke i 2008 viste at den ikke alltid gjør. Metoden med gliping og modifiserte nøter har imidlertid potensial andre steder hvor det går sei helt i overflaten.

I april 2011 ble notfartøyet Nøstbakk innleid av Fiskeridirektoratet i "Ryfylkeprosjektet". (Onar Gudmundsson kom sjøl, se link til prosjekt i referanser). Med seg hadde de en pensjonert fisker som pekte ut tidligere tradisjonelle fiskefelt (seiskaller og grunner) som så ble undersøkt med akustikk (sonar) uten at det ble funnet sei i stor monn. Videre undersøkte de 15 anlegg i Ryfylke og fant til dels store konsentrasjoner av sei, hestemakrell og makrell under 14 av disse på dyp fra 50 meter og nedover. Prøver ble foretatt med håndsnøre som bekreftet artsidentifisering fra akustikken. Seien var imidlertid ikke tilgjengelig for not både på grunn av plassering under anlegg og dyp. I ett forsøk på å gjøre seien tilgjengelig la fartøyet seg derfor tett inntil ett anlegg og satte på lys samtidig som lys på anlegget ble slått av. Ved å sakte bevege seg ut fra anlegget klarte man å "dra" med seg stimen bort fra anlegget. Not ble så satt grunt (for å unngå flotasjonsproblemer se avsnitt senere) og man klarte på denne måten å fange en liten del av den minste fisken som gikk grunnest. Fisken ble så halt i noten inntil ett oppdrettsanlegg, hvor den ble overført til merd. Ett tusen sei ble deretter merket med gule ryggmerker og de første 30 fikk i tillegg akustiske merker innsydd i buken. Det ble satt ut 15 lyttebøyer på ulike steder. Disse bøyene vil registrere seiens vandring i Ryfylkebassenget i et eget tilstøtende prosjekt (Akustisk kartlegging av sei i Ryfylkebassenget se link

referanser). Metoder for fangst av sei til merkeforsøk eller levende lagring fra større dyp mangler fortsatt. Det finnes derfor ingen god metode for levendefangst av sei nær omsettelig størrelse, som er den seien som ofte betegnes som problemråstoff fanget med garn.

Fangst av torsk til akvakulturformål har lange tradisjoner i Norge. Volummessig blir det meste av dagens fangst (1500 tonn i 2008, 1200 tonn i 2009) tatt med snurrevad, men snurrevad vil ikke egne seg for fangst rundt oppdrettsanlegg. Av de passive redskapene er det trolig kun teine som vil egne seg. De siste 20 årene har det vært en utvikling av torsketeiner i Norge (Furevik & Skeide 2003; Furevik m.fl. 2008). Disse teinene blir vanligvis satt på lenke og er relativt små (bredde 1 m, lengde 1,5 m, høyde 1,2 m). Nofima har tidligere gjort forsøk med store teiner (2 x 2 x 2 meter) i forbindelse med utvikling av fiskeri rundt oppdrettsanlegg i fjorder med intensiv oppdrettsvirksomhet. Resultatene der var 300-500 kg torsk og 20-50 kg sei etter 30 dager prøvefiske (Anon 2009). I forsøk hvor dette har vært spesifikt testet er det også indikasjoner på at større teiner er mer effektive enn mindre teiner (Walsh m. fl. 2006). Den kanskje mest lovende metoden for fangst av torsk under anleggene er en nyutviklet storsteine. Prototype av teinen er laget av strekkmotall, not og aluminium og settes enkeltvis helt inn til anleggene uten annen oppankring enn sin egen vekt. Teinen er på ca. 30 kubikk og er rigid. Teinen er utviklet av en lokal fisker/oppdretter i Lofoten (Ole Vegar Mosseng, Lofoten Seafood Export) og har tidvis fanget kvantum opp mot ett tonn, mens fangster på rundt 200 kg av hovedsakelig torsk og sei er det normale. Det at teinen beviselig også kan fange store kvanta sei på sommertid i Lofoten gjør at den bør prøves ut i andre områder der sei er mållart.



*Figur 1 Storteine er et av de mest lovende fiskeredskapene for levendefangst og mellomlagring rundt/under oppdrettsanlegg. Teinen er spesialdesignet for dette formålet og har i fiske i tilknytning til anlegg tidvis gitt store fangster (flere hundre kg) av torsk og sei.*

Utprøving av storsteine som fangstredskap til levendelagring av villfanget torsk, både ved oppdrettsanlegg og i områder upåvirket av oppdrett, er en retning som så langt ikke har vært forsøkt i større skala, men som trolig vil bli aktuelt dersom fangstratene vi har indikasjoner på kan opprettholdes over tid. En av forutsetningene er imidlertid skånsom fangst. Torsk og sei har en lukket svømmeblære, noe som setter begrensninger for hvor raskt fisken kan svømme opp eller ned uten å komme ut av likevekt. Ekspansjon og kompresjon av gass i blære følger Boyles lov slik at en vertikalforflytning fra 10 meter til overflaten (50 % fra 2 til 1 bar) fører til en ekspansjon av gassen med 100 %. Ved raske vertikalforflytninger på mer enn 50 % av likevektsdyp klarer ikke torsk å regulere sin posisjon i vannsøylen og ved 70 %

trykkreduksjon (Tytler & Blaxter 1973) punkterer blære og bukvegg slik at overskuddsgass siver ut og torsken igjen oppnår kontroll over svømmeadferd. Heling av blære (undersøkt på torsk) er imidlertid rask (Midling m.fl. 2006), og punktert svømmeblære er det normale i fangst og levendelagring med snurrevad som fangstredskap. Avhengig av fangstdyp ved oppdrettsanleggene vil en andel av fisken være overfløtet og ikke umiddelbart egnet for videre bruk i FBA. Teinens størrelse og angivelige fangsteffektivitet (flere hundre kg) gjør imidlertid at sikker dekompressjon for å la torsk kvitte seg med overskuddsgass bør prøves ut. Dette er spesielt interessant fordi nesten all torsk fanget til FBA med snurrevad har punktert blære og er utmattet av fangstmetode, mens teinefanget fisk vil ha intakt blære og trolig være mindre påvirket av fangst.

### **Målsetting**

Undersøke om det eksisterer alternativer til teine for levendefangst av sei og torsk rundt oppdrettsanlegg.

### **Aktivitet**

Utvidet gjennomgang av litteratur på området samt innhenting av ytterligere informasjon fra fiskere og oppdrettere.

Deltakelse på tokt i regi av Fiskeridirektoratet med not i oktober inneværende år

## **2.3 Potensialet i fangst av villfisk ved oppdrettsanlegg; tilgjengelighet og skånsom fangst**

### **2.3.1 Materiale og metode**

Forsøkene ble utført ved oppdrettsanlegget til Lofoten Sjøprodukter A/S i Mortsund (Lofoten) i perioden 28.10 – 5.11.2010. Anlegget har laksemerder på fire forskjellige lokaliteter der dybden varierer fra 21 til 37 m. Det ble gjort forsøk med tre ulike teinetyper. Den ene teinetyper var en standard tokammer torskeiteine (100 x 150 x 120 cm), den andre en oppskalert versjon av denne (200 x 300 x 240 cm), mens den tredje typen var ei teine (245 x 245 x 320 cm) utvikla av Ole Vegar Mosseng ved Lofoten Sjøprodukter A/S. Den sistnevnte teina hadde et rammeverk av aluminiumsrør og var delt i to kammer der de nederste kammer var dekt av strekkmetall og det øverste av finmaska nett. I likhet med tokammerteina har også denne teina (heretter kalt buret) to innganger i det nederste kammeret med en inngang opp til det øvre kammeret. Teinene ble egna med pellets fylt i 1,5-l plastflasker perforert med hull. Figurer og en detaljert beskrivelse av teinene er gitt i Masteroppgaven til Kasparas Bagdonas, ved Universitetet i Klaipeda (Capture of wild fish assemblages in the vicinity of salmon farms: a comparison between three pot types. Master's thesis in Ecology and Environmental sciences. Klaipeda University, Faculty of science and mathematics, Department of ecology. (Vedlegg 2)).

Det ble utført seks sammenlignbare forsøk der en teine av hver type ble satt henholdsvis under merdene og i en avstand på ca. 100 m. Det ble i utgangspunktet valgt en ståtid på to døgn, men på grunn av dårlig vær ble to av forsøkene utført med en ståtid på fem døgn. Fangsten ble registrert og fisken lengdemålt. I tillegg ble det tatt mageprøver av torsk, som ble delt i to størrelsesgrupper for å undersøke om det var forskjell i dietten til liten og stor fisk (henholdsvis under og over 60 cm).

Det ble også utført atferdsstudier med undervannskamera. Videoopptak av fisk ved teinene ble gjort over to dager for hver teinetype. Opptakene ble gjort uten kunstig lys og starta ved grålysning om morgenen og varte til det mørknet om ettermiddagen.

Det ble også gjort forsøk med tokammerteine (0,7 x 1,3 x 1,2 m) ved Marine Harvest sine oppdrettsanlegg ved Fosså og Ringja i Ryfylke i februar 2011. Disse anleggene var lokalisert på mye større dyp, og teinene ble derfor hengt opp under merdene. Ekkolodd ble brukt for å bestemme hvor dypt under merdene ansamlingen av fisk stod. Fangstratene til teiner hengt opp under merdene (25-120 m) ble sammenlignet med teiner satt på bunnen (40-130 m) nærmere land. Det ble totalt satt 19 teiner pelagisk og 18 teiner på bunnen. Også i disse forsøkene ble det brukt pellets som agn og ståtida var ett døgn.

### **2.3.2 Resultater**

Fangstresultatene fra Lofoten er gitt i tabellene i den vedlagt Masteroppgaven. Fangstene bestod nesten utelukkende av sei (94 %) og torsk (6 %). Fangstratene var lagt høyere under merdene enn på 100-m avstand (henholdsvis 17 og 5 ganger høyere for sei og torsk). Torsken som ble fanget under merdene var signifikant større en den som ble fanget 100 m fra merdene, mens det ikke var forskjell for sei.

Den store tokammerteina fanga tre ganger så mange sei som standardteina og over dobbelt så mange torsk. Buret fanga mer fisk enn både standardteina og den store tokammerteina, men forskjellene i fangstrate var ikke signifikante for sei.

Dietten til de to lengdegruppene av torsk var ulik. En stor andel av magene til torsk under 60 cm var tomme (62 %), og pellets dominerte i de magene som hadde innhold (32 %). Sei dominerte dietten til den store torsken (47 %), som i mindre grad hadde beitet på pellets (12 %).

Videoobservasjonen viste at det var gått mye fisk inn i teinene før det var blitt tilstrekkelig lyst om morgenen til å gjøre opptak. Mest sannsynlig var mesteparten av fisken blitt fanga idet det begynte å lysne. Det var et langt høyere antall sei som ble tiltrukket teinene den første observasjonsdagen sammenlignet med den andre dagen. Gjennom den første dagen svømte de fleste seiene mot strømmen (81 %) når de nærmet seg teinene, mens det på den andre dagen var lik fordeling mellom antall sei som svømte mot og med strømmen. For torsk var det ingen nedgang i antall torsk rundt teinene den andre observasjonsdagen i forhold til den første dagen, og det var ingen klare tendenser til en bestemt svømmeretning i forhold til strømrretningen.

I Ryfylke fanga de pelagiske teinene utelukkende sei, mens det i de bunnsatte teinene også ble tatt andre arter (blåstål, steinbit, sypike, torsk, sandflyndre, taskekrabbe). Fangstratene for sei var lik for de to teinene, henholdsvis 3,0 sei per teine for pelagiske og 2,9 for bunnsatte teiner. Gjennomsnittsstørrelsen på seien var 1,2 kg (0,7-2,2 kg). De fleste seimagene (70 %) var tomme og det var lite innhold i de magene som hadde rester av mat.

### **2.3.3 Diskusjon og konklusjon status og potensiale skånsom fangst**

Forsøkene i Lofoten viste at fangstratene av både sei og torsk var langt høyere ved oppdrettsmerdene enn ved en avstand på 100 m fra merdene. Disse resultatene bekrefter

observasjoner fra tidligere studier som viser at sei er den dominerende arten rundt oppdrettsanlegg og at mengde fisk er mye større ved merdene enn på forskjellige avstander fra merdene (Carss 1990; Dempster et. al. 2010).

Våre observasjoner tyder på at seien tiltrekkes oppdrettsanlegg først og fremst på grunn av tilgangen på fôr. Dette støttes av at det var mer sei som ble tiltrukket teinene den første dagen, og at de fleste fiskene da tilnærma seg teinene motstrøms. Luktkonsentrasjonen fra agnet vil da være sterkest og observasjonene tyder derfor på at sei ble tiltrukket av lukta fra tørrfôret. Tilsvarende forskjeller mellom første og andre observasjonsdag ble ikke gjort for torsk. Videre dominerte sei i dietten hos stor torsk, og torsken som ble fanget ved merdene var større enn den som ble fanget på 100-m avstand. Dette tyder på at stor torsk samler seg rundt oppdrettsanlegg for å beite på sei. Den lille torsken tiltrekkes oppdrettsanlegg sannsynligvis i større grad av fôret enn større torsk.

Sammenligningen mellom standard og stor tokammerteine viste at den oppskalerte teina ga mye høyere fangstrater for både sei og torsk. Utformingen av de to teinene var helt lik, og dette viser derfor at størrelsen på ei teine i stor grad påvirker fangsteffektiviteten. En sannsynlig forklaring på dette kan være at færre fisker rømmer fra ei teine som har et stort volum i forhold til størrelsen på inngangen (kalven). Buret ga høyere fangstrater enn begge tokammerteinene. Utformingen av denne teinetypen skiller seg på mange måter fra tokammerteina, blant annet ved at den har større innganger, og er rigid og konstruert slik at den ikke vil bevege seg i strømmen eller av fisker som støter bort i den. Disse forholdene i kombinasjon med størrelse kan forklare at denne teinetypen fisket bedre enn tokammerteina.

Forsøkene i Ryfylke viste at ekkoloddlokalisering er en god metode for å bestemme i hvilket dyp fisken står under et oppdrettsanlegg. Teiner satt pelagisk fiska like godt som teiner satt på bunnen. Fangstratene var imidlertid for lave til å være kommersielt interessante, noe som trolig kan tilskrives liten tilgjengelighet av fisk og type teine. I november 2009 ble det i Ryfylke gjennomført sonarkartlegging av seiforekomster under oppdrettsanlegg i Ryfylkebassenget, der det ble observert stimer på flere hundre tonn under de anleggene vi gjennomførte teineforsøkene på i februar. Ekkoloddregistreringer i februar viste kun moderate mengder under de samme anleggene. Det ble også gjennomført lysfiske med not med godt resultat under novembertoktet, der Havforskningsinstituttet deltok som observatør.

Etter disse undersøkelsene kan det konkluderes med at teine kan ha et stort potensial for fangst av sei og torsk som samler seg ved oppdrettsanlegg med relativt grunne lokaliteter. Tilsvarende forsøk bør utføres på lokaliteter i andre områder som er dypere og til andre årstider. Store teiner viste seg å være langt mer effektive enn små teiner, og det anbefales å gjennomføre større forsøk med å henge opp teiner under oppdrettsmerder i perioder med mye fisk under anleggene.

## **2.4 Produktkvalitet og mellomlagring**

Det skulle fiskes året gjennom ved en lokalitet i Mortsund, Lofoten. Basert på kjente sesongbaserte kvalitetsendringer var det et ønske om å studere ulike "sesonger"; vår/etter gyting, sommer, høst, tidlig vinter og gytessesong spesielt. I tillegg ble et uttak gjennomført i Ryfylke på grunn av manglende fisk i Mortsund. Uttak av fisk i disse periodene skulle danne

grunnlag for evaluering av produktkvalitet. Dette ville gi informasjon om fiskens beskaffenhet til direkte produksjon, eller om det er nødvendig å mellomlagre fisk med hensikt å forbedre kvaliteten.

### **Målsetting**

- Dokumentere eventuelle sesongmessige og artsmessige forskjeller i råstoffkvalitet hos fisk fanget i nærhet til lakseoppdrett.
- Evaluere råstoffets mulige bruksområder ved fangsttidspunkt
- Evaluere behov for mellomlagring som kvalitetsfremmende tiltak

#### **2.4.1 Gjennomføring av uttak fisk**

##### **Fisk fanget med teine ved oppdrettsmerdene til Lofoten Sjøprodukter**

Teinen stod på bunnen ved oppdrettsanlegget. Den ble halt opp med hjelp av oppdrettsbåten til Lofoten Sjøprodukter. Torsken og seien ble ved uttak tatt levende fra teinen. Fisken ble merket og bløgget ved normalt strupekutt. Umiddelbart etterpå ble fisken lagt til utbløding i sjøvann minimum 20 minutter.

Etter slakting og utbløding ble fisken sløyd og biologiske parametere ble registrert. Fisken ble lagt på is i kasser og transportert til kjølerom i Tromsø.

##### **Fisk fanget langt fra oppdrettsanlegg**

Fisk fanget med snurrevad, eller annet fangstredskap langt fra oppdrettsanlegg, ble benyttet som kontrollgruppe. Når fisk fra teinen ble tatt ut ble det prøvd å skaffe fisk fra båter i samme region. Dette var ikke gjennomførbart for alle uttak og fisk langt fra anlegg ble hentet fra yttersiden av Troms. Når en skal hente fisk fra kommersielt fiske er det vanskeligere å ha kontroll på råstoffet. Dette medførte at vi ikke fikk registrert alle ønskelig data på fisken, men måtte ta råstoffet slik det var.

#### **2.4.2 Oversikt over uttakene**

##### **Første uttak 18-24. november 2010: Lofoten**

Sei og torsk ble slaktet/fisket den 18. november. 10 stk. torsk og sei nært oppdrettsanlegg (teine) og 10 stk. torsk og sei langt fra oppdrettsanlegg (snurrevad) ble benyttet til analyser den 23. og 24. november.

##### **Andre uttak 13-17. februar 2011: Ryfylke**

Sei ble slaktet/fisket den 13. februar. 15 stk. sei nært oppdrettsanlegg (jukse) og 15 stk. sei et stykke fra oppdrettsanlegg (garn) ble benyttet til analyser den 17. februar.

##### **Tredje uttak 10-13. april 2011: Lofoten**

10 stk. torsk ble slaktet/fisket den 10. april nært oppdrettsanlegg/(teine) og 11. april langt fra oppdrettsanlegg/(garn). Torsk ble benyttet til analyser den 13. april.

#### **Fjerde uttak 23-29. juni 2011: Lofoten**

10 stk. sei og torsk ble slaktet/fisket den 23. juni langt fra oppdrettsanlegg/(garn). 10 stk. torsk og sei slaktet/fisket den 26. juni nært oppdrettsanlegg(teine). Ble benyttet til analyser den 29. juni.

#### **Femte uttak 23-28. september 2011: Lofoten**

10 stk. Sei og torsk slaktet/fisket den 23. september langt fra oppdrettsanlegg(garn). 10 stk. torsk og sei ble slaktet/fisket den 24. september nært oppdrettsanlegg/(teine). Disse ble benyttet til analyser den 28. september.

#### **2.4.3 Biologi- og kvalitetsanalyser ved prøveuttak**

Ved hvert uttak av fisk var det ønskelig å registreres biologiske data på fisk i henhold til "Instruks for prøvetaking av fiskedata" (Fiskeriteknologisk forskningsinstitutt, 1990). Dette viste seg å være vanskelig, og da spesielt med fisken som ble fanget med kommersielle redskaper/(langt fra oppdrettsanlegg). Grunnen var at vi ved uttak hadde problemer med å få tak i fisk som var fra samme region som den fanget nært oppdrettsanlegg. For å ha en kontrollgruppe, fra fiskerivirksomhet måtte fisken hentes fra kommersielt fiske nært Tromsø. Begge artene av fisk/(sei og torsk) var ikke tilgjengelig ved alle uttakene.

Fiskens lengde, rund vekt, sløyd vekt, kjønn, gonadevekt, levervekt og vekt av full og tom mage/tarm ble registrert. Innhold i mage ble også registrert.

Parasitter på skinn og i muskel (svartprikksyke og kveis) ble undersøkt. Svartprikksyke forårsaket av svartprikksykeparasitten (*Cryptocotyle lingua*), ble vurdert på skinn og nematoder/kveis(*Anisakis* eller *Pseudoterranova*) ble vurdert ved å telle eller anslå antall i muskelen.

Før og etter sløyning blir fisken lengdemålt og veid. Fultons K-faktor beregnes for rund og sløyd fisk etter følgende formel:

$$\text{Kondisjonsfaktor} = \frac{\text{Vekt (u)sløyd (g)} * 100}{\text{Lengde/(cm)}^3}$$

Leverindeks beskriver i prosent hvor stor andel av fiskens totale vekt som utgjøres av vekten av lever:  $\text{Leverindeks} = (\text{organvekt} / \text{rundvekt}) * 100$ .

Muskel-pH ble målt ved enkelte prøveuttak direkte i muskelen med et pH-meter (WTW, pH 330). Målingene i muskel ble gjort mellom de to fremste ryggfinnerne, et stykke nedover mot sidelinjen. Skinnen ble snittet med skalpell, slik at glasselektroden kunne stikkes inn i fiskekjøttet.



## Sensorisk analyse av rå prøver (Filetindeks)

For å dokumentere eventuelle forskjeller i produktkvalitet mellom fisk fanget nært og langt fra oppdrettsanlegg ble produktene evaluert sensorisk etter en standard poengskala utviklet ved Fiskeriforskning (Akse m. fl. 2006) for vurdering av rå filetprøver (Tabell 1). Parameterne som inngår i Filetindeksen er: Lukt, farge, konsistens, overflatestruktur og spalting. Kriteriene lukt, farge, spalting og konsistens er gradert i en firedelt skala; fra 0 (best) til 3 (dårligst). Skalaen for overflate er tredelt fra 0 (best) og 2 (dårligst). Samlet indeksverdi er summen av snittkarakterene for de fem karakterene for de fem kriteriene, best score er 0 og dårligste er 14. Vurderingen ble utført av 3 trente dommere.

Tabell 1    *Parametere som inngår bestemmelse av filétindeks.*

Parameter	Poengskala og beskrivelse
Lukt	0: Frisk lukt av sjø, blodfersk 1: Nøytral 2: Fiskelukt 3: Ammoniakk, sur
Spalting	0: Ingen spalting 1: Begynnende spalting 2: Noe spalting, løs filet 3: Mye spalting, usammenhengende filet
Farge	0: Fileten har naturlig (fersk) farge 1: Fileten har en melkehvit farge 2: Fileten har en gråaktig eller rødlig farge 3: Flekket, misfarget gul, gjennomsvikt
Konsistens	0: Fast, naturlig konsistens 1: Filetene er litt bløt 2: Fileten er bløt 3: Fileten er meget bløt
Overflate	0: Tørr, blank overflate 1: Har partier der overflaten er oppløst 2: Overflaten er meget oppløst

## Sensorisk analyse av kokte prøver /Beskrivende analyse

En beskrivende analyse ble gjennomført hvor 14 og 17 (henholdsvis uttak 3 og 4) sensoriske egenskaper (lukt, utseende, farge, smak og tekstur) ble analysert (Vedlegg 1). Et trent sensorisk panel bestående av 6 og 11 personer analyserte prøvene og bedømte hver egenskap på en skala fra 1 til 9, hvor 1 er ingen intensitet og 9 er tydelig intensitet.

### **Første uttak 24. november 2010**

Det sensoriske panelet ble kalibrert i et førforsøk med kalibreringsprøver fra torsk og sei. I kalibreringen av det sensoriske panelet ble prøvetorsk nært (teine) og torsk langt fra oppdrettsanlegg (snurrevad) benyttet. Deretter ble første uttak gjennomført, hvor hver dommer fikk 8 prøver (2 metoder x 4 fileter) av torsk og 8 prøver (2 metoder x 4 fileter) av sei til bedømmelse, totalt 16 prøver hver.

### **Andre uttak 13. april 2011**

Det sensoriske panelet ble kalibrert i et førforsøk med kalibreringsprøver fra frossen torsk. Deretter ble andre uttak gjennomført hvor hver dommer fikk 10 prøver (2 metoder x 5 fileter) av torsk.

### **Tredje uttak 29. juni 2011**

Det sensoriske panelet ble kalibrert i et førforsøk med kalibreringsprøver fra både torsk og sei. I kalibreringen av det sensoriske panelet ble prøvetorsk nært anlegg/(teine) og sei fanget langt fra anlegg benyttet. Deretter ble tredje uttak gjennomført hvor hver dommer fikk 10 prøver (2 metoder x 5 fileter) av torsk og 10 prøver (2 metoder x 5 fileter) av sei til bedømmelse, totalt 20 prøver hver.

### **Fjerde uttak 28. september 2011**

Det sensoriske panelet ble kalibrert i et førforsøk med kalibreringsprøver fra torsk og sei. I kalibreringen av det sensoriske panelet ble prøvetorsk fanget nært (teine) og sei fanget langt fra anlegg benyttet. Deretter ble fjerde uttak gjennomført hvor hver dommer fikk 10 prøver (2 metoder x 5 fileter) av torsk og 10 prøver (2 metoder x 5 fileter) av sei til bedømmelse, totalt 20 prøver hver.

### **Prøvemateriale og tilberedning av prøvene/servering**

- Første uttak: 4 fileter, 6 dager lagret på is fra hver gruppe og fiskeart.
- Andre uttak: 5 fileter, 2 (fanget lang fra anlegg) og 3 (fanget nært anlegg) dager lagret på is fra hver metode og torsk.
- Tredje uttak: 5 fileter, 3 (fanget nært anlegg) og 6 (fanget langt fra anlegg) dager lagret på is fra hver metode og fiskeart.
- Fjerde uttak: 5 fileter, 4 (fanget nært anlegg) og 6 (fanget langt fra anlegg) dager lagret på is fra hver metode og fiskeart.

Loinsen fra alle fileter ble benyttet, hode til hale avhengig av størrelse. Skinn og beinfrie biter, med en størrelse av 2-3 cm, ble pakket inn i aluminiumsfolie, og i uttak 3 og 4 ble bitene pakket inn i pose og vakuumert. På analysedagen ble prøvene varmet opp med damp fra kokende vann i en kjele, men for uttak 3 ble prøvene varmet opp med damp i en kombidamper. Prøvene ble videre servert dommerne i en randomisert rekkefølge.

#### 2.4.4 Statistiske metoder

De sensoriske resultatene ble analysert ved hjelp av variansanalyse (ANOVA).

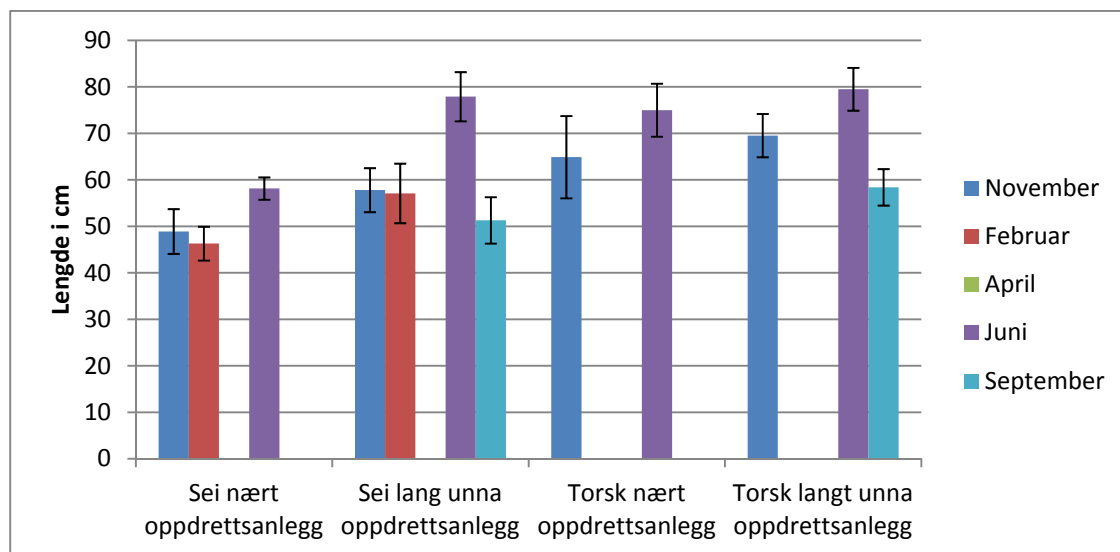
ANOVA tester om det er signifikante forskjeller mellom metodene for hver av de sensoriske egenskapene. I det etterfølgende betyr signifikant forskjell at det er signifikant forskjell på 5 % nivå (p-verdi 0,05).

For å finne ut hvilke grupper som er forskjellige fra hverandre for de egenskapene der ANOVA finner signifikante forskjeller benyttes metoden Tukey's test for multiple sammenligninger.

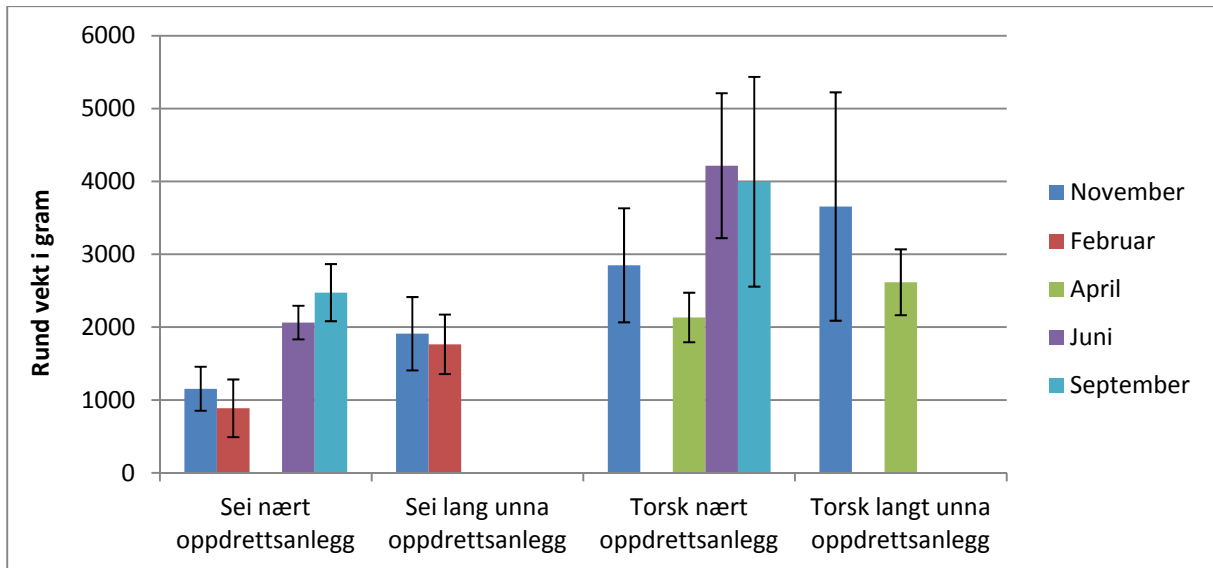
Resultatene er oppsummert ved hjelp av middelverditabeller og radardiagrammer.

#### 2.4.5 Resultat og diskusjon

Lengden, både for sei og torsk varierer ved de ulike uttakene (figur 2). Torsken som ble fanget nært oppdrettsanlegget er større en sei tatt nært oppdrettsanlegg, noe som er naturlig når vi vet at torsken beiter/spiser seien om det er mulig. Seien som ble benyttet til forsøk hadde en gjennomsnittslengde over minstemålet på 32 cm. Når det ble fanget sei under minstemålet ble denne sluppet ut.

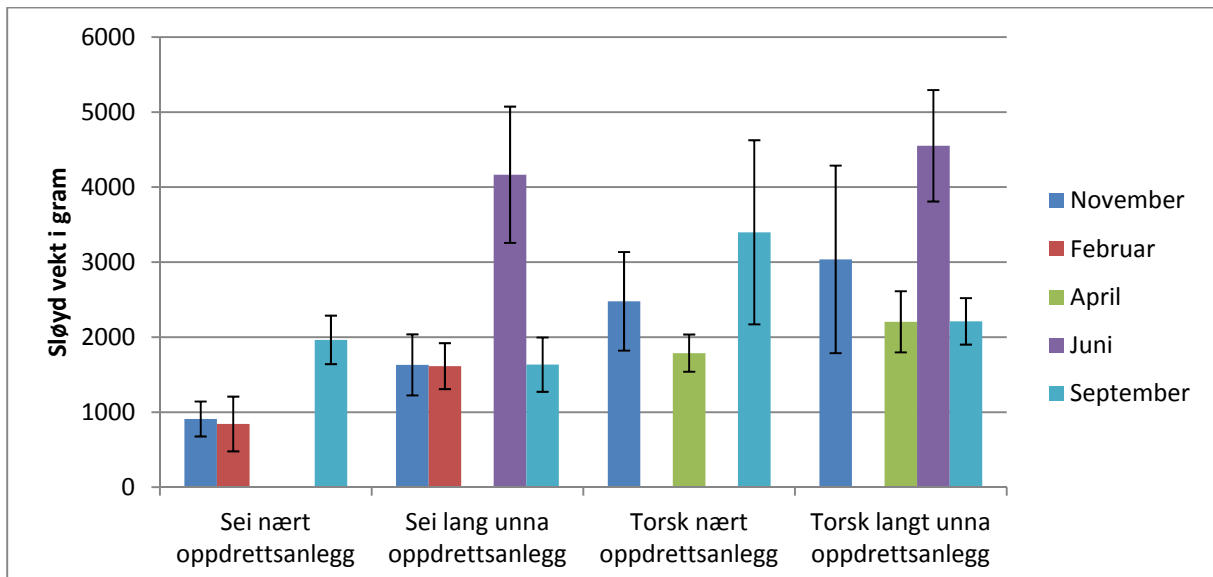


Figur 2 Lengde hos sei og torsk nært og langt unna oppdrettsanlegg ved de ulike uttakene.



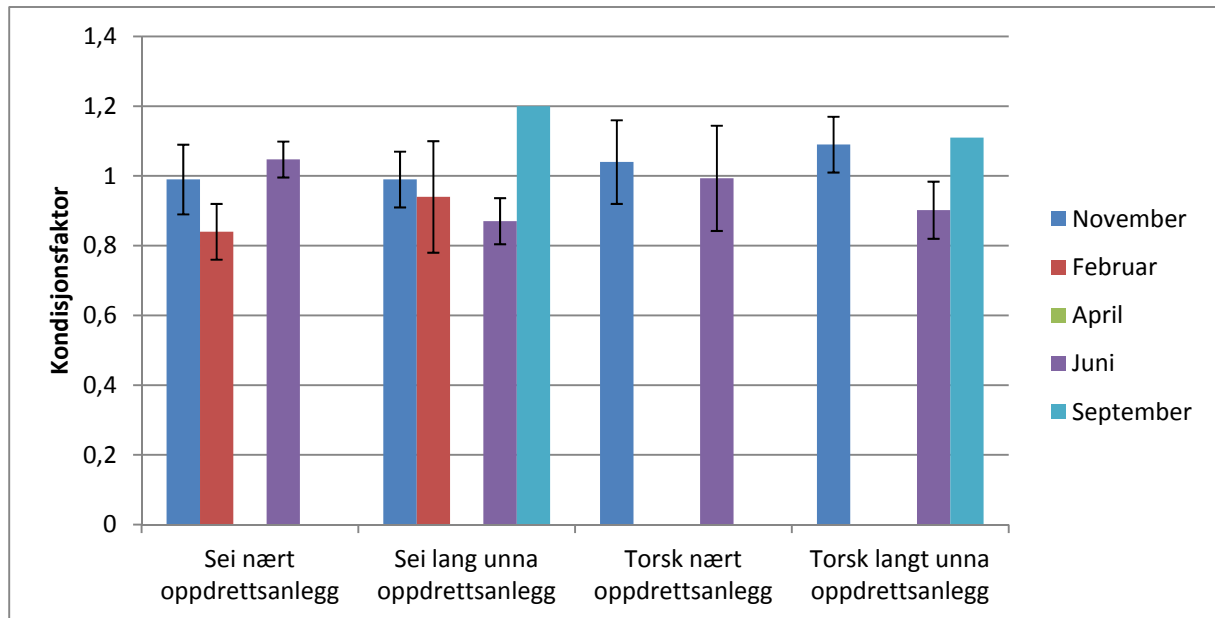
Figur 3 Rund vekt hos sei og torsk nært eller langt unna oppdrettsanlegg ved de ulike uttakene (nov. – sept.).

Når det gjelder rund vekt på seien fanget nært oppdrettsanlegget varierte denne fra litt over kiloet til ca. 2,5 kilo (figur 3). 1 kilo er en størrelse på seien som ikke egner seg til konsum, da den blir for liten. Det kan produseres ryggsei, men det er et produkt med lav verdi og er derfor ikke egnet. For å oppnå salgbar størrelse bør sei av denne størrelsen settes ut eller føres opp. Når seien blir 2-2,5 kilo egner den seg bedre til videreføring og eventuelt kan det skjæres filet/loin av den. Torskene nært oppdrettsanlegg har en høyere rundvekt en seien og kan fint benyttes til konsum. Størrelsen for torsk varierer fra en som er aktuell til filet og noe som kan benyttes til tørrfisk, saltfisk og eventuell til klippfisk.



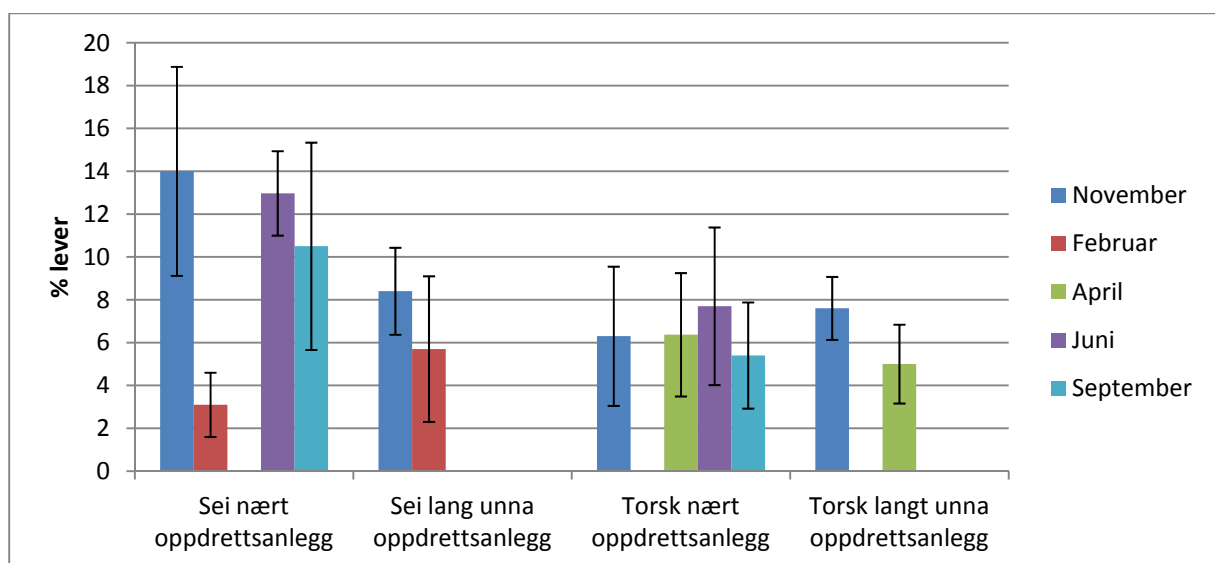
Figur 4 Sløyd vekt hos sei og torsk nært og langt unna oppdrettsanlegg ved de ulike uttakene.

Sløyd vekt for sei og torsk viser de samme trendene som rund vekt (figur 4). Sei fanget nært anlegg har en lav sløyd vekt i perioden, og som nevnt tidligere reduserer dette muligheten for utnyttelse av seien selv om den er over minstemålet. Torsk fanget nært anlegg er større og har en høyere sløyd vekt.



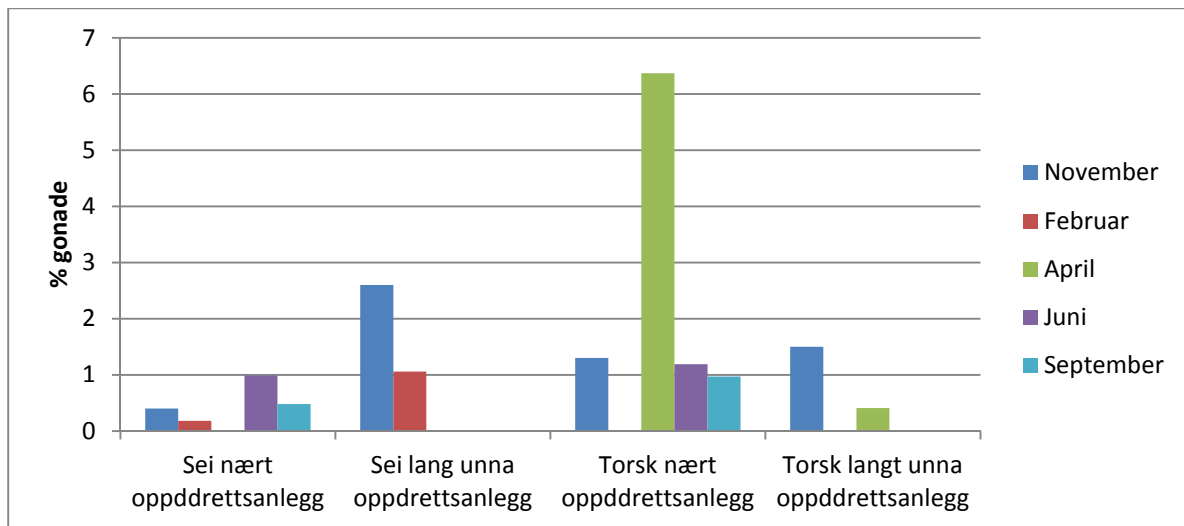
Figur 5 Rund kondisjonsfaktor hos sei og torsk nært og langt unna oppdrettsanlegg ved de ulike uttakene.

Kondisjonsfaktoren for sei og torsk varierer fra ca. 0,8 til 1,2, noe som er en normal k-faktor for vill fisk (Akse. m.fl.). For sei og torsk fanget langt unna oppdrettsanlegg er k-faktoren i juni noe lavere, enn for de andre tidspunktene noe som sannsynligvis henger sammen med at fisk av denne størrelsen har gytt og dermed ennå ikke har fått spist seg opp etter gytingen.



Figur 6 Prosentandel lever av rundt vekt hos sei og torsk nært og langt unna oppdrettsanlegg ved de ulike uttakene.

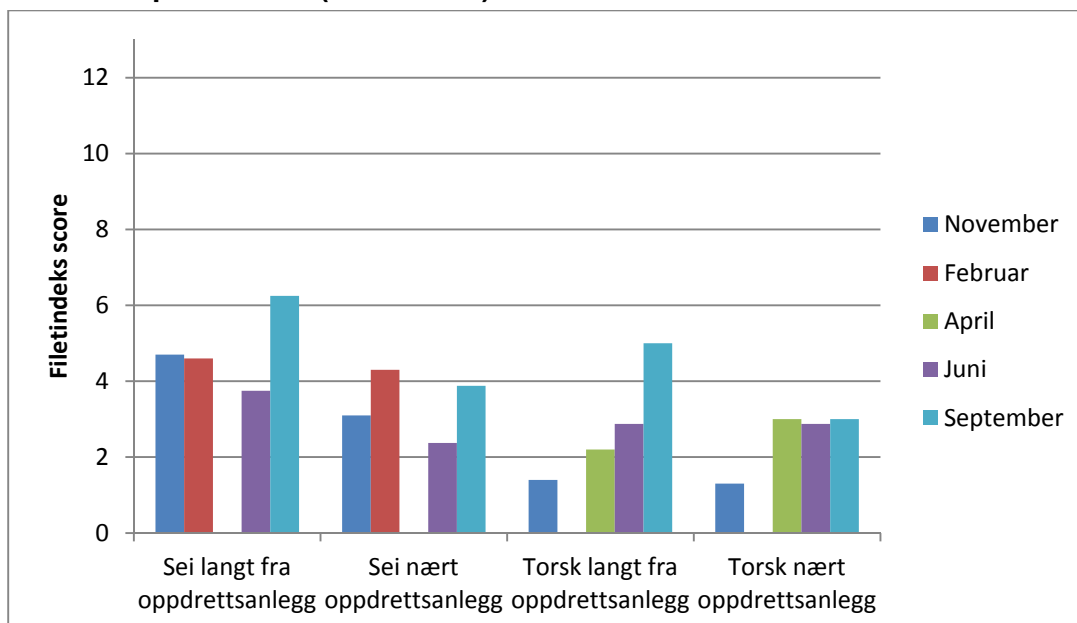
Fiskens innhold av lever i forhold til rundvekt varierte i forhold til sesong og hvor den var fanget (figur 6). Den gruppen av fisk som skiller seg ut her er seien fanget nært oppdrettsanlegg, som har en høy andel lever. Ved uttak fra Mortsund (november, juni og september) var verdiene, henholdsvis 14, 13 og 10,5 %. Seien fanget langt fra anlegg hadde helt normale verdier. Torsken benyttet i disse uttakene har en leverprosent som kan regnes som normal.



Figur 7 Gonader i prosent av rundvekt hos sei og torsk nært og langt unna oppdrettsanlegg ved de ulike uttakene.

Torsk fanget nært oppdrettsanlegg hadde høyest andel av gonader ved april uttaket (figur 7). Dette er helt naturlig da Lofoten er typisk gytested og april er gytesesong for torsken. Seien fanget nært anlegg var liten og hadde liten andel av gonader.

#### Sensorikk på rå fileter (Filetindeks)



Figur 8 Filetindeks hos sei og torsk fanget nært og langt fra oppdrettsanlegg.

Ved uttaket i november var både sei og torsk tilgjengelig nært og langt fra oppdrettsanlegg, og det var ingen forskjell i alder. Sei fanget langt fra anlegg med snurrevad hadde høyest filetindeks, noe som indikerer dårligst kvalitet (figur 8). Denne gruppen skilte seg ut negativt med mye rødfarge på fiskekjøttet og bløt konsistens. Seien fanget nært oppdrettsanlegget var hvit i kjøttet, men den hadde en litt avvikende lukt. For torsken var det få forskjeller, men torsken fanget langt fra oppdrettsanlegg var rosa/rødlig i fiskekjøttet. Torsken fanget nært anlegg hadde mye svartprikker på skinnet og noen fisker hadde kveis i fileten. Torsken fanget langt fra oppdrettsanlegg hadde lite svartprikker og inneholdt ikke kveis.

Uttaket i februar var sei av samme alder fra Ryfylke, hvor den ene gruppen var fanget nært oppdrettsanlegg med krok redskap og den andre var fanget et stykke fra med garn. Seien fanget et stykke fra anlegget var rødlig, litt spaltet og overflaten litt oppløst, mens seien fanget nært anlegget var hvit, mindre spaltet og overflaten på fiskekjøttet var bedre.

Ved apriluttaket var bare torsk tilgjengelig. Torsken fanget nært oppdrettsanlegg (teine) var 1 døgn eldre en torsken fanget langt fra oppdrettsanlegg og hadde høyere filetindeks.

Ved uttaket i juni var både torsk og sei tilgjengelig. Sei og torsk fanget langt fra anlegg var 3 døgn eldre en tilsvarende fisk fanget nært oppdrettsanlegg. Seien fanget langt fra anlegg luktet litt mer, noe som var naturlig i forhold til at den var lagret lengre. I tillegg var den rødere, noe som medførte høyere filetindeks.

I september ble siste uttak av fisk gjennomført, da var både torsk og sei tilgjengelig. Torsken og seien fanget langt fra anlegg var 2 døgn eldre og hadde en høyere filetindeks enn tilsvarende gruppe fanget nært oppdrettsanlegg. Seien var spaltet, luktet litt mer og var rødlig.

### **Oppsummering**

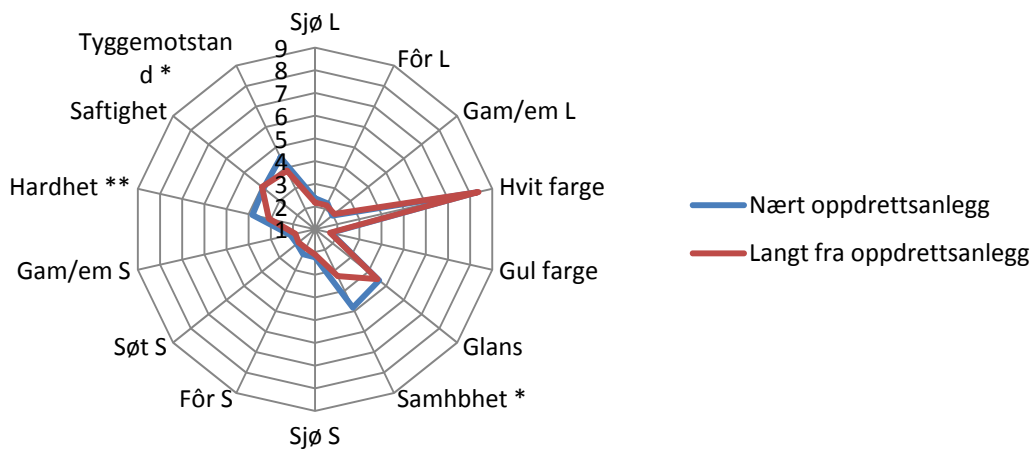
Fisken fanget nært oppdrettsanlegg skilte seg ikke nevneverdig ut fra fisken fanget med kommersielle fangstredskaper (langt fra anlegg), men hadde flere parasitter på skinnet og i fiskekjøttet. Det ble registrert fôr i magen på seien en gang (november) og en litt avvikende lukt av fiskekjøttet. Fordelen med teinefiske nært anlegg var muligheten for kontrollert avlivning, utblødning og ivaretagelse av fangsten på en optimal måte, noe som gir et råstoff med hvitere fiskekjøtt og med mindre variasjon i kvaliteten.

### **Sensorikk på kokte prøver**

#### **Uttak uke 47, november 2010**

##### **Torsk**

For egenskapene: Sammenhengbarhet, hardhet og tyggemotstand var det signifikante forskjeller mellom de to gruppene av fisk (figur 9).



Figur 9 Radardiagram med gjennomsnittsverdier for ulike kvalitetsegenskaper 2 gruppene av fisk nært eller langt fra oppdrettsanlegg.

Signifikante forskjeller er markert med en stjerne (\*) i figuren. Tilhørende p-verdier finnes i tabell 2.

Torsk nært oppdrettsanlegg har segment som holder sterkest sammen ved trykk og er hardest å bite igjennom og tygge i munn (figur 9, tabell 2), mens torsk fra langt fra oppdrettsanlegg har segment som holder svakest sammen ved trykk og er lettest å bite igjennom og tygge i munn.

Tabell 2 Gjennomsnittsverdier av signifikante forskjeller er vist ved ulike bokstaver.

Metode	Samhbbhet	Hardhet	Tyggemotstand
Nært oppdrettsanlegg	4,83a	3,83 a	4,51 a
Langt fra oppdrettsanlegg	3,29 b	3,09 b	3,86 b
p-verdi	0,0145	0,0016	0,0203

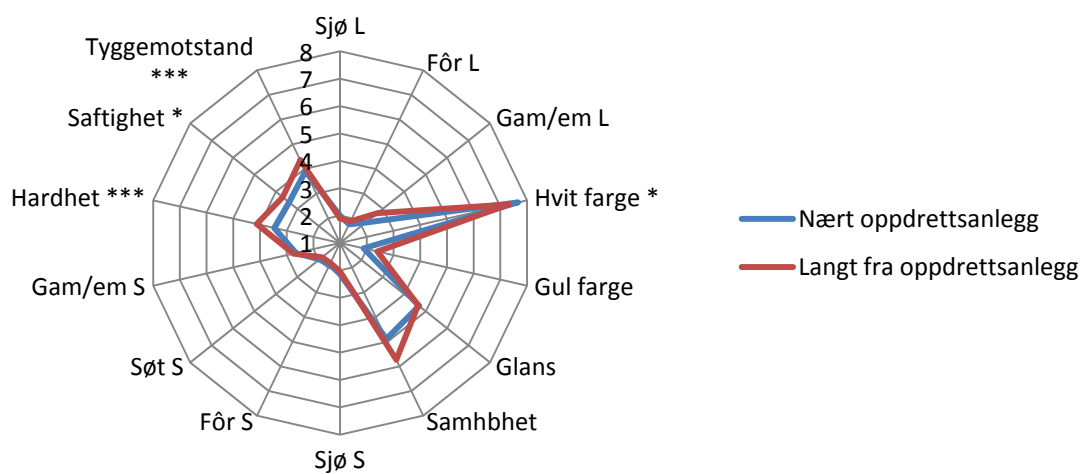
Torsken var 6 dager gammel ved analyse og ble av panelet bedømt å ha lav intensitet på lukt og smak, og de klarte ikke å skille fisken som ble fanget nært oppdrettsanlegg (teine) mot den fisken som ble fanget langt fra oppdrettsanlegg (snurrevad) for disse egenskaper. Av erfaring vet vi at torsk er forholdsvis lukt- og smakløs etter 6 dagers oppbevaring.



Forskjellene som panelet har kommet frem til i konsistens skyllles mest sannsynligvis ulik størrelse på fisken i de to gruppene. Fisken som ble benyttet til sensorisk analyse og fanget nært oppdrettsanlegg (teine) var klart større sammenlignet med fisken fanget langt fra oppdrettsanlegget (snurrevad).

## Sei

Figur 10 viser middelerverdier for de 14 egenskapene og de 2 gruppene av fisk. For egenskapene hvit farge, hardhet, saftighet og tyggemotstand var det signifikante forskjeller mellom metodene.



Figur 10 Radardiagram med gjennomsnittsverdier for ulike kvalitetsegenskaper 2 grupper av torsk nært eller langt fra oppdrettsanlegg.

Dette er markert med en stjerne (\*) i figuren. Tilhørende p-verdier finnes i tabell 3.

Torsk nært oppdrettsanlegg har et hvitere kjøtt etter varmebehandling, er lettest å bite igjennom å tygge men føles samtidig tørrere å tygge i munn.

Torsk langt fra oppdrettsanlegg har et mørkere kjøtt etter varmebehandling, er hardest å bite igjennom å tygge men føles samtidig mindre tørrere å tygge i munn.

Tabell 3 Gjennomsnittsverdier av hvit farge. Prøver med forskjellig bokstavmerking er signifikant forskjellige fra hverandre.

Metode	Hvit farge	Hardhet	Saftighet	Tyggemotstand
Nært oppdrettsanlegg	7,66 <sup>a</sup>	3,46 <sup>b</sup>	3,38 <sup>b</sup>	3,91 <sup>b</sup>
Langt fra oppdrettsanlegg	7,31 <sup>b</sup>	4,12 <sup>a</sup>	3,68 <sup>a</sup>	4,35 <sup>a</sup>
p-verdi	0,0214	0,0001	0,0466	0,0001

I likehet med torsken, ble analysen foretatt da seien var 6 dager gammel og den ble av panelet bedømt å ha lav intensitet på lukt og smak. Panelet klarte derfor ikke å skille fisken som er fanget nært oppdrettsanlegg (teine) mot den fisken som er fanget langt fra oppdrettsanlegg (snurrevad) for disse egenskaper.

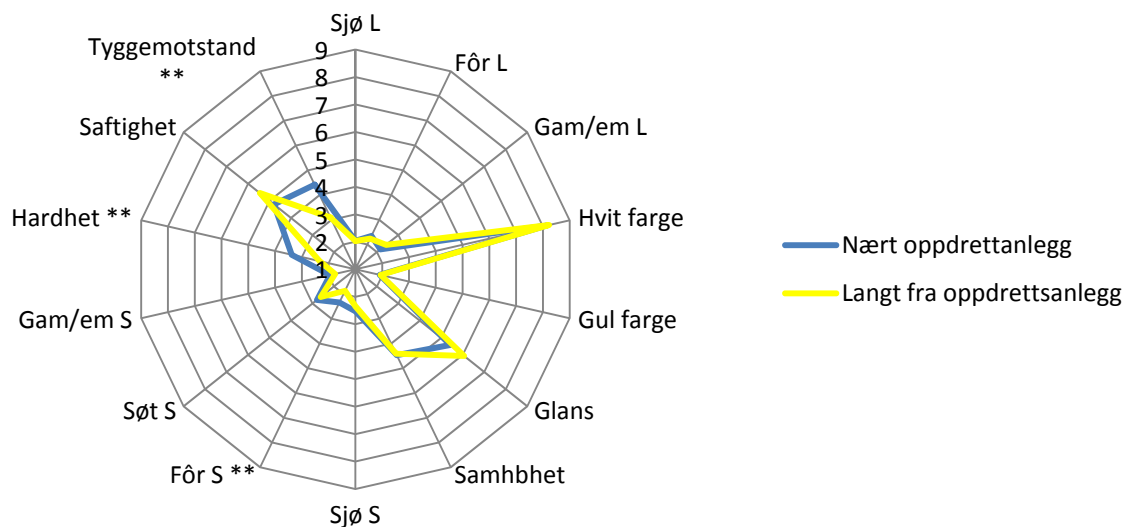
Teorien med forklaringen av forskjellene i konsistens faller lite her da det faktisk er motsatt for seien. Her er det den mindre seien som er fanget langt fra oppdrettsanlegg (snurrevad) som oppfattes som mer hard og seig å tygge.

Det ble ikke avdekket noen lukter og smaker som kunne kommet fra spising av fôr rundt merda i det råstoffet som er undersøkt. En mulig forklaring kan være at fisken generelt var lukt- og smakløs.

En kommentar fra dommerne var at seien allerede var en del harsk i både lukt og smak, og da spesielt for fangstmetode snurrevad. En mulig forklaring kan være at fisken hadde mer blod i kjøttet etter å ha blitt klemt i vaden. Blod i seg selv er en trigger for oksidasjon, og dette er erfart tidligere ved varmebehandling av sei med blod.

#### Uttak uke 15, april 2011

Figur 11 viser middelveidier for de 14 egenskapene og de 2 gruppene av fisk. For egenskapene fôr smak, hardhet og tyggemotstand var det signifikante forskjeller mellom gruppene for egenskapene.



Figur 11 Radardiagram med gjennomsnittsverdier for de 2 gruppene av fisk.

Dette er markert med en stjerne (\*) i figuren. Tilhørende p-verdier finnes i tabell 4.

Torsk nært oppdrettsanlegg smaker sterkest av fôr under tygging og er hardest å bite igjennom og tygge i munn.

Torsk langt fra oppdrettsanlegg smaker svakest av fôr under tygging og er lettest å bite igjennom og tygge i munn.

Tabell 4 Gjennomsnittsverdier av prøver med forskjellig bokstavmerking er signifikant forskjellige fra hverandre.

Metode	Fôr S	Hardhet	Tyggemotstand
Nært oppdrettsanlegg	2,34 <sup>a</sup>	3,38 <sup>a</sup>	4,42 <sup>a</sup>
Langt fra oppdrettsanlegg	1,87 <sup>b</sup>	2,34 <sup>b</sup>	3,09 <sup>b</sup>
p-verdi	0,0022	0,0080	0,0046

Torsken var 2-3 dager gammel ved analyse og er av panelet bedømt med lav intensitet på lukt og smak. Panelet har klart å skille fisken som er fanget nært oppdrettsanlegget (teine) mot den fisken som er fanget langt fra anlegg (juksa) i egenskapen fôr smak. Teine torsken har noe mer intensitet av smaker som minner om det en kan forvente å få fra spising av fôr.

Forskjellene fra første uttaket i opplevd konsistens under tygging kommer også frem her. Selv om fisken fanget langt fra oppdrettsanlegg (juksa) var noe større blir den bedømt som

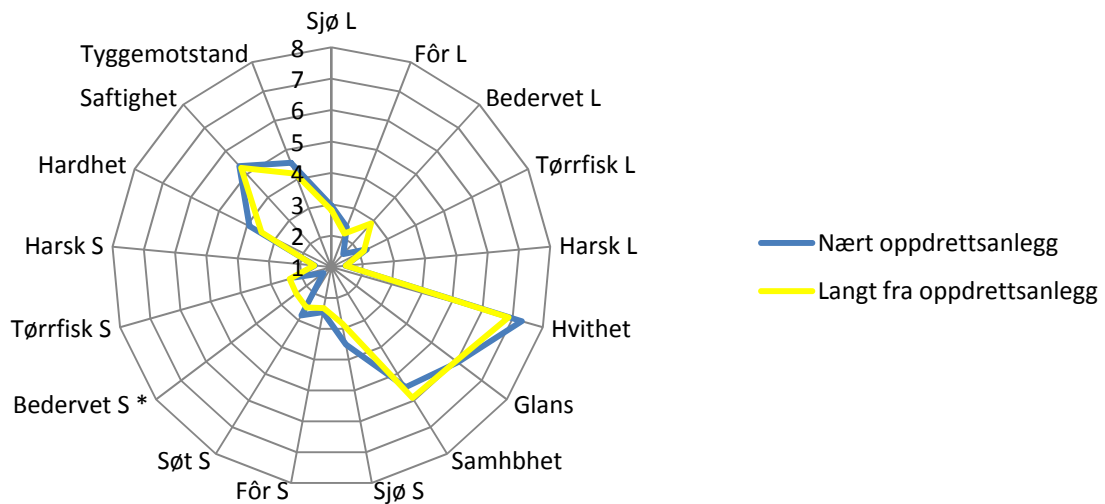
mer behagelig å tygge sammenlignet med fisken fanget nært anlegg(teine). En kommentar fra gjennomgangen av teine-fisken var at noen fisker var mistenkelig lik oppdrettsorsk.

I dette uttaket er det avdekket noen smaker som skulle komme fra spising av fôr rundt merden i det råstoffet som er undersøkt.

### Uttak uke 26, juni 2011

#### Torsk

Det var signifikante forskjeller mellom gruppene for egenskapen bedervet smak (figur 12).. Begge gruppene scorer imidlertid veldig lavt på parameteret, og langt utenfor hva man i dagligtale omtaler som bedervet.



Figur 12 Radardiagram med gjennomsnittsverdier for de 2 gruppene.

Dette er markert med en stjerne (\*) i figuren. Tilhørende p-verdier finnes i tabell 5

Torsk nært oppdrettsanlegg smaker svakest av bedervet smak under tygging.

Torsk langt fra oppdrettsanlegg smaker sterkest av bedervet smak under tygging.

Tabell 5 Gjennomsnittsverdier av prøver med forskjellig bokstavmerking er signifikant forskjellige fra hverandre.

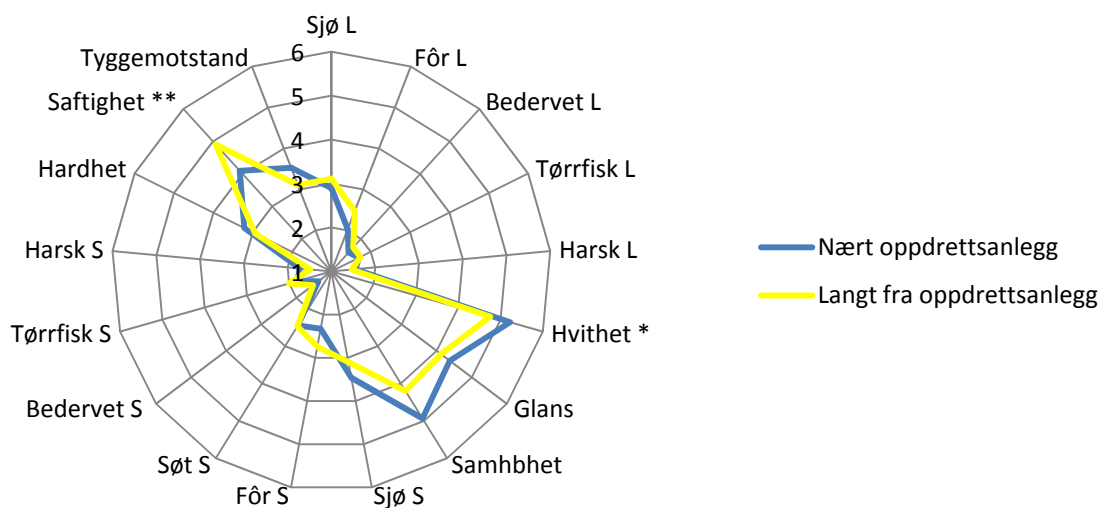
Metode	Bedervet smak
Nært oppdrettsanlegg	1,32 <sup>b</sup>
Langt fra oppdrettsanlegg	2,40 <sup>a</sup>
p-verdi	0,0173

Fisken fanget langt fra oppdrettsanlegg (Juksa) var 6 dager gammel under analysen, mens fisken fanget nært anlegg (teine) fisken var 3 dager gammel. Dette kan være forklaringen til forskjellen i egenskapen bedervet smak. Dommernes kommentarer gjenspeiler også dette da fisken som ble fanget langt fra anlegg blir kommentert med flere ord som beskriver noe som begynner å bli dårlig.

Sammenlignet med uttak 1 og 2 ser vi ikke forskjellene i konsistens under tygging. Som i de tidligere uttakene ble fisken fanget nært anlegg (Teine) bedømt som noe mer hard og seig å tygge, enn torsk fanget langt fra oppdrettsanlegg, men forskjellene her er små.

## Sei

Figur 13 viser middelveidier for de 17 egenskapene og de 2 gruppene. For egenskapene hvithet, og saftighet var det signifikante forskjeller mellom metodene.



Figur 13 Radardiagram viser gjennomsnittsverdier for de 2 fangstmetodene.

Dette er markert med en stjerne (\*) i figuren. Tilhørende p-verdier finnes i tabell 6.

Sei nært oppdrettsanlegg har et hvitere kjøtt etter varmebehandling og oppleves som tørrere å tygge i munn.

Sei langt fra oppdrettsanlegg har et mørkere kjøtt etter varmebehandling og oppleves som saftigere å tygge i munn.

*Tabell 6 Gjennomsnittsverdier for prøver med forskjellig bokstavmerking er signifikant forskjellige fra hverandre.*

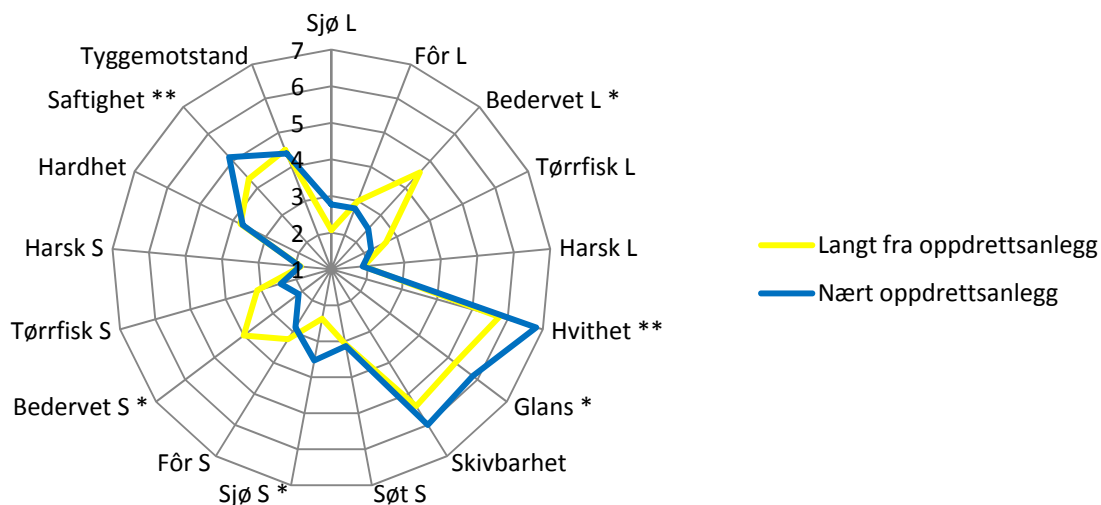
Metode	Hvithet	Saftighet
Nært oppdrettsanlegg	5,23 <sup>a</sup>	4,10 <sup>b</sup>
Langt fra oppdrettsanlegg	4,76 <sup>b</sup>	4,91 <sup>a</sup>
p-verdi	0,0169	0,0039

Sammenlignet med uttak 1 er også her teine fisken mer hvit i kjøttet og mindre saftig under tygging.

#### **Uttak 4, uke 39 2011**

##### **Torsk**

Det var signifikante forskjeller mellom gruppene for egenskapene bedervet lukt, hvithet, glans, sjø smak, sur/fermentert smak og saftighet (figur 14). Fisken som ble benyttet som kontrollgruppe i denne sammenligningen var garnfanget i Troms. Det er vanskelig å skaffe til veie torsk i denne perioden. Løsningen ble derfor kjøp av omsatt fisk over kai og kontrolluttaket var dermed ikke optimalt. Uttaket ved anlegg var imidlertid kontrollert og viser ingen avvikende lukt eller smak.



Figur 14 Radardiagram med gjennomsnittsverdier for de 2 gruppene.

Torsk langt fra oppdrettsanlegg lukter sterkest av bedervet lukt, er minst hvit og har minst glans i kjøttet, smaker minst av sjø og sterkest av bedervet smak og er tørr under tygging.

Torsk nært oppdrettsanlegg lukter svakest av bedervet lukt, er mest hvit og har mest glans i kjøttet, smaker mest av sjø og lavest av bedervet smak og er saftigst under tygging.

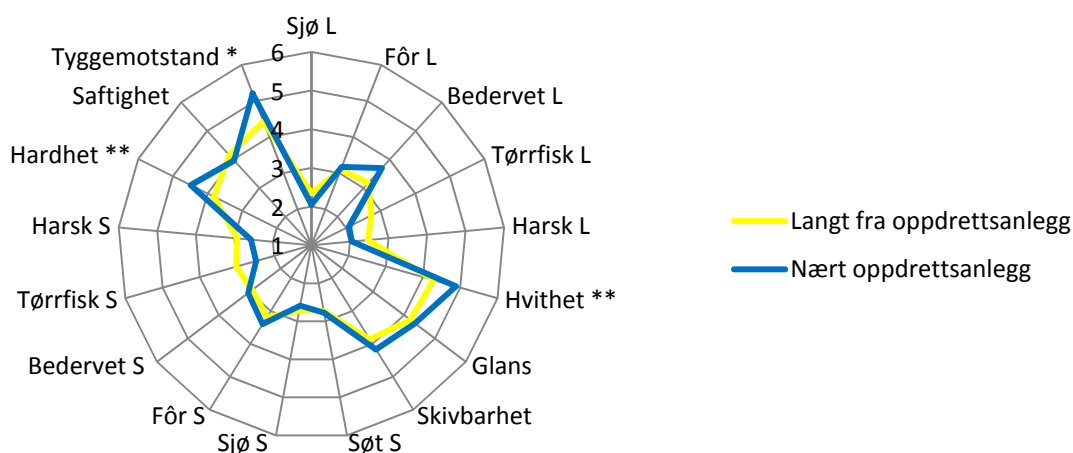
Tabell 7 Gjennomsnittsverdier av prøver med forskjellig bokstavmerking er signifikant forskjellige fra hverandre.

Metode	Bedervet L	Hvithet	Glans	Sjø S	Bedervet S	Saftighet
Langt fra oppdrettsanlegg	4,58 <sup>a</sup>	5,76 <sup>b</sup>	5,24 <sup>b</sup>	2,37 <sup>b</sup>	4,00 <sup>a</sup>	4,34 <sup>b</sup>
Nært oppdrettsanlegg	2,49 <sup>b</sup>	6,81 <sup>a</sup>	5,83 <sup>a</sup>	3,53 <sup>a</sup>	2,12 <sup>b</sup>	5,14 <sup>a</sup>
p-verdi	0,0448	0,0034	0,0378	0,0222	0,0234	0,0072

De signifikante forskjellene mellom de to gruppene kan med ganske stor sikkerhet forklares med at råstoffet før den ville torsken var dårlig. Under filetering var det synlige skader på fisk fra garn (langt fra anlegg) og en god del fisk var rødsprengte. Dette vil selvfølgelig gi utslag på både farge, utseende, lukt og smaksegenskapene.

### Sei

For egenskapene hvithet, hardhet og tyggemotstand var det signifikante forskjeller mellom de to gruppene av fisk.



Figur 15 Radardiagram viser gjennomsnittsverdier for de 2 gruppene.

Dette er markert med en stjerne (\*) i figuren. Tilhørende p-verdier finnes i tabell 8.

Sei langt fra oppdrettsanlegg er minst hvit i kjøttet og er minst hard å bite igjennom og minst seig under tygging.

Sei nært oppdrettsanlegg er mest hvit i kjøttet og er mest hard å bite igjennom og mest seig under tygging.

Tabell 8 Gjennomsnittsverdier for prøver med forskjellig bokstavmerking er signifikant forskjellige fra hverandre.

Metode	Hvithet	Hardhet	Tyggemotstand
Langt fra oppdrettsanlegg	4,29 <sup>b</sup>	3,82 <sup>b</sup>	4,43 <sup>b</sup>
Nært oppdrettsanlegg	4,88 <sup>a</sup>	4,48 <sup>a</sup>	5,21 <sup>a</sup>
p-verdi	0,0118	0,0069	0,0127

Sammenlignet med de 2 andre uttakene ser vi også her at fisken fanget nært anlegg skiller seg ut i hvithet og konsistens. Her må vi nesten kunne si at seien som går rundt merda og spiser fôr skiller seg ut fra den ville seien med at den blir hvitere i kjøttet og er mer hard å bite igjennom, mindre saftig og mer seig å tygge.

## 2.5 Økonomiske muligheter som ligger i fangstkonseptet

### Teine ved oppdrettsanlegg – økonomi

Akseptabel lønnsomhet for næringsaktørene er en viktig forutsetning for at fiske med teine ved oppdrettsanlegg skal være bærekraftig. Dette kapitlet tar utgangspunkt i de innsamlede forsøksdataene og gjør enkle økonomiske analyser av en tenkt driftsmodell. De tilgjengelige dataene er begrenset og vi er nødt til å gjøre en rekke skjønsmessige forutsetninger for



variabler og parametre i den økonomiske modellen. I tillegg er det betydelig usikkerhet knyttet til om driften som forutsettes vil tillates av myndigheter og eier av oppdrettsanlegget. Dette gjør at resultatene må tolkes med varsomhet.

### Driftsopplegg og fangststrategi

Gjennom prosjektet er det samlet inn data fra ulike teineplasseringer rundt oppdrettsanlegget. Så langt har bare stor-teine med plassering svært nær anlegget gitt fangstrater som er høye nok til å være kommersielt interessante. Vi forutsetter derfor dette som basis for driften. Antall teiner som settes og dras vil være et viktig element i analysen. Dette påvirkes av hvor mange oppdrettsanlegg det fiskes ved og hvor mange teiner det settes ved hvert anlegg. Sistnevnte vil være en avveining mellom endringen i fangst og kostnaden ved å drifte flere teiner. Etter all sannsynlighet vil fangstøkningen ved ekstra teiner være avtagende, slik at et begrenset antall vil være optimalt.

Vi har ikke data over effekten av flere teiner på en lokalitet, og har i analysen gått ut fra at man benytter to teiner. Antall anlegg man kan drifte ved avhenger blant annet av avstanden mellom lokalitetene og tiden fiskeren har til rådighet. For denne analysen har vi tatt utgangspunkt i området rundt Mortsund i Lofoten. Her er det 7 lokaliteter innenfor en radius på under 3 km (Figur 16). I analysen antar vi det kan settes og røktes teiner ved 3 av disse. Med to teiner per lokalitet gir dette totalt 6 teiner.

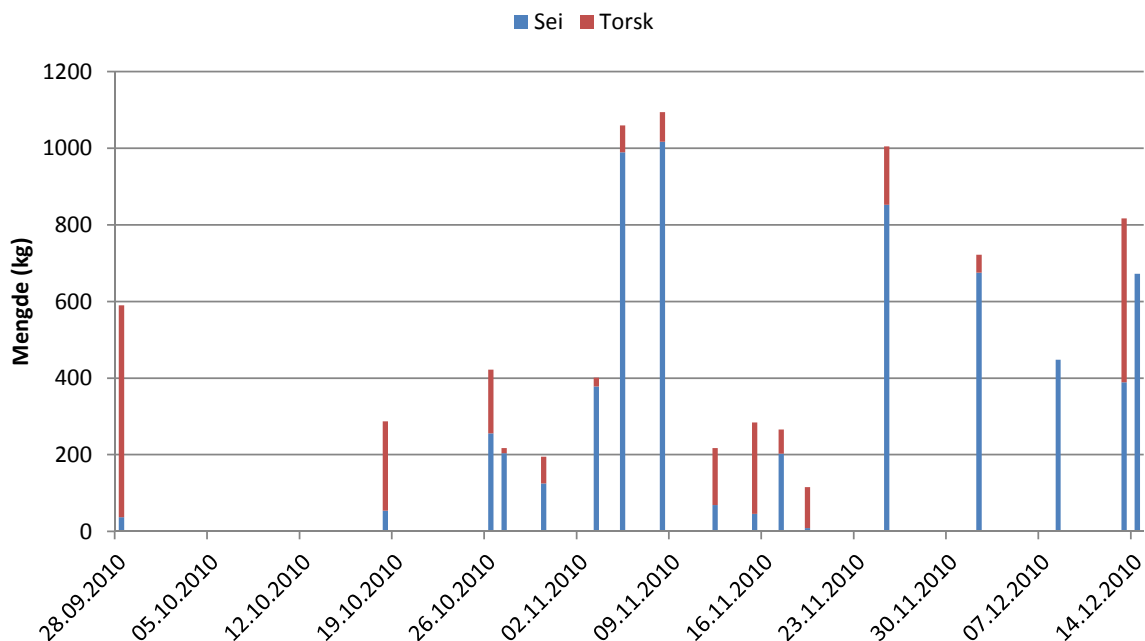


Figur 16 Oppdrettslokaliteter i området rundt Mortsund, Lofoten.

### Fangst

Det er over flere år gjennomført prøvefiske med teine ved oppdrettsanlegget utenfor Mortsund. Fangstdata finnes for perioden september til desember 2010. Teinen fangstet i all hovedsak sei og torsk, totalt 1,9 tonn sei og 0,75 tonn torsk fordelt på 15 observasjoner.

Dette gir en gjennomsnittlig fangst per haling på 380 kg sei og 160 kg torsk. Teinen ble ikke halt helt regelmessig og ofte med betydelig tid mellom hver haling. Det var også stor variasjon i fangstene og fangstsammensetningen (som vist i figur 17).



Figur 17 Fangst fra storsteinene fordelt på art (Kilde: Sluttsedler fra O.V. Mosseng).

I tillegg til antall teiner ved hvert anlegg og antall anlegg, avhenger fangstene av hvor ofte teinene trekkes. Ut fra fangstobservasjonene er det vanskelig å trekke konklusjoner av dette, men hos agnbaserte redskaper faller fangstratene generelt relativt raskt. Ved et oppdrettsanlegg vil fôringen og oppdrettsfiskens feces bidra til å trekke fisk til teinen. Vi antar at teinen hales to ganger per uke.

For hver dag de seks teinene trekkes vil gjennomsnittsfangstene per teine gi en total fangst på 2,28 tonn sei og 0,96 tonn torsk. Med gjennomsnittlige salgsspriser på 7,5 og 13,5 kr/kg for de respektive fiskeslagene gir dette en total inntekt per dag på 30.000 kr per sjøvær dersom alle teinene hales.

### Kostnader

Det er usikkerhet knyttet til anslag på flere viktige kostnadsposter i en slik tenkt drift. I hovedsak vil kostnadene være knyttet til arbeid, investeringer i båt og utstyr og driftskostnader til fartøyet. For utarbeidelse av kalkyler er det ofte hensiktsmessig å skille mellom variable og faste kostnader. Vi antar at det i hovedsak vil være variable kostnader knyttet til salgavgifter, drivstoff og arbeid. De faste kostnadene utgjøres av avskrivninger på båt og bruk, vedlikehold, forsikring, kapital, administrasjon og annet.

Salgavgiftene beregnes ut fra salgsværdien av fisken med en sats på 4,6 % basert på prøvedriftens salg. Vi antar at alle seks teinene kan snus i løpet av en dag (8 timer) og med et mannskap på to personer. Vi beregner en timekostnad på 450 kr for de ansatte.

Avstanden mellom teinene som skal røktes er ikke lang, av forsiktighetshensyn antar vi driften av fartøyet krever 500 kr/dag i drivstoff og andre forbruksartikler.

Det kreves et egnet fartøy med kran for å løfte de relativt store og tunge storteinene. Fartøyet bør også ha utstyr for bløgging og kjøling av fangsten. Vi antar at et slikt fartøy koster 3,5 mill. kr og avskrives i løpet av 10 år. Vedlikehold antar vi utgjør 150.000 kr per år, forsikring 50.000 kr, administrasjon 50.000 kr og andre faste kostnader 100.000 kr. Seks teiner á 25.000 avskrives over 10 år. Vi antar en gjennomsnittlig kapitalbinding på 4 mill. kr og en rente på 5 %. Forutsetningene rundt variable kostnader er oppsummert i Tabell 9.

Tabell 9 Oversikt over variable kostnader.

Kostnad	Type	Kostnadsdriver	Sats
Avgifter	Variabel	Salgsverdi	4,6 %
Arbeid	Variabel	Per dag	16 timer á 450 kr
Driftskostnader båt	Drivstoff, annet	Per dag	500 kr

## Økonomi

Som grunnlag for betraktningene rundt økonomien i den tenkte teinedriften beregner vi dekningsbidrag per sjøvær og et totalt resultat basert på 75 sjøvær. Resultatene er oppsummert i Tabell 10 og viser at det beregnede dekningsbidraget per sjøvær er om lag 21.000 kr. Med 75 sjøvær i året og faste kostnader som vist i oversikten gir dette et resultat på om lag 710.000 kr/år.

Tabell 10 Oversikt over kostnader, inntekter og resultat.

Post	Mengde	Sats	Verdi (1.000 kr)
Fangstinntekt			30,06
Avgifter			1,3
Arbeid	16 timer	450 kr/t	7,2
Variable båt kostnader	1.000 kr/sjøvær		0,5
Dekningsbidrag/sjøvær			21,0
Totalt dekningsbidrag	20,5 kr/sjøvær	75 sjøvær	1575,0
Avskrivning	5,000 kr	10 år	500,0
Vedlikehold			150,0
Forsikring			50,0
Administrasjon			50,0
Andre faste kostnader			100,0
Kapital	4,000 kr	5 %	200,0
Resultat			710,0

## Diskusjon økonomisk potensiale

Det beregnede økonomiske resultatet var relativt godt, og basert på dette skulle man forvente at aktører ville finne dette attraktivt. Denne aktiviteten vil måtte drives innenfor det norske fiskeriregelverket. Dette medfører at aktørene må være registrerte fiskere på blad A eller B og ha kvote for det som fiskes. Dette betyr igjen at aktørene må velge mellom teinefangst og andre redskap for å fiske denne, og inntekten fra andre redskaper blir å regne

som en alternativkostnad for teinefangsten. Dersom det er mer lønnsomt å fiske denne med tradisjonelle fiskeredskap på tradisjonelle områder, vil det ikke være økonomisk lønnsomt.

Dersom vi sammenligner med gruppen fiskefartøy mellom 11 og 15 m lengde finner vi at disse har et resultat på om lag 45.000 kr i 2010. Fordelt på mengden fangst var dette om lag 0,2 kr/kg. Teinedriften gir et tilsvarende resultat på om lag 2,9 kr/kg. For fiskerne teller også lottutbetalingen med i vurderingen. Her har fiskefartøyet 3,6 kr/kg mot teinefangstens 2,2 kr/kg. Samlet blir dette 5,1 mot 4,2 kr/kg i teinefangstens favør. Det ser dermed ut for å være et visst incentiv til å drive teinefangst. Noe som også taler for en slik drift er at man her fisker vesentlig mer sei, noe som man i praksis ikke har kvote på i kystflåten og som er vanskelig å få lønnsom drift på med konvensjonelle redskap.

### 3 Sammenfattende diskusjon - konklusjon

Resultatene demonstrerer betydelig potensiale for fangst av villfisk rundt oppdrettsanlegg. Både sei og torsk lot seg fange i langt større grad like under oppdrettsmerkene sammenlignet med 100 meter ut i fra anlegget. Torsk og sei kan fanges skånsomt med teine; fisken kan fanges levende og ventelig lagres levende etter fangst. Fangsten er passiv i forhold til anlegg og anleggsstrukturer, og representerer i seg selv liten sikkerhetsrisiko for oppdrettsanlegget. Siden oppdretter selv stod for fisket kunne det foregå ved at teinene ble forankret inne i rammefortøyningene til oppdrettsmerkene. Fangst så nære oppdrettsanlegg er ikke forenlig med dagens lovverk, og kan i tillegg utgjøre en betydelig sikkerhetsrisiko om slikt fiske skal gjennomføres med fartøy som ikke er tilpasset å ferdes inne i oppdrettsanlegg og av personell som ikke kjenner inngående til anleggets fortøyninger, tauverk og strømforhold. Det er uavklarte forhold rundt maksimal avstand fra anlegg hvor slik fangst kan foregå uten at fangsteffektiviteten blir økonomisk uinteressant, men det synes klart at denne grensen er under 100 meter. Slik fangst kan med fordel også beskrives ved oppdrettslokaliteter som er mer representative for nord-norske anlegg, både hva gjelder plassering og dybde.

Sammenligninger av ulike teinetyper og størrelser viste tydelig at store teiner fisker bedre enn små, og at en teine som har lite egenbevegelse fisker bedre enn en som er mer fleksibel. Det siste synes spesielt å gjelde for sei. Det er derfor ønskelig å prøve ut stor Lofot-teine på større dyp i Ryfylke i perioder med registreringer av store fiskemengder der.

Fisken som fanges har en kvalitet som er sammenlignbar med annen, konvensjonelt fanget fisk fra områder uten oppdrett, og preges kun moderat av oppdrettsaktiviteten i deler av året. Kun ved ett uttak (april) identifiserte smakspanelet lukt og smak forbudet med laksefôr. Denne forskjellen var svært liten i forhold til kontrollgruppene, og det er uavklart, men antas dog usannsynlig at man ville fått reaksjoner på dette ute i markedet. Det mest gjennomgående resultatet var at fisk fanget under oppdrettsanlegg ikke lot seg identifisere sensorisk sammenlignet med kontrollfisken. De forskjellene som ble identifisert favoriserte utelukkende fisken fanget ved oppdrettsanlegg og kunne tilskrives skånsom fangst og håndtering.

Resultatene med hensyn på økonomi er forbundet med vesentlig usikkerhet og må tolkes med varsomhet. Forutsetningene som er gjort om fangstrater, antall teiner som røktes og kostnader og inntekter ser ut til å gi grunnlag for akseptabel lønnsomhet. Resultatet fra driften er beregnet til om lag 0,7 mill kr og er konkurransedyktig med tradisjonelt fiske. Resultatet vil påvirkes betydelig av hvor mange teiner som kan røktes per dag og fangstraten. Spesielt sistnevnte er det behov for å skaffe bedre data for, både for å avdekke hvordan de varierer med avstand fra anlegg, dybdeforhold under anlegget, tid, røktefrekvens og antall teiner ved hvert anlegg.

I dette prosjektet har vi beskrevet kvantitative og kvalitative egenskaper ved fisk fra områder med fiskeoppdrett. Samt vurdert om denne fisken lar seg fange levende ved bruk av skånsomme metoder i kommersielt interessante mengder, hvilke arter det er, hvilken kvalitet den har ved ulike sesonger. Fiskens kvalitet og mulige bruksområder er evaluert. Følgende konklusjoner er gjort for hvert delmål:

1. *Undersøke om det eksisterer alternativer til teine for levendefangst av sei og torsk rundt oppdrettsanlegg.*  
Konklusjon:  
Vi vurderer teine som det beste og sikreste redskap for fangst av fisk nær oppdrettsanlegg. I Ryfylke vurderes bruk av lys og snurpenot som mest effektiv til fangst av sei.
2. *Undersøke sesongmessige variasjoner i tilgjengelighet og fangst av torsk og sei rundt oppdrettsanlegg.*  
Konklusjon:  
Torsk er tilgjengelig rundt anlegg i store deler av året mens sei er tilgjengelig sommer og høst.
3. *Undersøke variasjoner i fangst av sei rundt to oppdrettslokaliteter.*  
Konklusjon:  
Ved lokaliteten i Lofoten var seien tilgjengelig sommer og høst. I Ryfylke var seien tilgjengelig i kommersielt interessante mengder om høsten.
4. *Basert på praktiske feltforsøk, vurdere om to eksisterende teinekonsept (storteine og tokammerteine) har potensial for effektiv, selektiv og sikker (skånsom) fangst av torsk og sei innenfor sikkerhetssonen rundt oppdrettsanlegg.*  
Konklusjon:  
Begge teinetypene har potensial for effektiv fangst innenfor sikkerhetssonen rundt oppdrettsanlegg.
5. *Vurdere om andre fangstmetoder (f. eks. glip, not, garn) kan ha potensial for levendefangst rundt oppdrettsanlegg, skal disse inkluderes i de praktiske feltforsøkene.*  
Konklusjon:  
Not er en effektiv fangstmetode for sei i Ryfylke.
6. *Dokumentere eventuelle geografiske, sesongmessige og artsmessige forskjeller i råstoffkvalitet hos fisk fanget i nærhet til lakseoppdrett.*  
Konklusjon:  
Det er svært små forskjeller i råstoffkvalitet mellom fisk fanget nær og langt fra oppdrettsanlegg.
7. *Evaluere råstoffets mulige bruksområder ved fangsttidspunkt*  
Konklusjon:  
Råstoffet har ingen kvalitetsmessige begrensinger ved fangst.
8. *Evaluere behov for mellomlagring som kvalitetsfremmende tiltak*  
Konklusjon:  
Ved undersøkte lokalitet er det ingen kvalitetsmessige behov for levendelagring etter fangst.
9. *Gjennomføre økonomiske analyser og fremskrivninger til kommersiell drift.*  
Konklusjon:  
Data tilsier at teinefiske rundt oppdrettsanlegg gir bedre lønnsomhet sammenlignet med alternativ drift i kystflåten.

## Veien videre

Resultatene så langt avdekker også behov for kunnskap i det videre arbeidet for måloppnåelsen om en fremtidig «vinn-vinn-situasjon» mellom fiske og oppdrett. Rømming av fisk fra oppdrettsanlegg kan i betydelig grad tilskrives skade på anlegg, spesielt nøter. Aktiviteter som innebærer håndtering av fiskeredskap og manøvrering med båt utgjør dermed en potensiell risiko. I nord, hvor anleggene er lokalisert slik at fiske med teine synes å være en god løsning, er det viktig å avdekke betydningen av avstand i fra anlegg i mer detalj. Det er klart at man må innenfor 100 meter-grensen for å kunne fiske effektivt. Det er utvilsomt en fordel om fisket kan skje i trygg avstand fra nøter, selv om fisket vil måtte foregå i mellom fortøyningstau. En detaljert beskrivelse av avstanden 0-100 meter fra anlegg ansees derfor nødvendig. Om det viser seg nødvendig å fiske så nær anlegg at det medfører økt risiko for notskade må man se på alternative måter å flytte fisken ut fra anlegget til fangstredskap (eksempelvis bruk av forventningsadferd). Dette kan også åpne for bruk av annen type redskap, som for eksempel not eller glip som også vil være egnet til å fange fisk levende.

Lokaliteten i Mortsund er egnet for studier som dette, ikke minst på grunn av lokal interesse for feltet. Imidlertid kan ikke denne lokaliteten beskrives som en typisk nord norsk lakseoppdrettslokalitet. Den skiller seg spesielt ut ved at den er grunn. Det er derfor ønskelig å studere fangst og fangsteffektivitet ved mer typiske lokaliteter i Nord-Norge. Produksjonsstrategien ved lokalitetene er også av interesse, og det har betydning om det er slakteklar fisk eller smolt i anlegget. Dette er forhold som påvirker fôrspill og organisk belastning, forhold som muligens kan knyttes til tilstedeværelse av villfisk; art eller størrelse.

Bruk av storteine på lokaliteter i Ryfylke er så langt ikke testet. Teinefangstene som er gjort der er lovende, men kommersielt interessant blir det først med økte fangstmengder. I tillegg har fangster med not vist seg lovende, men grunnet utfordringer med store fiskemengder har denne fangsten vært veldig begrenset. Betydning av fangststørrelse og maksimalfangst med not på overlevelse og kvalitet er derfor et interessant område å se nærmere på. Både teine og not er interessante områder også for Ryfylkeprosjektet og Fiskeridirektoratet Vest, og videre samarbeide her er derfor ønskelig. Dette er også i tråd med identifiserte behov for videreføring i Ryfylkeprosjektet. Tidligere har det vært rapportert om store kvalitetsforringelser på spesielt sei fanget i området. Resultatene fra Ryfylkeprosjektet tyder på at kvaliteten er betydelig bedre, og noe som er i overensstemmelse med våre filéindeksresultater. Det er fortsatt noe usikkerhet knyttet til disse forholdene, slik at en ved fangster med not og/eller teine i området ville ha nytte av å gjennomføre en kvalitetskartlegging på fisk over tid. Dermed kan en med større sikkerhet uttale seg om kvaliteten på fisken i området påvirkes av oppdrett.

Fiske gjennom året med den hensikt å beskrive fangst ved anlegg over tid/sesong var bare delvis vellykket i dette prosjektet. Kontinuerlig fangst gjennom året med sammenlignbar fangsttinningsrate over tid er dermed fortsatt interessant. Dette fisket kan gjennomføres av en fisker med relevant kystfartøy, noe som kan bidra til et mer stabilt fiske og gi bedre data for kostnader sammenlignet med alternativ drift. Her kan man tenke seg flere modeller for gjennomføringen, eksempelvis bruk av flere teiner og kombinere fiske ved flere lokaliteter. Dette fisket bør i hovedsak finansieres av forskningskvoter/verdien på fiskefangsten.

## 4 Referanser

- Akse, L. and Midling, K. (1997). Live capture and starvation of capelin cod (*Gadus morhua* L.) in order to improve the quality. In Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality. ISBN 0 444 82224 0
- Akse, L. Joensen, S., Tobiassen, T., Skøtt, P. (2006). Temperaturkontroll ved produksjon av fersk filet. Rapport 23/2006 ISBN-13978-82-7251-599-6. Tromsø, Norway: Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture Research
- Anon (2009). Sluttrapport NFR Farmfishery (på engelsk). Short report on results to NRC "Matprogrammet" 2009: Capture based aquaculture around fish farms: developing a small scale fjord fishery (NRC contract 178306)
- Bjordal Å and Johnstone ADF (1993) Local movements of saithe (*Pollachius virens* L.) in the vicinity of fish cages. ICES Marine Science Symposia 196, 143-146.
- Bjordal Å. and Skar AB (1992) Tagging of saithe (*Pollachius virens* L.) at a Norwegian fish farm: preliminary results on migration. ICES CM G: 35
- Carss DN (1990) Concentrations of wild and escaped fishes immediately adjacent to fish farms. Aquaculture 90, 29-40
- Dempster T. Sanchez-Jerez P. Bayle-Sempere JT. Gimenez-Casualduero F and Valle C. (2002). Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean sea: spatial and short-term temporal variability. Marine Ecology Progress Series 242: 237-252
- Dempster T, Uglem I, Sanchez-Jerez P, Fernandez-Jover D, Bayle-Sempere J, Nilsen R, Bjørn PA (2009) Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. Mar. Ecol. Prog. Ser. 385, 1-14
- Dempster T. Sanchez-Jerez P. Uglem I. and Bjørn PA. (2010) Species-specific pattern of aggregation of wild fish around fish farms. Estuarine, Coastal and Shelf science 86: 271-275
- Kutti T. og Olsen SA. (2007) Oppdrett stimulerer dyreliv i fjordene. In: Dahl E. Hansen PK. Haug T. Karlsen Ø. (eds) Kyst og Havbruk 2007. Fisken og Havet Særnummer 2-2007, pp 195-197
- Maurstad A, Dale T, Bjørn PA (2007) You wouldn't spawn in an septic tank, would you? Human Ecology 35:601-610
- Otterå H. Karlsen Ø. Slinde E. and Olsen RE. (2009) Quality of wild-captures saithe (*Pollachius virens* L.) fed formulated diets for 8 months. Aquaculture Research 40: 1310-1319
- Tytler P and Blaxter JHS (1973) Adaptation by cod and saithe to pressure changes. Netherlands Journal of Sea Research 7: 31-45



Uglem I, Dempster T, Bjørn PA, Sanchez-Jerez P (2009) High connectivity of salmon farms revealed by aggregation, residence and repeated movements of wild fish among farms. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 384: 251-260

Walsh PJ, Hiscock W and Sullivan R (2006) Fishing trial for cod (*Gadus morhua*) using experimental pots. St. John's: Fisheries and Marine Institute of Memorial University of Newfoundland

Ryfylkeprosjektet:

[http://www.fiskerifond.no/index.php?current\\_page=prosjekter&subpage=archive&detail=1&id=740&gid=4](http://www.fiskerifond.no/index.php?current_page=prosjekter&subpage=archive&detail=1&id=740&gid=4)

Akustisk kartlegging av sei i Ryfylkebassenget:

[http://www.fiskerifond.no/index.php?current\\_page=prosjekter&subpage=&detail=1&id=1002&gid=1](http://www.fiskerifond.no/index.php?current_page=prosjekter&subpage=&detail=1&id=1002&gid=1)  
<http://www.fiskeridir.no/fiske-og-fangst/aktuelt/2010/0510/kartlegger-seien-i-ryfylke>

## Vedlegg 1

### Egenskapsforklaring, uttak 1 og 2

<b>LUKT</b>	
Sjø lukt	En fersk/frisk lukt med assosiasjoner til sjøen, sjø/tang/fjære. Ingen intensitet = ingen sjø lukt Tydelig intensitet = tydelig sjø lukt
Fôr lukt	Intensitet av en vegetabilsk lukt. Kan minne om ikke friske grønne grønnsaker, korn, malt, rå potet, ikke frisk lukt. Ingen intensitet = ingen fôr lukt Tydelig intensitet = tydelig fôr lukt
Gammel/emmen lukt	En sur, bedervet, tørrfisk lukt/kvalmende. Ingen intensitet = ingen gammel/emmen lukt Tydelig intensitet = tydelig gammel/emmen lukt
<b>FARGE</b>	
Hvithet	Farge bedømt på overflaten. Ingen intensitet = ingen hvithet, sort Tydelig intensitet = tydelig hvithet
Gul farge	Farge bedømt på overflaten. Ingen intensitet = ingen gul farge Tydelig intensitet = tydelig gul
<b>UTSEENDE/TEKSTUR</b>	
Glans	Helhetsinntrykket. Ingen intensitet = ingen glans, matt Tydelig intensitet = tydelig glans, glinsende
Sammenhengbarhet	Vurder hvor godt segmentet holder sammen. Ingen intensitet = ingen sammenhengbarhet (mos) Tydelig intensitet = tydelig sammenhengbarhet
<b>SMAK</b>	
Sjø smak	En fersk/frisk smak med assosiasjoner til sjøen, sjø/tang/fjære. Ingen intensitet = ingen sjø smak Tydelig intensitet = tydelig sjø smak
Fôr smak	Intensitet av en vegetabilsk lukt. Kan minne om ikke friske grønne grønnsaker, korn, malt, rå potet, ikke frisk lukt. Ingen intensitet = ingen fôr smak Tydelig intensitet = tydelig fôr smak
Søt smak	Relatert til grunnsmaken søt. Ingen intensitet = ingen søt smak Tydelig intensitet = tydelig søt smak

Gammel/emmen smak	En sur, bedervet, tørrfisk smak/kvalmende. Ingen intensitet = ingen gammel/emmen smak Tydelig intensitet = tydelig gammel/emmen smak
<b>TEKSTUR</b>	
Hardhet	Relatert til kraften som må til for å bite gjennom prøven med jekslene (1.bitt). Ingen intensitet = ingen hardhet, lite kraft må til Tydelig intensitet = tydelig hardhet, mye kraft må til
Saftighet	Bedøm den tid kjøttet bevarer sin saftighet under tygging. Væske avgitt fra prøven bedømt etter 10 tygg. Ingen intensitet = ingen saftighet Tydelig intensitet = tydelig saftighet
Tyggemotstand	Vurder hvor mye prøven må tygges. Hvor mange tygg/hvor lang tid må til før det føles naturlig å svelge prøvebiten. Ingen intensitet = kort tyggetid Tydelig intensitet = tydelig tyggetid

### Egenskapsforklaring, uttak 3 og 4:

<b>LUKT</b>	
Sjølukt	En fersk/frisk lukt med assosiasjoner til sjøen, sjø/tang/fjære. Ingen intensitet = ingen sjølukt Tydelig intensitet = tydelig sjølukt
Førlukt	Intensitet av en vegetabilsk lukt. Kan minne om ufriske grønne grønnsaker, korn, malt, rå potet, ufrisk lukt Ingen intensitet = ingen førlukt Tydelig intensitet = tydelig førlukt
Sur / bedervet lukt	En sur, bedervet lukt Ingen intensitet = ingen sur / bedervet lukt Tydelig intensitet = tydelig sur / bedervet lukt
Tørrfisklukt	Lukt av tørrfisk Ingen intensitet = ingen tørrfisklukt Tydelig intensitet = tydelig tørrfisklukt
Harsk lukt	Styrken av alle harske lukter (stearin, høy, gress, maling) Ingen intensitet = ingen harsk lukt Tydelig intensitet = tydelig harsk lukt
<b>FARGE / UTSEENDE</b>	
Hvithet	Farge bedømt på overflaten. Ingen intensitet = ingen hvithet, sort Tydelig intensitet = tydelig hvithet
Glans	Helhetsinntrykket. Ingen intensitet = ingen glans, matt Tydelig intensitet = tydelig glans, glinsende

Sammenhengbarhet	Vurder hvor godt segmentet holder sammen. Ingen intensitet = ingen sammenhengbarhet (mos) Tydelig intensitet = tydelig sammenhengbarhet
<b>SMAK</b>	
Sjøsmak	En fersk/frisk smak med assosiasjoner til sjøen, sjø/tang/fjære. Ingen intensitet = ingen sjøsmak Tydelig intensitet = tydelig sjøsmak
Førsmak	Intensitet av en vegetabilsk lukt. Kan minne om ikke friske grønne grønnsaker, korn, malt, rå potet, ikke frisk lukt. Ingen intensitet = ingen førsmak Tydelig intensitet = tydelig førsmak
Søt smak	Relatert til grunnsmaken søt. Ingen intensitet = ingen søt smak Tydelig intensitet = tydelig søt smak
Sur / bedervet smak	En sur, bedervet smak. Ingen intensitet = ingen sur / bedervet smak Tydelig intensitet = tydelig sur / bedervet smak
Tørrfisksmak	Smak av tørrfisk Ingen intensitet = ingen tørrfisksmak Tydelig intensitet = tydelig tørrfisksmak
Harsk smak	Styrken av alle harske smaker (stearin, høy, gress, maling) Ingen intensitet = ingen harsk smak Tydelig intensitet = tydelig harsk smak
<b>TEKSTUR</b>	
Hardhet	Relatert til kraften som må til for å bite gjennom prøven med jekslene (1.bitt). Ingen intensitet = ingen hardhet, lite kraft må til Tydelig intensitet = tydelig hardhet, mye kraft må til
Saftighet	Bedøm den tid kjøttet bevarer sin saftighet under tygging. Væske avgitt fra prøven bedømt etter 4-5 tygg. Ingen intensitet = ingen saftighet Tydelig intensitet = tydelig saftighet
Tyggemotstand	Vurder hvor mye prøven må tygges. Hvor mange tygg/hvor lang tid må til før det føles naturlig å svelge prøvebiten. Ingen intensitet = Ingen tyggemotstand (kort tyggetid) Tydelig intensitet = Tydelig tyggemotstand (lang tyggetid)

## **VEDLEGG 2**

**KLAIPĖDA UNIVERSITY**

Faculty of natural science and mathematics

Department of ecology

Kasparas Bagdonas

**CAPTURE OF WILD FISH ASSEMBLAGES IN  
THE VICINITY OF SALMON FARMS: A  
COMPARISON BETWEEN THREE POT TYPES**

Master's thesis in Ecology and Environmental sciences

Klaipėda, 2011

## Lentelių sąrašas

Table. 1. Catch data ( $\pm$ SD) among salmon farm (0 m) and control sites (100 m). Data pooled from the catches of three pot types. P value is given for Wilcoxon test between all pairs of pot types.....	33
<i>1 lentelė. Sugavimų duomenys (<math>\pm</math> SN) ties lašišų fermomis ir kontrolinėse eksperimento vietose. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų trijų tipų gaudyklėmis. Pateikiamos Wilcoxon'o testo P reikšmės.....</i>	33
Table. 2. Catch data ( $\pm$ SD) for Small and Large pots. Data pooled from the catches from salmon farms and at control sites. P value is given for Wilcoxon test between Small and Large pot types.....	34
<i>2 lentelė. Sugavimai (<math>\pm</math>SN) tarp Mažų ir Didelių gaudyklių. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. Pateikiamos Wilcoxon'o testo P reikšmės.....</i>	34
Table. 3. Mean ( $\pm$ SD) fish length between Small and Large pot catches. P value is given for Wilcoxon test between all pot types.....	34
<i>3 lentelė. Vidutiniai žuvų ilgiai (<math>\pm</math> SN) Mažų ir Didelių gaudyklių sugavimuose. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. Pateikiamos Wilcoxon'o testo P reikšmės.....</i>	34
Table.4. Catch data ( $\pm$ SD) between Large pots and Cages. Data pooled from the catches from salmon farms and at control sites. P value is given for Wilcoxon test between all pot types.....	35
<i>4 lentelė. Sugavimai (<math>\pm</math> SN) tarp Didelių gaudyklių ir Narvų. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. Pateikiamos Wilcoxon'o testo P reikšmės.....</i>	35
Table.5. Catch data between ( $\pm$ SD) Small pot and Cage. Data pooled from the catches from salmon farms and at control sites. P value is given for Wilcoxon test between all pot types.....	36
<i>5 lentelė. Sugavimai (<math>\pm</math> SN) tarp Mažų gaudyklių ir Narvų. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. Pateikiamos Wilcoxon'o testo P reikšmės.....</i>	36
Table.6. Mean ( $\pm$ SD) fish length between Small and Cages. P value is given for Wilcoxon test between all pot types.....	36

6 lentelė. Vidutiniai žuvų ilgiai ( $\pm$  SN) Mažugaudyklių ir Narvų sugavimuose. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. Pateikiamos Wilcoxon'o testo P reikšmės .....36

### Paveikslų sąrašas

Fig. 1. The various elements of a box like pot (Slack-Smith, 2001).....	20
1 pav. Pagrindiniai dėžės tipo gaudyklės elementai (Slack-Smith, 2001).....	20
Fig. 2. Different types of wooden pots (Gabriel et al., 2005).....	22
2 pav. Įvairaus tipo medinės gaudyklės (Gabriel et al., 2005).....	22
Fig. 3. The study site in Vestfjord, northern part of Norway (marked in rectangle; left picture).Map by V. Jurkin.....	27
3 pav. Tyrimų vietos Vestfjord fiorde, šiaurinėje Norvegijos dalyje (pažymėta stačiakampiu;kairėje pusėje). Žemėlapis pagal V. Jurkin.....	27
Fig. 4. Sketch of pot construction (Furevik et al., 2008).....	28
4 pav. Bendra gaudyklės schema (Furevik et al., 2008).....	28
Fig. 5. Sketch of cage construction (by K. Bagdonas).....	30
5 pav. Narvo tipo gaudyklės schema (K. Bagdonas).....	30
Fig. 6. Small pot with attached camera (photo: K. Bagdonas).....	32
6 pav. Maža gaudyklė su pritaisyta kamera (nuotrauka autoriaus).....	32
Fig. 7. The length differences of caught Atlantic cod at salmon farms and at control sites. Data pooled from the catches of three pot types.....	32
7 pav. Ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose sugautų Atlanto menkių ilgių skirtumai. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų trijų tipų gaudyklėmis.....	32
Fig. 8. The length differences of caught saithe by Large pots and Cages. Data pooled from the catches at salmon farms and at control site.....	35
8 pav. Ledjūrio menkių ilgių skirtumai Didelių gaudyklių ir Narvų sugavimuose. Duomenys pateikiami bendrai iš po lašišų fermų ir kontrolės vietų.....	35
Fig. 9. Atlantic cod stomachs content distribution between two different size classes (> 60 cm fish, N=46, and < 60 cm fish, N=34).....	37
9 pav. Atlanto menkių skrandžio turinio skirtumai tarp skirtingo dydžio žuvų (> 60 cm ilgio, N=46, ir < 60 cm ilgio, N=34).....	37



Fig.10. Structure of by-catch in three pot types Small, Big and Cage.....	38
<i>10 pav. Priegaudos pasiskirstymas skirtingo tipo gaudyklėse: Maža, Didelė ir Narvas.....</i>	<i>38</i>
Fig. 11 Mean ( $\pm$ SD) entanglement time in Small (N=27) and Large (N=21) pots.....	39
<i>11 pav. Vidutinis įsipainiojimo laikas (<math>\pm</math> SN) mažose (N=27) ir didelėse (N=21) gaudyklėse.....</i>	<i>39</i>
Fig. 12 Distribution of three fish group classes at each pot type (Small, Large and Cage) under salmon farm on the first and second observation days.....	40
<i>12 pav. Trijų žuvų gausumo grupių pasiskirstymas šalia skirtingo tipo gaudyklių (Maža, Didelė ir Narvas) po lašišų fermomis skirtingomis dienomis.....</i>	<i>40</i>
Fig. 13 Distribution of saithe and cod at each pot type (Small, Large and Cage) under salmon farm on the first and second observation days.....	40
<i>13 pav. Ledjūrio menkių ir Atlanto mankių gausumo pasiskirstymas šalia skirtingo tipo gaudyklių (Maža, Didelė ir Narvas) po lašišų fermomis skirtingomis dienomis.....</i>	<i>40</i>
Fig. 14 Distribution of three fish group classes at each of the pot type during salmon feeding time and after feeding.....	41
<i>14 pav. Trijų žuvų gausumo grupių pasiskirstymas skirtingo tipo gaudyklėse po lašišų fermomis lašišų šėrimo metu ir po šėrimo.....</i>	<i>41</i>

## CONTENT

<b>SANTRAUKA</b> .....	<b>6</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>15</b>
<b>I. LITERATURE REVIEW</b> .....	<b>17</b>
1.1 Fish aggregation devices (FADs) .....	17
1.2 Fish aggregation around fish farms .....	18
1.3 Worldwide use of pots .....	19
1.4 Pot material and design.....	21
1.5 Fish behaviour in relation to pots .....	22
1.5.1 Fish attraction to the pots.....	23
1.5.2 Fish behaviour when approaching the pot .....	24
1.5.3 Entrance design and ingress/egress behaviour .....	24
1.5.4 Fish behaviour inside the pot.....	25
<b>II. MATERIALS AND METHODS</b> .....	<b>27</b>
2.1 Study site .....	27
2.2 Pot design .....	28
2.3 Experimental design .....	30
2.4 Behavioural observations .....	31
2.5 Statistical analysis.....	32
<b>III. RESULTS</b> .....	<b>33</b>
3.1 Catch differences between beneath salmon farms and at 100 m control site .....	33
3.2 Catch differences between pot types .....	34
3.2.1 Cod stomach content investigation.....	37
3.2.2 By-catch.....	37
3.3 Video data analysis.....	38
<b>IV. DISCUSSION</b> .....	<b>43</b>
4.1 Catch differences between farms and control locations .....	43
4.2 Catch differences between different pot types .....	44
4.3 Fish behaviour in the vicinity of pots .....	45
<b>CONCLUSIONS</b> .....	<b>49</b>
<b>REFERENCES</b> .....	<b>50</b>

## SANTRAUKA

Kasparas Bagdonas

### LAUKINIŲ ŽUVŲ VERSLINĖ ŽVEJYBA LAŠIŠŲ FERMŲ KAIMYNYSTĖJE: TRIJŲ GAUDYKLIŲ TIPŲ PALYGINIMAS

Ekologijos ir aplinkotyros specialybės magistro baigiamasis darbas

Darbo vadovas: doc. dr. Darius Daunys

Konsultantai: dr. Odd-Børre Humborstad ir dr. Svein Løkkeborg

Klaipėdos Universitetas  
Gamtos ir Matematikos mokslų fakultetas  
Ekologijos katedra  
Klaipėda, 2011

Darbo apimtis 53 puslapiai, 6 lentelės ir 14 paveikslų.

## ĮVADAS

Žuvų išteklių mažėjimas visame pasaulyje sąlygoja sparčią žuvų ir moliuskų akvakultūros plėtrą (Naylor et al., 2000). Akvakultūra pakrančių teritorijose yra milžiniška pasaulinė pramonės šaka, kurioje auginamos kaulinės žuvys, vėžiagyviai ir moliuskai. Atlantinės lašišos (*Salmo salar*) ir vaivorykštiniai upėtakiai (*Oncorhynchus mykiss*) yra rūšys, daugiausiai pasaulyje auginamos Norvegijoje, Škotijoje, Kanadoje ir Čileje, kur yra užauginama daugiau kaip 1,5 milijonų tonų per metus (FAO, 2008). 2008 metais Norvegijos pakrantėje veikė apie 1198 lašišų fermų ir norint užauginti 829 000 tonas lašišų, buvo sunaudota 1,2 milijonų tonų žuvų maisto (Norwegian Directorate of Fisheries, 2009). Fermos daugiausiai įsikūrusios fiorduose keletos kilometrų atstumu viena nuo kitos. Tokie ūkiai pritraukia didelius dugninių ir pelaginių žuvų kiekius. Paprastai žuvys telkiasi po fermomis dėl laisvai prieinamo maisto (Dempster et al., 2010). Apie 5% nesuvartoto maisto krenta žemyn ir Otterå ir kt. (2009) paskaičiavo, kad kiekvienais metais >50 000 tonų nesuvartojamo maisto yra laisvai prieinama žuvims esančioms po narvais.

Atlanto menkė (*Gadus morhua*) ir ledjūrio menkė (*Pollachius virens*) yra pagrindinės žuvų rūšys sutinkamos Norvegijoje po lašišų fermomis (Dempster et al., 2010). Vasaros mėnesiais po fermomis gali telktis daugiau kaip 10 tonų menkiažuvių, kurios užima mažiau nei 1 ha plotą. (Dempster

et al., 2009). Tokie žuvų kiekiai suvartoja didžiulius kiekius nesuvartoto maisto, ir tai pakeičia natūralią racioną (Fernandez-Jover et al., 2011). Ledjūrio menkė gali gauti didžiąją dalį savo raciono iš fermų maisto atliekų. Pagal Dempster ir kt. (2010) Øksfjord fermose daugiau kaip 75% ledjūrio menkių dietos sudaro nesuvartotas lašišų maistas ir tik 30% atlantinių menkių dietos sudaro lašišų maistas, kas parodo, jog menkės yra mažiau priklausomos nuo lašišų maisto nei ledjūrio menkės.

Nors šiuolaikinė žvejyba gaudyklėmis Norvegijoje prasidėjo tik apie 1975 metus, menkių žvejyba gaudyklėmis buvo bandoma nuo 1990 m. vidurio ir dabar tai yra papildomas žvejybos būdas kaip ir statomieji tinklai (Furevik & Lokkeborg 1994). Gaudyklės yra laikomos aplinkai draugiška žvejybos priemone su mažai tikėtiniu šalutinių poveikiu (Jennings and Kaiser, 1998). Dugninės gaudyklės buvo bandomos kaip alternatyva gaudant menkes ir pademonstravo didelius tikslinių rūšių sugavimus (Furevik et al., 2008).

Kiekvienais metais vis labiau didėja konfliktai tarp žuvų augintojų ir žvejų, tarp kurių reikalingas geresnis bendradarbiavimas. Vietinių žvejų intergravimas į akvakultūros verslą, papildytą tradicinę žuvininkystę ir tokiu būdu būtų gaunama nauda iš padidėjusio produktyvumo ir esamų resursų (Akyol and Ertosluk, 2010). Žuvų fermos gali įtakoti žuvų buvimą, kiekį, buvimo laiką ir dietą (Carss 1990, Bjordal & Skar 1992), bet nepaisant akivaizdaus pritraukimo potencialo, mažai yra žinoma apie verslinę žvejybą gaudyklėmis šalia lašišų fermų. Šis tyrimas yra pirmas bandymas užpildyti spragą esančią Norvegijos lašišų ūkiuose.

Darbo tiklas buvo įvertinti verslinės žvejybos galimybes lašišų fermų kaimynystėje.

Tikslui pasiekti buvo išsikelti šie uždaviniai:

1. Palyginti laukinių žuvų sugavimus tarp 100 m saugumo zonos ir už jos ribų.
2. Palyginti sugavimus tarp skirtingų gaudyklių tipų.
3. Paaiškinti sugavimų skirtumus tarp gaudyklių, remiantis žuvų elgsenos stebėjimais.

## LITERATŪROS APŽVALGA

Šiame skyriuje trumpai apžvelgiamos žuvis pritraukiančios plaukiojačios struktūros. Aptariama jų įvairovė, sąvybės, lemiančios žuvų susitelkimą po jomis. Taip pat šioje dalyje trumpai apžvelgiamos pagrindinės žuvų susikaupimo priežastys po įvairiose pasaulio vietose esančiomis žuvų fermomis.

Pateikiama informacija apie pagrindines žuvų gaudyklių konstrukcijos dalis (1 pav.), įvairių tipų, bei formų panaudojimą žuvininkystėje visame pasaulyje (2 pav.). Trumpai aprašoma žuvų elgsena, turinti įtakos sugavimams: kas sąlygoja žuvų susidomėjimą gaudyklėmis, kas vyksta žuviai esant šalia gaudyklės, kas turi lemiamos įtakos, motyvuojančios žuvį įplaukti į gaudyklę ir kaip žuvis elgiasi patekusios į gaudyklę.

## TYRIMO MEDŽIAGA IR METODAI

### Tyrimų vieta

Tyrimas buvo atliekamas Vestfjord fiorde, esančiame šiaurinėje Norvegijos dalyje. Vestfjord fiordas gali būti apibūdinamas kaip siaura gili įlanka arba jūros atšaka esanti tarp Lofoten salyno ir žemyninės Norvegijos dalies, į šiaurės vakarus nuo Bodø (3 pav.). Eksperimentas vyko nuo 2010 spalio 28 dienos iki 2010 lapkričio 5 dienos Mordsund kaime, kuriame įsikūrusi “Lofoten Seafood Export Company“, auginanti lašišas pardavimui. Buvo pasirinktos keturios fermos vietos: A, B, C ir Video, kuriose buvo laikomos skirtingo dydžio atlantinės lašišos (*Salmo salar*). Kiekviena vieta (išskyrus vietą B) buvo papildomai padalinta į 0 m ir 100 m tyrimų vietas pagal atstumus nuo narvų, kuriuose buvo laikomos lašišos. Video pažymėtoje vietoje buvo atliekami laukinių žuvų elgsenos stebėjimai.

### Gaudyklės

Eksperimento metu buvo bandomi trys gaudyklių tipai: Maža, Didelė ir Narvas. Maža ir Didelė – dviejų dalių sulankstomos dugninės žuvų gaudyklės, sukurtos Jūrinių tyrimų instituto mokslininkų (4 pav.). Didžiausią gaudyklę Narvą sukonstravo vietinės lašišų fermos savininkas Ole Vegar Mosseng.

Maža gaudyklė yra 150 cm ilgio, 100 cm pločio ir 120 cm aukščio kai yra išsiskleidusi ant dugno, ir yra 1,8 m<sup>3</sup> tūrio. Gaudyklė apatinėje dalyje turi dvi įėjimo landas. Kad žuvis patektų į viršutinę gaudyklės dalį ji turi pakilti pro siaurą angą, esančią centre gaudyklės viduje. Kai žuvis patenka į viršutinę dalį jai pabėgti iš ten yra labai maža galimybė. Žuvis iš viršutinio ir apatinio gaudyklės skyriaus išimama pro šone esančius plastmasinius horizontalius užtrauktukus. Gaudyklės viduryje yra nailoninis maišas pritvirtintas dviem plastmasiniais segtukais su buteliu pilnu lašišų maisto. Gaudyklei plūdrumą suteikia 6 plūdės, esančios viršutinėje gaudyklės dalyje, o apatinėje dalyje yra pritvirtintas papildomas svoris. Apatinės dalies šone yra žiedas reikalingas pritvirtinti virvei, su kuria pakeliama gaudyklė. Didelė gaudyklė yra tokio paties tipo kaip ir maža tik dvigubai didesnė. Ji yra 300 cm ilgio, 200 cm pločio ir 240 cm aukščio kai yra išsiskleidusi ant dugno, ir yra 14 m<sup>3</sup> tūrio.

Narvas yra didžiausia gaudyklė iš trijų tipų. Tai nejudraus tipo gaudyklė, pagaminta iš 75 mm diametro aliuminio vamzdžio. Apatinė dalis padengta aliuminio struktūra, o viršutinė dalis aptraukta 28,5 mm tinklu. Gaudyklė yra 245 cm ilgio, 245 cm pločio, 320 cm aukščio, bei 19 m<sup>3</sup> tūrio (5 pav.). Kaip ir maža bei didelė gaudyklės apatinėje dalyje turi dvi įėjimo landas. Vidinėje dalyje yra 45 cm pločio, 70 cm ilgio ir 45 cm aukščio tinklinė anga, pro kurią žuvis patenka į viršutinę gaudyklės dalį.

#### Eksperimento planas

Laukinių žuvų sugavimų duomenys buvo surinkti iš keturių skirtingų vietų pažymėtų: A, B, C ir Video. Vietoje, pažymėtoje raide B buvo gaudoma tik 0 m atstumu nuo narvų, dėl blogų oro sąlygų. Kiekviename atstume nuo narvų buvo gaudoma trim gaudyklių tipais: maža, didelė ir narvu. Norint išvegti vietos efekto kiekvieną kartą tikrinant gaudyklės jų padėtis buvo keičiamos rotaciniu principu pagal laikrodžio rodyklę. Kaip jaukas buvo naudojamos lašišų maisto granulės, patalpintos į gaudyklės viduryje kabantį plastikinį butelį su skylėmis.

Buvo pasirinktas dviejų dienų žvejybos laikotarpis, bet dėl blogų oro sąlygų gaudyklės buvo patikrintos tik tris kartus: 2 dienos, 5 dienos ir vėl 2 dienos. Audros metu vietoje pažymėta raide C buvo prarasta maža gaudyklė. Vietos, pažymėtos raidėmis A ir C buvo tikrinamos kas antrą dieną, t.y. vieną dieną vieta A, o kita dieną vieta C.

Eksperimento metu kiekvieną kartą tikrinant gaudykles buvo matuojamas visų sugautų žuvų ilgis 1 cm tikslumu. Taip pat buvo analizuojamas Atlanto menkių skrandžių turinys iki žemiausio įmanomo taksonominio lygmens. Vėliau aukos, aptiktos menkių skrandžiuose buvo priskiriamos vienai iš trijų kategorijų: Ledjūrio menkė, lašišų maisto granulės ir kita. Atlanto menkės buvo suskirstytos į dvi ilgių grupes: >60 cm ir <60 cm, siekiant nustatyti skirtingų dydžių žuvų teikiamą pirmenybę aukoms. Toks dydžių suskirstymas buvo pasirinktas pagal tai, kad Atlanto menkė, mažesnė nei 60 cm, negali praryti vidutinio dydžio Ledjūrio menkės, sugautos gaudyklėse.

#### Elgsenos stebėjimai

Elgsenos stebėjimai vyko Video pažymėtoje vietoje. Video filmavimai buvo atliekami po dvi dienas kiekvienam gaudyklės tipui. Narvui filmavimas buvo pakartotas du kartus dėl blogos gaudyklės padėties ant dugno. Kitą dieną gaudyklė buvo nuvirtusi ant šono ir filmavimas buvo pakartotas. Filmavimas prasidėdavo anksti ryte tarp 7:00 ir 7:30 val. ryte ir baigdavosi vėlai vakare, kai nusileisdavo saulė. Kiekvieną vakarą į krantą buvo parplukdoma baterija, kad pakrauti per naktį.

Kamera buvo tvirtinama ant stiklo pluošto vamzdžio, kuris vėliau buvo tvirtinamas prie gaudyklės apatinės dalies šono (6 pav.). Kamera su baterija buvo sujungta 9 mm poliuretano kabeliu. Duomenys į krantą buvo perduodami ant baterijos esančių siūstuvu ir krante įrašomi EZViewLog500 programa. Kameros pozicija buvo valdoma nuo kranto nuotolinio valdymo pultu. Filmuotos medžiagos įrašai buvo daromi nepertraukiamai nuo ryto iki vakaro. Filmuota medžiaga buvo analizuojama Sony Vegas Pro version 8.0 programa.

#### Duomenų analizė

Duomenų analizei buvo naudojamas porinis Wilcoxon testas, kurio pagalba buvo tiriami skirtumai tarp sugavimų bei žuvų dydžių tarp skirtingų atstumų nuo lašišų narvų, bei skirtumai tarp skirtingų gaudyklių tipų. Buvo naudojamas tik šis testas, nes esami duomenys netenkino parametrinių testų prielaidų. ir visų analizių metu pasirinkta  $\alpha = 0,05$ . Duomenų analizė atlikta naudojantis STATISTICA 7.0 statistine programa.

#### TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Per pastaruosius dešimtmečius žuvų auginimas išsiplėtė visame pasaulyje ir vis dar plečiasi. Daugelis tyrimų parodė, kad pakrantėje esančios žuvų fermos pritraukia didžiulius kiekius laukinių žuvų (Carss, 1990; Dempster et al., 2002; Dempster et al., 2010). Šis tyrimas patvirtina ankstesnių tyrimų rezultatus, kad Ledjūrio menkės yra dažniausiai sutinkama žuvų rūšis po lašišų fermomis Norvegijoje (1 lentelė) (Carss, 1990). Tyrimo metu net 94% visų sugavimų sudarė Ledjūrio menkės (*Pollachius virens*). Dempster et al., (2010) taip pat parodė, kad Øksfjord fiorde, net 91% visų sugavimų sudarė ledjūrio menkės, 7% - Atlanto menkės ir 3% - juodadėmės menkės.

Statistiškai reikšmingi sugavimų skirtumai buvo nustatyti tarp vietų, besiskiriančių atstumu nuo fermų (1 lentelė). Po lašišų fermomis buvo sugauta iki 15 kartų daugiau žuvies nei 100 m atstumu nuo jų ( $p < 0.01$ ,  $N = 12$ ). Mūsų rezultatai yra panašūs į tuos, kuriuos nustatė Carss (1990), jog Ledjūrio menkės sugavimai sudaro iki 12,1 kartų daugiau, nei kontrolės vietose. Tai patvirtina ir Dempster et al. (2009) tyrimų rezultatai, kurie nustatė, kad didelės laukinių žuvų sankaupos skiriasi nuo tų žuvų kiekių, kurie yra sutinkami kontrolės vietose. Taip pat buvo nustatyta, jog po lašišų narvais (0 m) sugaunamos statistiškai didesnės menkės ( $p < 0.05$ ,  $N = 8$ ), nei 100 m atstumu nuo jų (7 pav.). Tai galima būtų paaiškinti tuo, jog po fermomis yra dideli kiekiai Ledjūrio menkių, kurios yra Atlanto menkių maisto šaltinis.

Buvo nustatyti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp to paties tipo, bet skirtingo tūrio gaudyklių (2 lentelė). Didelės gaudyklės gaudė beveik tris kartus daugiau žuvies, nei mažos gaudyklės. Tačiau nebuvo stebima statistiškai reikšmingų skirtumų tarp sugaunamų žuvų ilgių (3 lentelė). Tai patvirtina Furevik and Lokkeborg (1994) tyrimų rezultatus, kad didesnės gaudyklės sugauna didesnius kiekius žuvų. Munro (1974) bandė tuos skirtumus paaiškinti tuo, kad tikimybė žuviai pabėgti yra atvirkščiai proporcinga gaudyklės dydžiui.

Lyginant sugavimus tarp skirtingų gaudyklių tipų, buvo nustatyta, jog narvai pasižymėjo didesniais sugavimų kiekiais, nei kitos gaudyklės. Narvai sugavo statistiškai reikšmingai daugiau Atlanto menkių, nei didelės gaudyklės ( $p < 0.05$ ,  $N = 10$ ) (4 lentelė), ir mažos gaudyklės ( $p < 0.01$ ,  $N = 10$ ) (5 lentelė). Taip pat narvai sugavo statistiškai reikšmingai didesnes Ledjūrio menkes ( $p < 0.01$ ,  $N = 8$ ) lyginant su didelėmis gaudyklėmis (8 pav.), o lyginant su mažomis gaudyklėmis nebuvo stebima skirtumo tarp žuvų dydžių. Sugavimų skirtumus galima būtų paaiškinti tuo, jog Ledjūrio menkės yra pritraukiamos masalo kvapo, o didelės Atlanto menkes traukia Ledjūrio menkės, todėl dėl didelių Ledjūrio menkių kiekių narvuose galimas didelių menkių sugavimas. Kita priežastis gali būti landa. Narvai turi daug didesnes landas, kas leidžia didesnėms menkėms patekti į gaudyklę.

Atlanto menkių skrandžių analizė parodė, jog menkės didesnės nei 60 cm turėjo iki 10 kartų daugiau Ledjūrio menkių, ir du kartus mažiau lašišų maisto granuliu nei menkės mažesnės nei 60 cm (9 pav.). Tai patvirtina Fernandez-Jover et al., (2011) rezultatus, kurie rodo, jog tik 30% menkių dietos Øksfjord fiorde yra lašišų maisto granulės ir tai parodo, kad menkės yra mažai priklausomos nuo šio maisto šaltinio.

Ekperimento metu kaip priegauda buvo sugautos keturios kitos rūšys: valgomasis krabas (*Cancer pagurus*), europinė plekšnė (*Pleuronectes platessa*), brosmė (*Brosme brosme*) ir Atlanto vilkžuvė (*Anarhichas lupus*) (10 pav.). Didžiausią priegaudos dalį sudarė valgomasis krabas. Net 61,5% valgomąjį krabą priegaudos buvo sugauta 100 m atstumu nuo lašišų narvų tačiau nebuvo stebimi statistiškai reikšmingi skirtumai nei tarp vietų, nei tarp gaudyklių tipų. Furevik et al. (2008) nustatė, kad gaudyklės, esančios 70 cm virš dugno labai sumažina krabų priegaudą.

Filmuotos medžiagos analizė parodė, jog tik maža dalis žuvų įlenda į mažą ir didelę gaudyklę pirmą dieną. Daugiausiai žuvys sulenda į gaudyklę tamsiu paros periodu, kai nevyksta filmavimas dėl per mažo apšvietimo. Kitaip nei į mažą ir didelę gaudyklę, į narvą žuvys sulenda labai greitai, pirmomis minutėmis, kai gaudyklė nusileidžia ant dugno. High and Beardsley (1970) tai bandė paaiškinti tuo, jog tai gali būti sąlygojama socialinės motyvacijos ir tai lemia žuvis įplaukti į gaudyklę.



Gana dažnai buvo stebimos įsipainiojančios Ledjūrio menkės mažų ir didelių gaudyklių landose. Tokia Ledjūrio menkių elgsena buvo stebima tik pirmą dieną abiejų tipų gaudyklėse. Buvo stebimas 3 kartus dažnesnis įsipainiojimas didelės gaudyklės atveju, kai skersai įėjimo buvo užsikabinusi virvė. Toks Ledjūrio menkių elgesys parodo žuvų susidomėjimą gaudykle. Norint užtikrinti gerus sugavimus reikalingas tinkamas ir detalus gaudyklių patikrinimas prieš jas pastatant.

Šalia visų gaudyklių tipų žuvis buvo dažniausiai stebimos grupėse, sudarytose iš mažiau nei 10 individų (12 pav.). Nebuvo pastebėta statistiškai reikšmingų skirtumų tarp skirtingų dienų ar gaudyklių tipų lyginant žuvų grupių dydį. Tai rodo, kad didžiausią dalį žuvų susidomėjusių gaudyklėmis sudaro pavieniai individai. Lyginant skirtingų rūšių susidomėjimą gaudyklėmis, buvo stebimas didesnis Ledjūrio menkių susidomėjimas gaudyklėmis pirmą stebėjimų dieną, o Atlanto menkės parodė didesnę susidomėjimą gaudyklėmis antrą dieną. Tai gali būti sąlygojama jauko kvapo intensyvumo vandenyje. Ledjūrio menkes labiau vilioja jaukas esantis gaudyklės viduje, o Atlanto menkes vilioja gaudyklėse esančios Ledjūrio menkės.

Lašišų šėrimo metu nuo (8 val. iki 12 val. ryto) buvo stebimas mažesnis žuvų susidomėjimas visų tipų gaudyklėmis (14 pav.). Statistiškai reikšmingi skirtumai tarp susidomėjimo gaudyklėmis buvo stebimi tik tarp grupės mažiau nei 10 individų ( $p < 0.05$ ) tarp visų gaudyklių tipų. Tai parodo, jog lašišų maitinimo laikas nesąlygoja žuvų susidomėjimo gaudyklėmis.

Filmuotos medžiagos analizės metu buvo stebima skirtingų žuvų rūšių skirtinga elgsena patekus į gaudykles. Ledjūrio menkės patekusios į mažą ir didelę gaudykles pradeda panikuoti, blaškytis, o Atlanto menkės yra ramios. Tačiau po kurio laiko Ledjūrio menkės nurimsta, o Atlanto menkės atvirkščiai – tampa aktyvios ir ieško išėjimo. Visų stebėjimų metu tik viena menkė sugebėjo pabėgti iš didelės gaudyklės. Mūsų rezultatai patvirtina Furevik and Løkkeborg (1994), jog menkės gaudyklės viduje tampa aktyvesnės.

Taip pat video analizės metu buvo stebima agresyvi Atlanto menkių elgsena tiek gaudyklės viduje, tiek jos išorėje. Atlanto menkė puldinėjo viduje esančias Ledjūrio menkes tiek būdama gaudyklėje, tiek būdama šalia gaudyklės. Menkė pasirinkdavo vieną auką iš būrio ir visą laiką puldinėdavo tą pačią, kol pagaliau ją pagaudavo ir prarydavo. Po to kai menkė pasiekdavo tikslą, ji tapdavo rami ir ramiai plaukiodavo po gaudyklę. Sugavimų analizė, skrandžių turinio analizė ir žuvų elgsenos stebėjimai įrodo, kad gaudyklių naudojimas šalia fermų gali būti efektyvus ir aplinkai draugiskas laukinių menkiažuvų žvejybos būdas.

## IŠVADOS

1. Sugavimai visų tipų gaudyklėmis parodė, kad po lašišų fermų narvais buvo sugaunama 15 kartų daugiau žuvies, nei 100 m atstumu nuo narvų. Buvo gauti statistiškai reikšmingi skirtumai tarp Ledjūrio menkių ir Atlantinių menkių, bei bendrų sugavimų ( $p < 0.01$ ). Taip pat po lašišų narvais buvo sugautos statistiškai reikšmingai didesnės Atlanto menkės, nei 100 m atstumu nuo jų ( $p < 0.05$ ).
2. Sugavimų analizė parodė, jog didelės gaudyklės buvo tris kartus efektyvesnės nei mažos gaudyklės ( $p < 0.01$ ). Buvo nustatyta, jog nejudraus narvo tipo gaudyklės pasižymėjo du kartus didesniais Atlanto menkių sugavimais nei didelės gaudyklės ( $p < 0.05$ ) ir gaudė statistiškai reikšmingai didesnes Ledjūrio menkes ( $p < 0.01$ ) nei didelės gaudyklės. Narvai sugavo penkis kartus daugiau Atlantinių menkių ir 13 kartų daugiau bendro žuvų kiekio nei mažos gaudyklės ( $p < 0.01$ ).
3. Atlanto menkių skrandžių turinio analizė parodė, kad mažų Atlantinių menkių skrandžiuose buvo daugiau lašišų maisto granuliu, o didelės Atlanto menkės skrandžiuose turėjo daugiau Ledjūrio menkių. Tai rodo jog abu faktoriai įtakoja menkiažuvių buvimą po narvais.
4. Filmuotos medžiagos analizė parodė, jog žuvys daugiausiai įlenda į gaudykles tamsiu paros periodu, lyginant su šviesiu periodu.
5. Dažniausiai prie gaudyklių buvo stebimos Ledjūrio menkių grupės iš  $>10$  individų ir pavieniai Atlanto menkių individai. Ledjūrio menkės rodė didesnę susidomėjimą gaudyklėmis pirmą dieną nei antrą, o Atlanto menkės elgėsi priešingai.
6. Lašišų maitinimo metu buvo stebimas mažesnis žuvų susidomėjimas gaudyklėmis nei po maitinimo.
7. Ledjūrio menkės patekusios į gaudyklę tampa ramios, o Atlanto menkės priešingai – aktyvios. Agresyvus Atlanto menkių elgesys buvo stebimas ir gaudyklių viduje, ir už jų.

## SUMMARY

Kasparas Bagdonas

### CAPTURE OF WILD FISH ASSEMBLAGES IN THE VICINITY OF SALMON FARMS: A COMPARISON BETWEEN THREE POT TYPES

Master's thesis in Ecology and Environmental Sciences

Supervisor: Dr. Darius Daunys

Co-supervisors: Dr. Odd-Børre Humborstad and Dr. Svein Løkkeborg

Klaipėda University

Faculty of Natural and Mathematical Sciences

Department of Ecology

Klaipėda, 2011

The coverage of the work 53 pages, 6 tables and 14 pictures.

Sea-cage farming attracts large numbers of both pelagic and demersal wild fish, a result of uneaten or wasted food and profuse fouling around the cages as well as through Fish Attraction Devices (FADs). The main objective of this study is to investigate the potential for harvesting wild fish populations in the vicinity of salmon farms. This study was conducted in the Vestfjord (Mortsund village), in northern Norway, from October 28th 2010 – November 5th 2010. Catch data were collected with three different pot types: Small, Large and Cage. Behavioural observations were obtained from video recordings.

Saithe (*Pollachius virens*) was the most common species, at 94% of the total catch. Significantly higher catches were made at salmon farms than at control locations. The catch data also demonstrated that larger (in length) Atlantic cod were caught below salmon farms. Larger pots were more effective than small ones. Comparing different pot types, rigid pots were more effective than mobile pots. Stomach content analysis demonstrated that small Atlantic cod feed on pellets and large Atlantic cod on saithe. Behavioural observations showed that pots are most effective at dawn. During salmon feeding times, fish were less interested in all pot types than afterwards.

## INTRODUCTION

The worldwide decline of ocean fisheries stocks has provided an impetus for rapid growth in fish and shellfish aquaculture (Naylor et al., 2000). Coastal aquaculture is a large and expanding global industry that produces bony fish, crustaceans and shellfish. The farming of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in sea-cages mostly occurs in Norway, Scotland, Canada and Chile, and produces over 1.5 million tons of fish a year (FAO, 2008). On the Norwegian coast, 1198 coastal sea-cage salmonid farm concessions were operating in 2008, and these used 1.2 million tonnes of fish food to produce 829 000 tonnes of fish (Norwegian Directorate of Fisheries, 2009). Farming is mostly concentrated in particular fjords, with farms spaced several kilometres apart. Cage farming attracts large numbers of both pelagic and demersal wild fish. Aggregation by wild fish at fish farms is primarily due to the increased presence of food (Dempster et al., 2010). The amount of food that goes uneaten by salmon during production and falls through the sea-cages as waste is estimated to be up to 5% (Otterå et al. 2009), suggesting that >50 000 tons of waste feed is directly available to wild fish in the vicinity of farms each year.

Wild carnivorous gadoid fish such as Atlantic cod (*Gadus morhua*) and saithe (*Pollachius virens*), are the main fish found around Norwegian fish farms (Dempster et al., 2010). Aggregations of gadoids around fish farms have been estimated to be more than 10 tonnes in the summer months within the typically less than 1 ha of surface area that salmon farms occupy (Dempster et al., 2009). These wild gadoids consume large amounts of waste feed in the vicinity of farms, which results in a significant shift away from their natural diets (Fernandez-Jover et al., 2011). Saithe can obtain a significant proportion of their diet from waste feed. According to Dempster et al., (2010), over 75% of the diet of saithe is composed of salmon feed, while only 30% of the diet of Atlantic cod caught adjacent to farms in Øksfjord was waste salmon feed, suggesting that Atlantic cod are less reliant on this food source than saithe.

Although modern pot fisheries in Norway started around 1975, the pot fishery for cod has been tested in Norway since the mid-1990's and is now a complement to the gillnet fishery (Furevik and Lokkeborg 1994). Pots are generally regarded as an environmentally friendly fishing gear with low potential for undesirable side-effects (Jennings and Kaiser, 1998). Bottom-set pots have been tested as an alternative method of catching cod, and have occasionally produced high catch rates of the target species (Furevik et al., 2008).

Conflicts between aquaculture and local fishers are tending to increase every year and better cooperation is needed. The integration of local fisheries into aquaculture enterprises, complementary to

traditional fisheries, would thus profit most from marine productivity and resources (Akyol and Ertosluk., 2010). Fish farms can affect the presence, abundance, residence times and diet of fishes in a given area (Bjordal and Skar 1992, Carss 1990), but despite the obvious potential for attraction, little is known about the commercial capture of wild fish aggregations by pots in the vicinity of salmon farms. This study is the first attempt to fill this gap in commercial capture studies of wild fish beneath Norwegian salmon farms.

The main objective of this study was to investigate the potential for harvesting wild fish in the vicinity of salmon farms.

The following tasks were defined to reach the above objective:

1. Compare catch rates beneath net pens and at the 100 m safety zone.
2. Compare catch rates between three different types of pot.
3. Use video observations of fish behaviour to explain potential differences in catch rates between the pots.

## I. LITERATURE REVIEW

### 1.1 Fish aggregation devices (FADs)

Floating structures are widespread throughout the oceans, seas and other water bodies, and they attract a wide diversity of both juvenile and adult fish in great numbers (Dempster and Taquet, 2004; Dempster and Kingsford, 2003). These structures may be natural drifting objects, such as logs, seaweed rafts and jellyfish, or artificial structures that may be either moored or drifting, such as rubbish (Fernandez-Jover et al., 2008), buoys, rafts, man-made fish aggregation devices, coastal sea-cage fish farms (Dempster et al., 2002; 2004) and oil platforms (Dempster and Taquet, 2004; Løkkeborg, et al., 2002). FADs have traditionally been defined as objects placed in the ocean specifically to attract fish for capture. FADs are used widely in tropical and semi-tropical waters by recreational, artisanal and commercial fishers to concentrate pelagic fish for capture.

Historically, the idea of grouping fish around floating structures to improve catches comes from traditional coastal fishing. The first observations of aggregative behaviour date back to the 8th century B.C. (a painted Greek vase depicting fish, probably the pilot fish (*Naucrates ductor*), aggregated under the corpses of shipwrecked people: this was found in a settlement on the island of Ischia, Italy (Castro et al., 2002). The earliest known use of FADs dates back to 200 AD in the Mediterranean, when the Roman author Oppian described the use of FADs to catch dolphinfish (Dempster and Taquet, 2004). The first commercial fish aggregating devices (FADs) were installed in the Philippines at the beginning of 1960-70 in order to attract yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) (Castro et al., 1999; Castro et al., 2002).

Coastal fish farms are similar to large FADs insofar as the floating cages provide structures in the pelagic environment like FADs, and the unused portion of feed that falls through the cages probably enhances the attractive effect (Dempster et al., 2002). Since the appearance of the first sea-cage fish farms in the early 1980s, the number of installations has increased dramatically in the coastal waters of the Mediterranean with hundreds of farms in Greek and Spanish waters (Dempster et al., 2002; Valle et al., 2007).

The physical characteristics of floating objects (size, structure, colour, presence of epibionts, etc.) are thought to play a role in attracting fish. However, there are no observations that clearly indicate any particular characteristic that might explain differences in their ability to attract fish (Castro et al., 2002).

Several hypotheses have been put forward to explain aggregative behaviour around floating objects. The most widely held hypothesis is that fish use floating materials because they afford some protection from predators, either via direct shelter provided by the structure, or via camouflage and mimicry or some other mechanism of interference with a predator's ability to capture prey (Castro et al., 2002). Another hypothesis is that fish aggregations are motivated by trophic factors. Carnivorous gadoid fish, such as Atlantic cod, saithe and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*), are the main species present around Norwegian fish farms (Dempster et al., 2010). Fernandez-Jover et al., (2011) indicates that wild gadoids consume large amounts of waste feed in the vicinity of farms, which results in a significant shift away from their natural diets.

A range of sensory processes may be involved in pelagic fish being able to find and remain associated with floating structures. These include vision, odour, sound or vibrations, tactile and magneto-reception (Dempster and Taquet., 2004). Vision appears to be involved in attracting some species of fish to FADs, although its importance may differ depending upon whether FADs are moored or drifting.

## **1.2 Fish aggregation around fish farms**

Fish assemblages around farms depend on environmental conditions such as coastal morphology, distance to the coast, currents, depth, farm characteristics such as the quantity of feed being lost and the composition of the fish fauna in adjacent waters. Wild fish assemblages at fish farms differ from control locations. Dempster et al., (2009) indicated that wild fish assemblages at salmon farms in Norway were consistently different from those at natural control locations. This difference is due to higher abundances of Atlantic cod, saithe, haddock, and mackerel (*Scomber scombrus*) at farms compared to controls, rather than differences in the species present at farm and control sites, indicating that farms attract and concentrate fish from surrounding habitats.

Dempster et al., (2002) demonstrated that coastal sea-cage fish farms attract wild fish in great numbers and biomass. One of the core factors affecting wild fish abundance and biomass at fish farms is distance from farms. According to Dempster et al., (2010), the greatest concentrations of wild fish occur immediately beneath farms, with a steep decline in the abundance of fish only tens or hundreds of metres away. Dempster et al., (2002) suggested that another reason may be that the abundance, biomass and range of wild fish species decrease with increasing distance of farms from shore.

Comparison with other FAD-associated assemblages in the Mediterranean enables us to determine to a certain extent the effect of the floating farm structure itself. The fish species that

dominate assemblages around fish farms clearly differ in terms of abundance from both natural and artificial FAD-associated assemblages (Dempster et al., 2002). Fish farms thus do not act as conventional FADs in attracting wild fish. A combination of the constant availability of artificial food and possible chemical attraction from farmed fish (1 to 3 million per farm) probably greatly influences which species of wild fish associate with farms (Dempster et al., 2002).

Whether wild fish aggregate tightly or more loosely around farms may depend on behaviour specific to individual species or on specific physical or biological characteristics of farms. Saithe, which are predominantly pelagic feeders, were consistently found in far higher concentrations immediately beside and beneath cages than 25, 50, 100 and 200 m away from the edge of the nearest cage. This pattern of ‘tight aggregation’ around farms corresponds to the finding that over 75% of the diet of saithe consists of salmon feed that has fallen through the cages when they school in the vicinity of farms (Dempster et al., 2010).

### **1.3 Worldwide use of pots**

The literature on pots has recently been reviewed by Thomsen et al. (2010), and the following overview is largely built on their review.

Fishing is one of the oldest ways by which people have fed themselves and their families (Slack-Smith., 2001) and one of the oldest fish-capture techniques is by pot. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) fishing gear classification, “pots” are a subgroup of traps. Pots are passive fishing gear set on the bottom, with or without bait, singly or in rows, connected by ropes (buoy-lines) to buoys on the surface showing their position (Nédélec and Prado., 1990). According to Gabriel et al., (2005), pots are three-dimensional traps, which means that their catching chamber is completely closed with exception of one or more entrances secured by non-return devices. The common parts of pots are shown in (Fig. 1).

Pots are important fishing gears for crustaceans (crabs and lobsters), but for fish they are less commercially important than other types of gear. However, fish pots are important in some regions. For instance, coral reefs are among the most diverse and productive habitats in the world and pot fisheries that target coral reef fish are perhaps the most multi-species fisheries in the world (Robichaud et al., 2000). In tropical waters, coral reefs and outcrops largely prohibit fishing with trawl and many other gears, while pots are often the preferred gear for bottom-dwelling fish species. In other parts of the world, pots have found use in specific areas or fisheries due to their special characteristics, mainly because of their low impact on the habitat and their ability to capture fish alive (Thomsen et al., 2010).



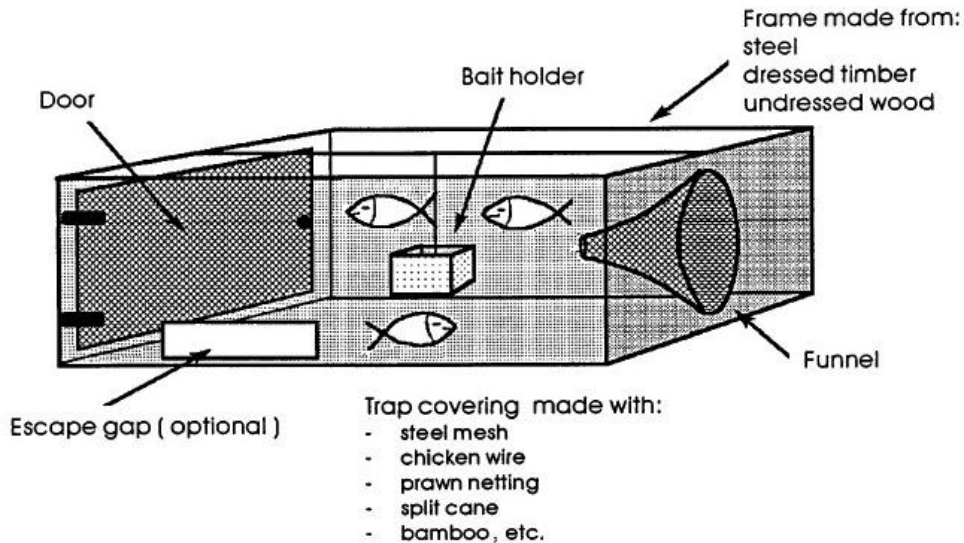


Fig. 1. The various elements of a box like pot (Slack-Smith, 2001)  
*1 pav. Pagrindiniai dėžės tipo gaudyklės elementai (Slack-Smith, 2001)*

Fish pots are probably best known from the Caribbean, where the Antillean pot has been the principal fishing gear for centuries (Munro et al., 1971). The type of pots used throughout the Caribbean is bound by tradition and they are usually constructed from locally available materials (Thomsen et al., 2010). They are principally used in tropical waters and have been successfully used to take emperors (*Lethrinidae*), snappers (*Lutjanidae*), grouper (*Epinephalidae*), bream (*Sparidae*), parrot fish (*Scaridae*), goat fish (*Mullidae*) and trevallies (*Carangidae*) (Slack-Smith, 2001).

Many Asian countries and island countries in the Indian Ocean have a tradition of using pots (Thomsen et al., 2010). Since 1990 a live food-fish trade has developed throughout Southeast Asia, and in some places up to 55% of live catches come from pots. Pots are widely used in various parts of Japan together with other fishing gears. For instance a pot fishery was introduced to the Matsumae area of Hokkaido, Japan, in the 1980s and arabesque greenling (*Pleurogrammus azonus*), hokke in Japanese, is an economically important marine resource, making up one of the most important total catches by the coastal fishery in Hokkaido (Li et al., 2006).

In Europe, the commercial use of fish pots is of minor importance compared with that of other fishing gears like all types of trawling, gillnets and other types. In Norway there is a limited small-scale fishery for wrasse (*Labridae*) that are used as cleaner fish in the salmon farming industry (Thomsen et al., 2010).

Modern pot fisheries in Norway started about 1975 when large pots, similar to those used in the sablefish (*Anoplopoma fimbria*) fishery in the North Pacific, were introduced. However, local pot fisheries already existed, especially on the coast of southern Norway, where cylindrical wire pots were used, primarily in the shallow-water Atlantic cod fishery. The catch rate was fairly low, but was partly compensated for by higher prices obtained on the live fish market (Furevik and Løkkeborg, 1994). Recently, Norwegian scientists developed a new two-chamber pot for Atlantic cod, torsk (*Brosme brosme*) and ling (*Molva molva*). These pots have enjoyed some success, and a few coastal vessels have changed from longlining and gillnetting to pot fishing (Thomsen et al., 2010).

A great variety of portable fish pots are used throughout the world, but the basic concept is the same in almost all cases (Munro, 1974). Commercial fish pots are produced in various sizes and designs, ranging from small pots that can be easily handled by one person to large heavy pots that can only be operated from large purpose-built vessels with special handling equipment (Thomsen et al., 2010).

#### 1.4 Pot material and design

In early times humans used pots made from natural materials, but nowadays pots are made from several different types of material.

**Wooden pots.** Wooden pots, like other types of fishing gears made of this material were used in the early stages in the development of fishing technology. Nevertheless, certain types of wooden pots still have an important place in some fisheries, because of their great stability, especially in rivers and coastal waters. The large numbers of wooden pots used to catch crustaceans in the offshore fisheries in Norway, Great Britain and France are a good example of their usefulness in industrial fisheries (Gabriel et al., 2005).

Traditional wooden pots are built from strips of reed, split bamboo, rattan or wooden laths (Fig. 2). They may be plaited in a similar manner to the early agricultural wicker baskets or carefully woven like mats. They can be made of parallel strips of wood, as used to catch European crayfish, or of parallel sticks, sometimes with large square meshes as in some African fisheries. They can also be plaited in a complicated hexagonal shape or a seldom-used pentagonal shape. Wooden pots are easily transportable, but because of the material from which they are made, they are limited in size. Another problem is that when they are soaked with water, large wooden pots become very heavy.

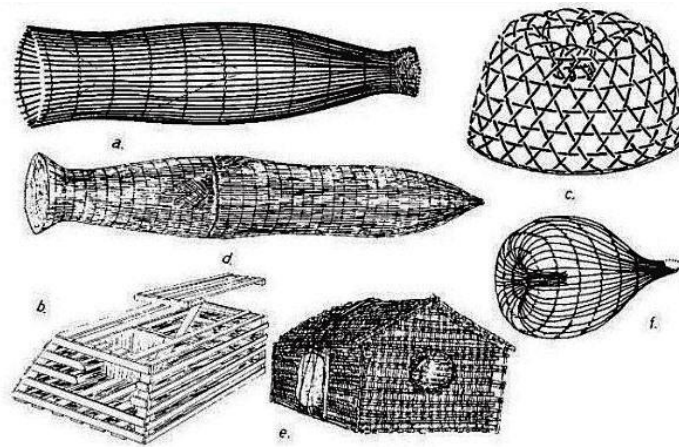


Fig. 2. Different types of wooden pots (Gabriel et al., 2005)  
 2 pav. *Ivairaus tipo medinės gaudyklės (Gabriel et al., 2005)*

**Wire pots.** An early method of making pots for catching fish, crayfish or even beavers was to use hexagonal chicken or poultry wire in different forms. The disadvantage of pots made of wire is that they are vulnerable to rust, even when galvanized. Nevertheless they are well known in both freshwater and marine fisheries. In marine fisheries wire pots are sometimes protected against corrosion by zinc and aluminium anodes.

Unlike wooden pots and wire pots, those made of netting require a supporting structure to keep them in the correct shape. While fish pots made from solid materials maintain their shape, the netting used for pots must be kept under tension by frames.

Enclosed transportable pots are by far the most common type of trap used throughout the world (Gabriel et al., 2005). The pots are many different types and shapes: rectangular, stellate, hexagonal, chevron-shaped, sigmoid, conical, semi-cylindrical, circular and heart-shaped (arrowhead), and the shape is often based on traditional designs which are in turn influenced by the availability and nature of materials used in their construction (Munro, 1974).

### 1.5 Fish behaviour in relation to pots

The catching success of pots depends on their ability to attract fish, lure the fish inside and keep them in captivity until the pot is retrieved (hauled) (Thomsen et al., 2010). The behaviour involved in the catching process of baited pot can be divided into several phases:

- Behaviour before stimulation
- Arousal to the presence of bait
- Localization of the food odour source

- Approaching the pot
- Ingression and entrapment
- Capture or possible capture (Thomsen et al., 2010).

The first three phases of the catching process of baited fish pots, involving chemoreception and food localization, are similar to those with other baited gear such as hooks (Thomsen et al., 2010).

### 1.5.1 Fish attraction to the pots

Attraction to unbaited pots involve several interacting factors such as exploratory behavior, adoption of the pot as a shelter or residence, intraspecific social behaviour and predator-prey interactions.

Fish attracted to the pot react in several different ways. Fishing experiments in Antillian fish traps near a Bermuda reef showed that the probability of different species of fish being attracted to traps is related to their home range and their behaviour. Some species have restricted home ranges and rarely move far away from the reef during any part of their activity cycle, while others may move considerable distances, usually at night, to feeding grounds. High and Beardsley (1970) remarked on the much increased catch of squirrelfish when a trap was moved from 15 feet to only five feet from the reef.

Bait also play very important role in attracting fish to pots. Valdemarsen et al., (1977), in studies of the behaviour of some gadoid species in relation to traps clearly demonstrated the significance of the bait. Without bait, only a few fish were interested in the trap and no fish butted against the net. Different fish species prefer different types of bait. Furevik and Løkkeborg (1994) showed that cod prefer squid and crab to herring as bait. Squid bait also produced higher catch rates of torsk than herring bait, but the difference was less pronounced than for Atlantic cod. Cole et al., (2003) used paua (*Haliotis iris*) guts instead of pilchards as bait for blue cod and found paua gut-baited pots caught more blue cod but the fish were smaller. In some areas, paua guts have been adopted by the fishery in order to increase selectivity for blue cod (*Parapercis colias*).

Løkkeborg (1990) showed that baited fishing gear releases potential feeding attractants at a high rate at the beginning of the fishing period, and then at a lower and steadily decreasing rate. If chemical attractants are essential for the efficiency of baited gear, it follows that the gear is most effective shortly after it is set. Furevik (1994) reported that most fish arrived at the pot within two hours of deployment and only a few fish arrived after one to two days.

### 1.5.2 Fish behaviour when approaching the pot

When fish arrive at a pot their behavior will be influenced by "short-range" senses such as vision and lateral line stimulation (Thomsen et al., 2010). High and Beardsley (1970) observed interspecies differences in behaviour around fish pots. Groupers (*Epinephelus malabaricus*) were consistently found as solitary individuals and approached the pot with caution, while schooling species entered the pot as a group (squirrelfish and goatfish) or independently (parrotfish, bigeyes) and paired fish (butterfly fish and some parrot fish) followed their mates readily into the pots (Thomsen et al., 2010). Atlantic cod and ling exhibited search behavior and would occasionally butt against the net. Torsk and Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*) appeared to approach the pot more slowly. Haddock also seemed to be more cautious in their approaches to the pot than Atlantic cod and ling (Furevik, 1994).

Fish usually display a tendency to approach the bait against the direction of the current down which the bait plume had dispersed. Most fish attracted to a baited pot stay quite close to the pot in the downstream area irrespective of the position of the entrance relative to the current (Furevik 1994). Only a few fish were sufficiently motivated to enter the pot to reach the bait inside (Thomsen et al. 2010).

As fish arrive at baited pots from downstream, it is obvious that pot entrances should face downstream so that fish can more easily reach the entrance. But that does not always happen. Valdemarsen et al., (1977) showed that fish were never observed to enter the trap downstream if the entrance faced the wrong direction. Consequently, in practice fish traps should ideally be placed with the funnel end pointing in the direction of the current. Furevik et al., (2008) demonstrated better catch rates in pots anchored at one end and floated off the bottom, which allows the pot to turn in response to changes in current so that the entrance is always facing downstream.

### 1.5.3 Entrance design and ingress/egress behaviour

Several studies have shown that large numbers of fish arrive at a pot but that the number that enter remain low. Valdemarsen et al., (1977) caught only 16 of 1033 gadoids that entered the potting area and concluded that pots catch only a small proportion of the fish that come into contact with the gear. Cole et al., (2004) made continuous video recordings of entries and exits from blue cod pots and found that less than 8% of approaches to the pot entrance during 30minute sets led to pot entries, and that 34% of the blue cod that entered were able to escape the pot before it was hauled.

The motivation of a fish to enter a pot may depend on the state of the fish as well on environmental variables (Thomsen et al., 2010). It has been shown that hunger and light level alter the responses of fish to bait, and the activity and feeding motivation of the fish may be affected by environmental factors such as temperature (Thomsen et al., 2010). According to Munro (1974), catch rates of pots are affected by the phase of the moon or its corresponding tidal rhythms. In Jamaica, at Port Royal, ingress rates were lowest shortly after the quarter moon (Munro et al., 1971).

One of the critical phases in pot fishing is when fish move into the entrance area (Furevik, 1994). The design of the entrance is thus crucial to the fishing success of the pot. When species enter, some are more cautious than others. Atlantic cod and Atlantic wolffish may push aside part of a net panel at the entrance to enter the pot, whereas haddock and ling actively search, but they may turn if they meet resistance (Furevik, 1994).

Luckhurst and Ward (1985) tested two types of pots with straight and horse-neck funnels. Antillian fish pots fitted with straight funnels are less wasteful if they are left for long soak times, because trapped fish may learn to escape and will not die in traps. Therefore they must be hauled after a short soak time to make good catches. Pots with horse-neck funnels appear to build-up fish inside the pot, principally due to fewer escapes, but unlike straight funnels, they may trap fish inside the pot and the fish may die.

Pots equipped with wider entrances have higher entry rates accompanied at the same time by increases in escape rate (Furevik, 1994). Munro (1974) study concluded that in Antillean pots the rate of escape is the main determinant of catch rates, and the development of effective non-return devices fitted to the entrance funnels would substantially improve catch efficiency. Such devices might be made of metal or plastic that may be easily pushed inward when fish enters, but are not able to bend outwards (Thomsen et al., 2010).

Catch entrance efficiency may be improved by using several successive entrances, sometimes called a parlor pot (Thomsen et al., 2010). Usually the outer entrance is relatively large while the inner entrance is much smaller. Furevik and Lokkeborg (1994) tested several entrance designs and found that pots with two successive entrances yielded catches of Atlantic cod that were three times as high as those for single-entrance pots but found no difference for torsk (Thomsen et al., 2010)

#### 1.5.4 Fish behaviour inside the pot

The behaviour of fish inside a pot is species specific, and within a species individual specimens may also behave differently. After they enter the pot, most fish appear to be calm and mill around,

although a few immediately display aggressive behavior and actively attempt to find an escape route. Behavioural studies in baited pots showed that Atlantic cod were more active inside the pot than torsk, which were calmer and were observed to lie still for longer periods of time (Furevik and Løkkeborg, 1994). In baited pots, some fish show interest in the bait, but soon lose interest (Thomsen et al., 2010), but most of fish ignore the bait after entering the pot (Luckhurst and Ward, 1985).

Fish inside pots may escape through the entrance or, if they are small enough, through escape windows whether made of synthetic netting or wire mesh. Mesh size is a major factor in determining catch rates and the size at which fish are taken by pot fisheries (Mahon and Hunte 2001). Ovegard et al., (2011) found that the escape window in the Baltic Sea Atlantic cod fishery reduced the proportion of undersized bycatch in the pots by more than 90% and the same time increased the fishing power of the pots. Gobert (1998) found that as catch per trap increased, the profile of the ascending size-selection curve shifted towards larger fishes. He interpreted this as indicating that higher density in traps increased the probability that smaller fish would squeeze out through the meshes of the trap.

Aggressive behavior has been observed with larger individuals chasing smaller individuals and frequently predated on smaller species (Thomsen et al., 2010). Cole et al., (2001) observed conger eels (*Conger verreauxi*) predated on blue cod that had already entered the pot. Relatively few instances of intra- or interspecific aggression were actually observed, but there was visible evidence of aggression in several species. Luckhurst and Ward (1985) observed two cases where an obviously injured fish was attacked by conspecifics that made rushes at it and appeared to nip at its flanks. This occurred with two species of doctorfish (*Acanthurus chirurgus*) and blue-striped grunt *H. scirus*.

The activity of fish inside the pot may affect fishing efficiency of the pot. High and Beardsley (1970) observed a "saturation effect" as the rate of entry dropped sharply when the fish inside the pot reached a certain number. Munro (1974) argued that the larger area would reduce the possibility for caught fish to find the entrance. It would also be less likely that entering fish would be disturbed by the activity of fish already caught. Furthermore, the saturation level will increase for larger pots (Furevik and Løkkeborg, 1994).

## 2 MATERIALS AND METHODS

### 2.1 Study site

This study was performed in the Vestfjordin northern Norway. Vestfjord (Mortsund village), which may be described as a firth or an open bight of sea, lies between the Lofoten archipelago and mainland Norway, northwest of Bodø (Fig. 3).

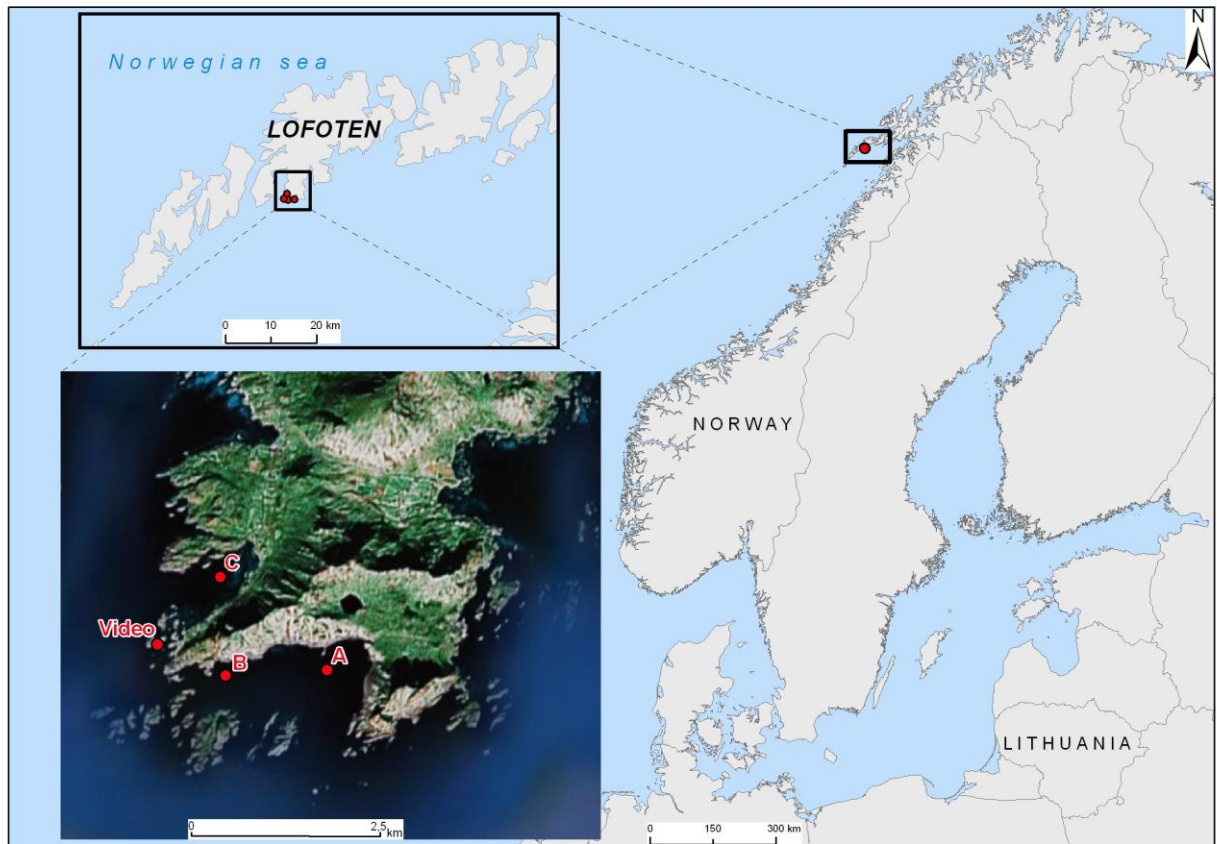


Fig. 3. The study site in Vestfjord, northern part of Norway (marked in rectangle; left picture). Map by V. Jurkin

*3 pav. Tyrimų vietas Vestfjord fiorde, šiaurinėje Norvegijos dalyje (pažymėta stačiakampiu; kairėje pusėje). Žemėlapis pagal V. Jurkin*

The experiment took place at the facilities of Lofoten Seafood Export Company in Mortsund, which is a small salmon farm company. Four sites: A, B, C and Video were selected, where commercial Atlantic salmon (*Salmo salar*) cages with fish of different sizes were in operation in the fjord, from October 28th 2010 – November 5th 2010. Sites A and C included two distances from the cages; 0 m and 100 m. Site A had five cages (25 m in diameter) moored over depths as follows: 0 m –



29 m and 100 m- 32 m. Site B had six cages moored over depths of: 0 m – 21 m. Site C had four cages (25 m in diameter) and six smaller cages at water depth: 0 m – 32 m and 100 m – 37 m. Site Video had eight cages at water depth: 0 m – 23 m with only one operating salmon cage.

## 2.2 Pot design

In this study three different pot types were tested: Small, Large and Cage. The Small and Large pots were bottom-set two-chamber collapsible pots, developed by Norwegian scientists at the Institute of Marine Research (IMR) (Fig. 4), while the largest cage-pot was designed by a local farm owner, Ole Vegar Mosseng.

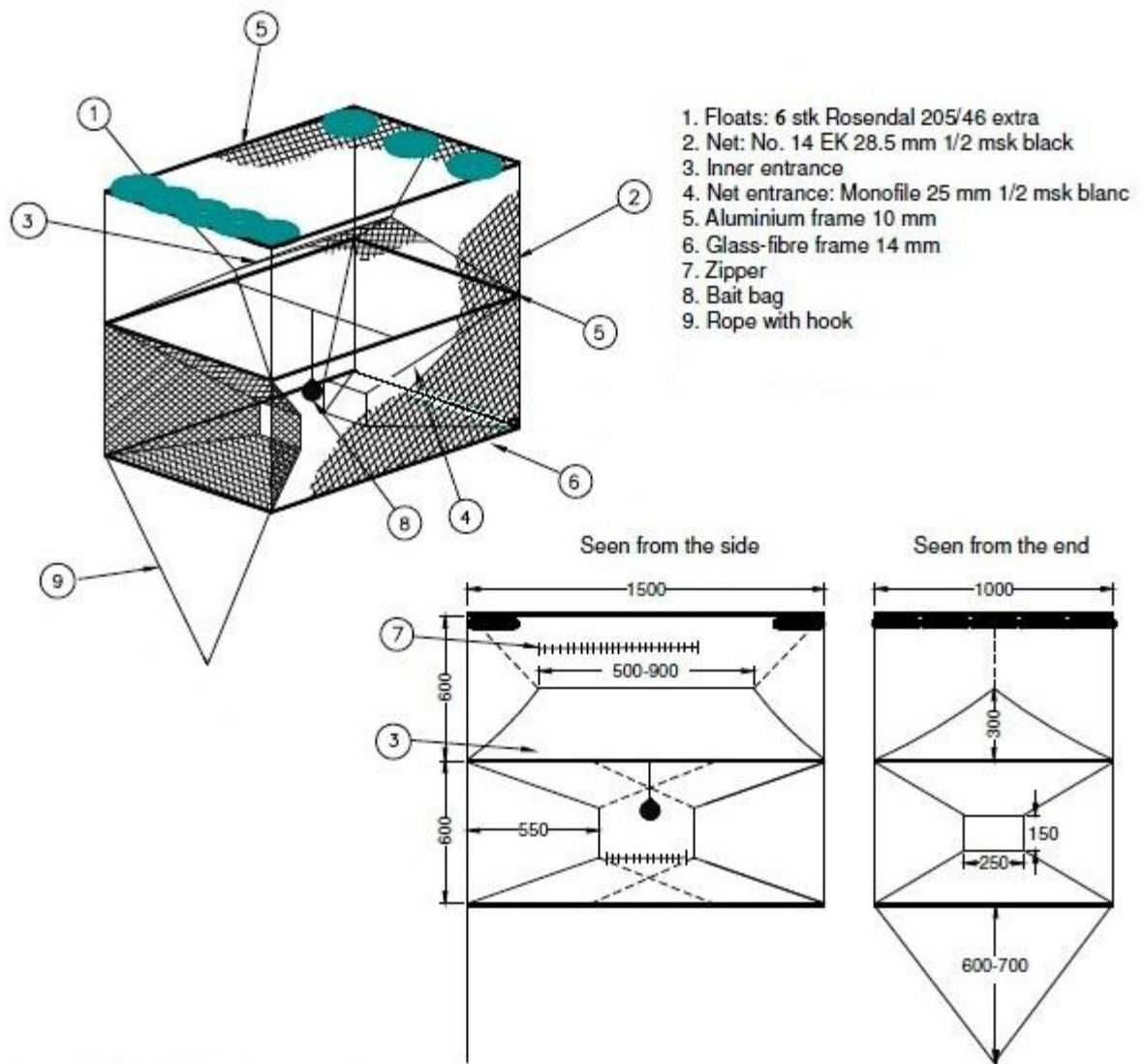
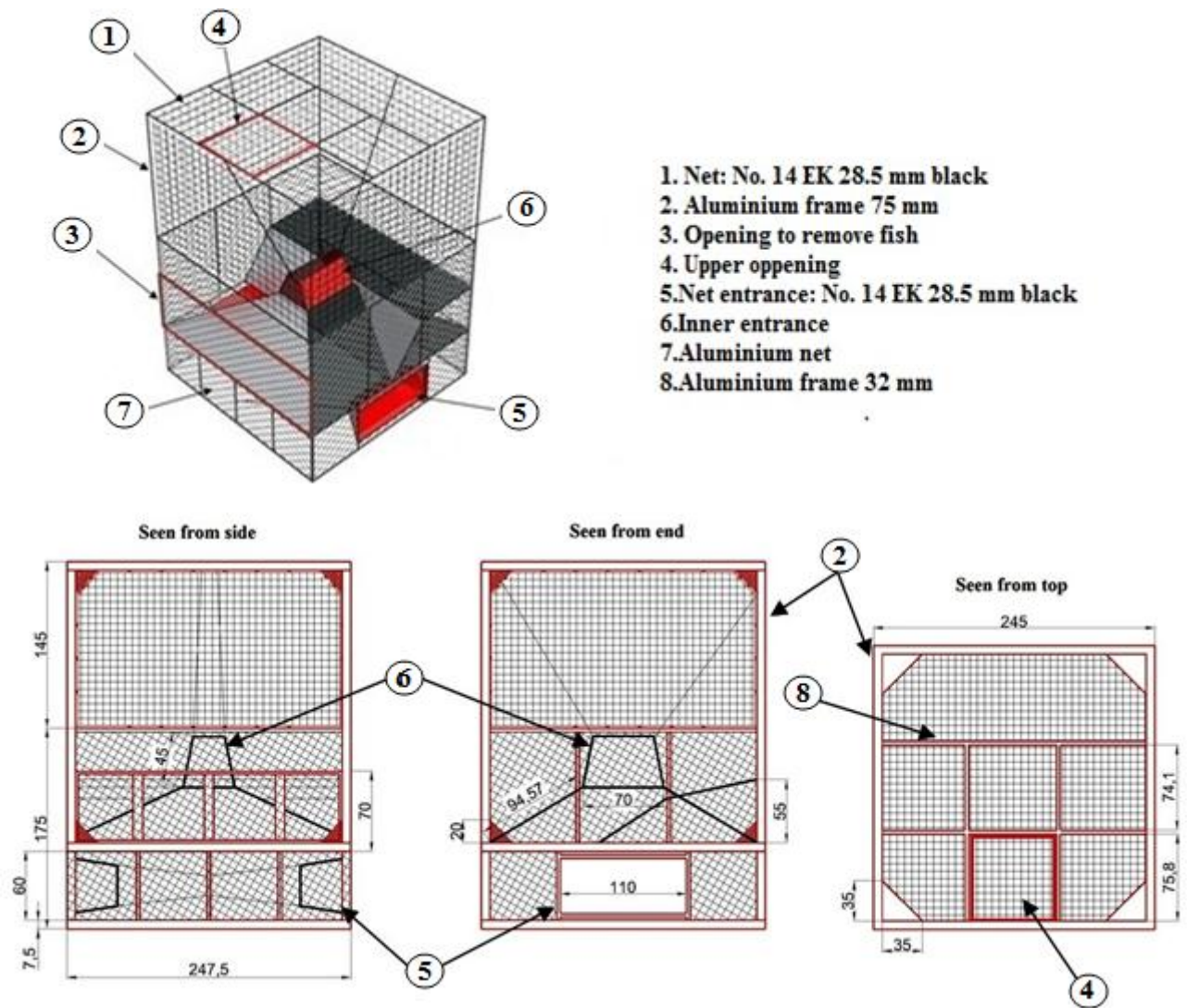


Fig. 4. Sketch of pot construction (Furevik et al., 2008)  
4 pav. Bendra gaudyklės schema (Furevik et al., 2008)

The Small pot is 150 cm long, 100 cm wide, when unfolded, measures 120 cm in height, and is 1.8 m<sup>3</sup> in volume. The pot has two entrances in the lower chamber. To enter the upper chamber, the fish swim through a narrow opening in a net at the centre of the pot. Once in the upper chamber the fish has very little chance of escaping. The interior is accessed via a horizontal zip in the centre-line of each compartment. A nylon bait bag with a bottle of pellets is placed into the lower compartment through the zipper and held in place by two plastic clips. So that the pot will float, it is equipped with six floats in the upper frame. In one of the lower short sides a rope with a metal clip is attached to retrieve the pot.

The Large pot is of the same design as small pot, but twice as large. It is 300 cm long, 200 cm wide when unfolded, measures 240 cm in height and is 14 m<sup>3</sup> in volume. This pot has two entrances of the same size as the small pot in the lower chamber.

The Cage is the largest of the three pots. This is a rigid pot whose frame is made from 7.5 cm diameter aluminum pipes. The lower cage is covered in aluminium structure and the upper chamber covered with 28.5 mm mesh net. It is 245 cm long, 245 cm wide and 320 cm in height and has a volume of 19 m<sup>3</sup> (Fig. 5). As with the Small and Large pots, it has two entrances in the lower chamber, which is smaller than the upper chamber. To enter the upper chamber, the fish swims through an opening 45 cm wide, 70 cm long and 45 cm high at the centre of the pot.



- 1. Net: No. 14 EK 28.5 mm black
- 2. Aluminium frame 75 mm
- 3. Opening to remove fish
- 4. Upper oppening
- 5. Net entrance: No. 14 EK 28.5 mm black
- 6. Inner entrance
- 7. Aluminium net
- 8. Aluminium frame 32 mm

Fig. 5. Sketch of cage construction (by K. Bagdonas)  
 5 pav. Narvo tipo gaudyklės schema (K. Bagdonas)

### 2.3 Experimental design

Catch data were collected from three different sites: A, B and C. Each site (except B) was divided into two distances: 0 m and 100 m from the salmon farms. At the B site pots were deployed only at 0 m distance from the sea-cages. At each distance three pot types were deployed: Small, Large and Cage. In order to eliminate site effects, the pots were rotated clockwise at 0 m and 100 m distances. The bait used was salmon feed-pellets, placed in a plastic bottle with holes in it, which was placed in a nylon bait bag hanging in the lower chamber. At Site B, due to the bad weather conditions, the pots were set only at 0 m distance from the sea-cages.

For this study two days soak-time was chosen. Site B was checked only once and only at 0 m from farm. Pot sets from the A and C sites were checked three times: after 2 days, 5 days and 2 days of

soak-time. The second time pot sets were checked after 5 days due to the strong wind and rough sea. It was too dangerous to retrieve the Cage on board, because when it is hanging on the crane it could damage the boat and endanger the crew. During the storm a small pot from site A at 100 m distance was lost due to the strong current. Sites A and C was checked in rotation: the first time were checked site C next day site A and so on.

Lengths of the saithe and Atlantic cod caught in the pots were recorded to the nearest 1 cm. Atlantic Cod stomach contents from the foregut were examined and prey species were identified to the lowest possible taxonomic level. Prey categories were later reduced to 3 items: saithe, food pellets and other. Atlantic Cod were divided into two groups:  $> 60$  cm and  $< 60$  cm in order to determine differences in prey preferences between small and large fish. This discrimination of fish size was chosen because cod under 60 cm cannot swallow average-sized saithe caught in the pots.

## **2.4 Behavioural observations**

Behavioural observations were made place at the site marked Video. Video observations of fish around and inside the pots were made for two days for each pot type. Video recordings of the Cage were made twice, because the pot landed unstably on the sea bed, with half of the pot hanging on a stone. The following day morning it had collapsed on its side and the video observations had to be repeated. Video observations started in the early morning at 7:00 - 7:30 a.m. and finished in the late evening at sunset. Every evening the battery was retrieved and recharged.

The camera was mounted on a fibreglass pipe attached to the corner of the pot (Fig. 6). The camera was connected to the battery by a single 9 mm polyurethane/Kevlar cable. Data were transmitted at the surface and received by an antenna mounted on land and recordings were made on EZViewLog500 version program. The camera position was controlled from land by a remote control device. Video observations were recorded continuously from morning until evening. Videos were analysed using a Sony Vegas Pro version 8.0 program.



Fig. 6. Small pot with attached camera (photo: K. Bagdonas)  
6 pav. Maža gaudyklė su pritaisyta kamera (nuotrauka autoriaus)

## 2.5 Statistical analysis

In order to test for differences in catch rates and fish length between 0 m and 100 m distances from the sea-cages and between pot types, the data were tested by Wilcoxon Matched Pairs test. This was the only test used, because data did not satisfy the requirements of other tests. Significance levels for all analyses were set at  $\alpha = 0.05$ . All statistical tests were performed using Statistica 7.0 software.

### 3 RESULTS

#### 3.1 Catch differences between beneath salmon farms and at 100 m control site

A total of 1505 fish were caught by the three types of bottom-set pots beneath salmon farm and control locations (100 m). Saithe was the most common species (94% of total catch). For the 12 paired farm/control hauls, the mean number of fish caught per haul was 16.6 times as high at the farms than at control sites (Table 1). Atlantic cod made up only a small proportion of the total catch (6%), and for the 12 paired farm/control hauls, the mean number of fish caught per haul was 4.9 times as high at the farms as at the control sites (Table 1). The mean catches per pot were significantly higher at the salmon farm than at 100 m from the farm for saithe, Atlantic cod and total catch ( $p < 0.01$ ,  $N = 12$ ) (Table 1.).

Table 1. Catch data ( $\pm$ SD) among salmon farm (0 m) and control sites (100 m). Data pooled from the catches of three pot types. P value is given for Wilcoxon test between all pot types

*1.lentelė. Sugavimai ( $\pm$  standartinis nuokrypis) tarp lašišų fermų ir kontrolinėse vietose.*

*Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų trijų tipų gaudyklėmis. P reikšmės yra Wilcoxon'o testo.*

Distance (m)	No. of pots	Saithe			Atlantic cod			Total		
		No.caught	Catch/day	P	No.caught	Catch/day	P	No.caught	Catch/day	P
0	12	1336	42.94 $\pm$ 96.05	< 0.01	80	2.61 $\pm$ 2.48	< 0.01	1416	45.55 $\pm$ 95.39	< 0.01
100	12	72	2.58 $\pm$ 5.96		17	0.53 $\pm$ 0.59		89	3.11 $\pm$ 6.46	

Beneath salmon farms (0 m) significantly larger Atlantic cod were taken than at control locations (100 m), ( $p < 0.05$ ,  $N = 8$ ) (Fig. 7), but there was no statistically significant difference for saithe.

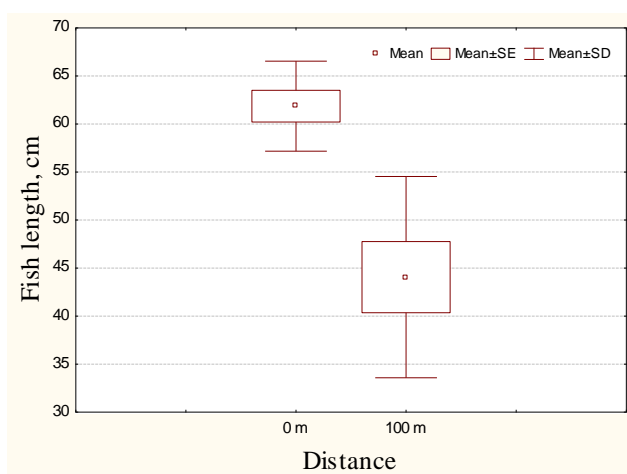


Fig. 7. The length differences of caught Atlantic cod at salmon farms and at control sites. Data pooled from the catches of three pot types

*7 pav. Ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose sugautų Atlanto menkių ilgių skirtumai. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų trijų tipų gaudyklėmis*

### 3.2 Catch differences between pot types

#### Small vs Large pots

In order to test for differences in catch rates between pots volume has been compared Small and Large pots. The Large pot caught significantly higher amount of saithe, Atlantic cod and total amount of fish ( $p < 0.01$ ,  $N = 10$ ; Table. 2).

Table 2. Catch data ( $\pm$ SD) for Small and Large pots. Data pooled from the catches from salmon farms and at control sites. P value is given for Wilcoxon test between Small and Large pot types  
 2.lentelė. Sugavimai ( $\pm$ SN) tarp Mažų ir Didelių gaudyklių. Rezultatai pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. Pteikiama Wilcoxon'o testo P reikšmės

Pot type	No. of pots	Saithe			Atlantic cod			Total		
		No.caught	Catch/day	P	No.caught	Catch/day	P	No.caught	Catch/day	P
Small	10	76	3.02 $\pm$ 4.19	< 0.05	27	0.87 $\pm$ 0.86	< 0.05	103	3.89 $\pm$ 4.77	< 0.01
Large	10	307	9.41 $\pm$ 11.1		50	2.05 $\pm$ 1.65		357	11.46 $\pm$ 11.59	

There was no significant difference observed in fish length between Small and Large pots (Table 3).

Table 3. Mean ( $\pm$ SD) fish length between Small and Large pots. P value is given for Wilcoxon test between Small and Large pot types  
 3.lentelė. Vidutiniai žuvų ilgiai ( $\pm$  SN) Mažų ir Didelių gaudyklių sugavimuose. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. P reikšmės yra Wilcoxon'o testo

Pot type	Saithe				Atlantic cod			
	No. of pots	No.caught	Average L	P	No. of pots	No.caught	Average L	P
Small	8	75	42.71	0.207	7	26	54.38	0.866
Large	8	297	39.75		7	40	56.05	

L – total fish length



## Large vs Cage

Large pots and Cages were compared in order to test for differences in catch rates between pot types. Cages caught higher amount of Atlantic cod ( $p < 0.05$ ,  $N = 10$ ), while there were no differences between saithe and total catch (Table 4).

Table 4. Catch data ( $\pm$ SD) between Large pots and Cages. Data pooled from the catches from salmon farms and at control sites. P value is given for Wilcoxon test between all pot types

4.lentelė. Sugavimai ( $\pm$  SN) tarp Didelių gaudyklių ir Narvų. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. P reikšmės yra Wilcoxon'o testo

Pot type	No. of pots	Saithe			Atlantic cod			Total		
		No.caught	Catch/day	P	No.caught	Catch/day	P	No.caught	Catch/day	P
Large	10	305	9.37 $\pm$ 11.12	0.507	47	1.99 $\pm$ 1.71	< 0.05	352	11.36 $\pm$ 11.68	0.169
Cage	10	1102	45.77 $\pm$ 106.17		97	3.83 $\pm$ 3.32		1199	49.60 $\pm$ 104.93	

Cages caught significantly larger saithe, but there was no significant difference in Atlantic cod length, ( $p < 0.01$ ,  $N = 8$ , Fig. 8).

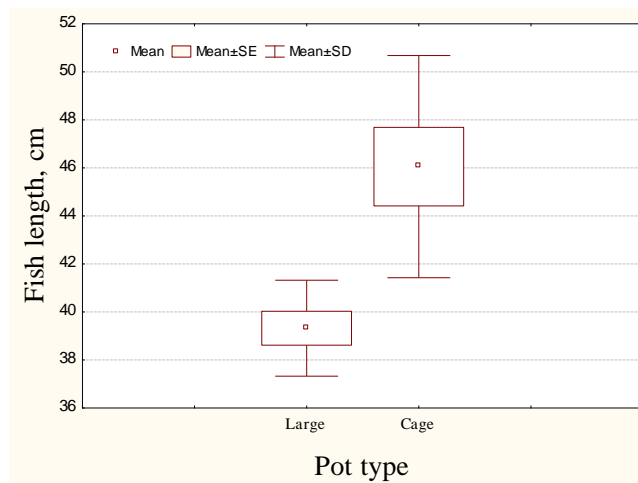


Fig. 8. The length differences of caught saithe by Large pots and Cages. Data pooled from the catches of at salmon farms and at control sites

8 pav. Ledjūrio menkių ilgių skirtumai Didelių gaudyklių ir Narvų sugavimuose. Duomenys pateikiami bendrai ties lašišų fermų ir kontrolinėse vietose



## Small vs Cage

Catch rates between pot types were compared between Small pots and Cages. Cages caught significantly higher number of Atlantic cod ( $p < 0.01$ ,  $N=10$ ) and total number of fish ( $p < 0.01$ ,  $N = 10$ ) (Table 5) (Fig. 11)).

Table 5. Catch data between ( $\pm$ SD) Small pot and Cage. Data pooled from the catches from salmon farms and at control sites. P value is given for Wilcoxon test between all pot types

5.lentelė. Sugavimai ( $\pm$  standartinis nuokrypis) tarp Mažų gaudyklių ir Narvų. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. P reikšmės yra Wilcoxon'o testo

Pot type	No. of pots	Saithe			Atlantic cod			Total		
		No.caught	Catch/day	P	No.caught	Catch/day	P	No.caught	Catch/day	P
Small	10	73	2.99 $\pm$ 4.21	0.155	26	0.85 $\pm$ 0.88	< 0.01	99	3.84 $\pm$ 4.8	< 0.01
Cage	10	1099	45.71 $\pm$ 106.2		96	3.81 $\pm$ 3.34		1195	49.52 $\pm$ 104.97	

There was no significant difference observed in fish length between Small pot and Cage (Table 6).

Table 6. Mean ( $\pm$ SD) fish length between Small and Cages. P value is given for Wilcoxon test between all pot types

6.lentelė. Vidutiniai žuvų ilgiai ( $\pm$  SN) Mažų ir Narvo tipo gaudyklių sugavimuose. Duomenys pateikiami bendrai iš sugavimų ties lašišų fermomis ir kontrolinėse vietose. P reikšmės yra Wilcoxon'o testo

Pot type	Saithe				Atlantic cod			
	No. of pots	No.caught	Average L	P	No. of pots	No.caught	Average L	P
Small	7	67	44.29 $\pm$ 4.54	0.612	7	26	53.52 $\pm$ 4.96	0.31
Cage	7	1057	46.24 $\pm$ 11.16		7	86	58.10 $\pm$ 3.83	

L – total fish length

### 3.2.1 Cod stomach content investigation

Eighty Atlantic cod were dissected and their stomach contents analysed. They were divided into two groups: > 60 cm and < 60 cm in total length. The stomach contents of the two groups differed. Fish smaller than 60 cm consumed more pellets (N=11) than saithe (N=2) (Fig. 9).

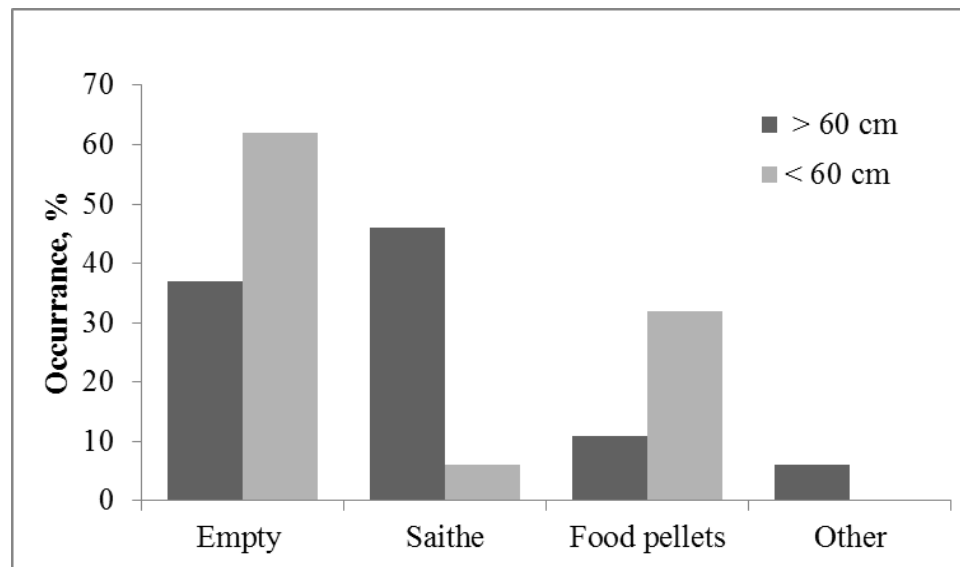


Fig. 9. Atlantic cod stomachs content distribution between two different size classes (> 60 cm fish, N=46, and < 60 cm fish, N=34

9 pav. Atlanto menkių skrandžio turinio skirtumai tarp skirtingo dydžio žuvų (> 60 cm ilgio, N=46, ir < 60 cm ilgio, N=34)

Atlantic cod larger than 60 cm had 10 times as many saithe and half as many food pellets in their stomachs than small cod. In some Atlantic cod stomachs were found two (N=3) and even three (N=3) saithe, respectively up to 37 cm in total length. The stomachs of cod larger than 60 cm, also contained edible crab (*Cancer pagurus*) (N=2) and an unidentified mollusc (N=1). A large number of cod in both classes had empty stomachs; > 60 cm - 37% (N=17) and < 60 cm - 62% (N=21) respectively.

### 3.2.2 By-catch

Four species were caught as bycatch in all pot types: edible crab (*Cancer pagurus*), European plaice (*Pleuronectes platessa*), torsk (*Brosme brosme*) and Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*) (Fig. 10). The highest portion of bycatch was edible crab, 87.4% (N = 104), which was caught at every pot retrieval time.

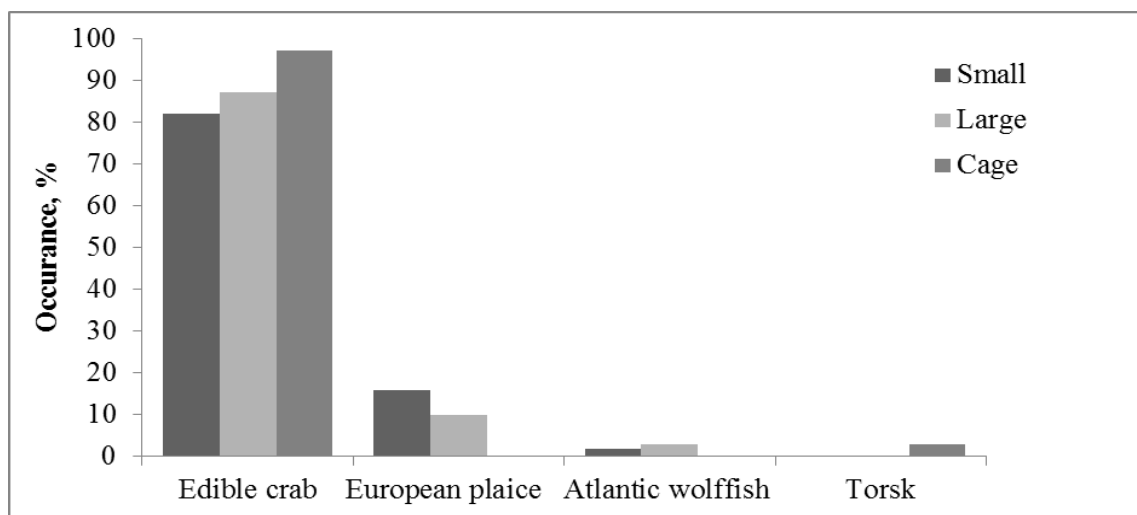


Fig. 10. Structure of by-catch in three pot types Small, Big and Cage  
 10 pav. *Priegaudos pasiskirstymas skirtingo tipo gaudyklėse: Maža, Didelė ir Narvas*

The highest portion of by-catch was caught by the Small pots: edible crab (N=45), European plaice (N=9) and Atlantic wolffish (N=1). Large pots caught three species: edible crab (N=26), European plaice (N=3) and Atlantic wolffish (N=1) respectively, but contained the smallest amount of by-catch in three pot types. Cages caught only two species: edible crab (N=33) and torsk (N=1). 61.5% of the edible crab by-catch was caught 100 m from the salmon farms, but there was no significant difference between distance or pot type.

### 3.3 Video data analysis

Video analysis demonstrated that just a small proportion of the total catch entered pots during the first observation day - for Small - 21% (N=3) and Large 7% (N=2) pots. The largest numbers of fish entered between 5 p.m and 8 a.m: Small 79% (N=14), Large 93% (N=25), when the video was not recording, due to the low light level. Unlike with the Small and Large pots, fish entered the Cages only on the first day of observations. In the case of the Small and Large pots, fish entered pot throughout the day, but the largest numbers entered during the night or in the early morning, before video recording commenced. The Cages were an exception, because all of the fish entered during the first few minutes when the Cage landed on the seabed, and none entered later.

Video recordings quite often showed saithe entangled in the monofilament entrances of the Small and Large pots. Entanglement time differed between pot type and it happened more often in Small (N = 27) than in Large pots (N = 21), but longer entanglements were observed in the Large pots

(Fig. 11). Saithe became entangled only on the first observation day (100%) in both pot types. Entanglement was observed when solitary individuals were close to the pot or in larger schools. In the case of the Small pots only small proportion, 3.7 % (N=1), of entanglement was observed when single individuals were in contact and 96.3 % (N=26) of all entanglements were observed when fish were schooling around the pot. Large pots were more likely to entangle single individuals 19% (N=5) and 81% (N=16) schooling saithe. During the first hours of observation the Large pots had a rope hanging across the entrance and entanglement took place three times as often (76 % (N=16)) than without the rope, (24% (N=5)) across the entrance.

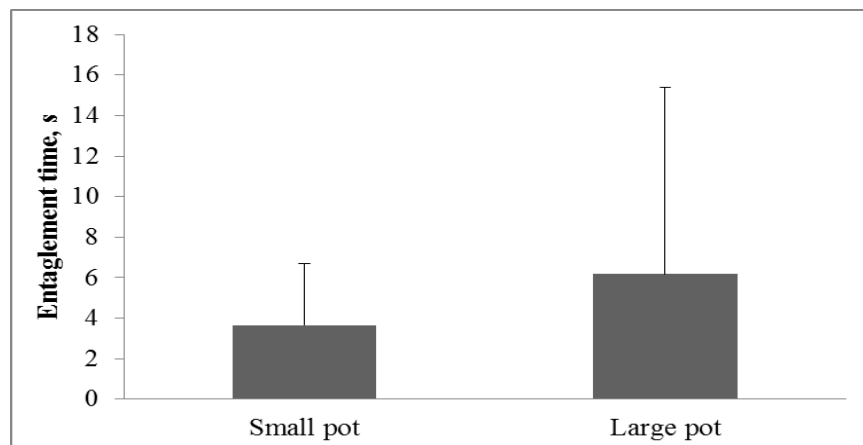


Fig. 11. Mean ( $\pm$ SD) entanglement time in a Small (N=27) and Large (N=21) pots  
 11 pav. Vidutinis įsipainiojimo laikas ( $\pm$  standartinis nuokrypis) mažose (N=27) ir didelėse (N=21) gaudyklėse

Only six species: (*Pollachius virens*, *Gadus morhua*, *Pleuronectes platessa*, *Anarhichas lupus*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Hippoglossus hippoglossus*) were seen under salmon farm during video analysis. The most common families were Gadidae (3 species), less common Pleuronectidae (2 species) and only single species of Anarhichadidae family. The most abundant species were saithe (*Pollachius virens*), Atlantic cod (*Gadus morhua*) and European plaice (*Pleuronectes platessa*) while Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*), Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*), Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) were seen only as single individuals a few times.

Temporal variability of wild fish around pots varied between groups (Fig. 12). The most common fish group size in all pot types was less than 10 individuals. Less abundant groups were 10-100 individuals and >100 of individuals which mainly consisted of saithe (*Pollachius virens*). During the first day of observations we observed higher abundance of all three groups (<10, 10-100 and >100) in all three pot types (Fig. 12). There were no significant differences in attraction of total fish group

size between soak time (first and second day) pot type (Small vs Large, Large vs Cage and Small vs Cage) (Wilcoxon signed rank test,  $p > 0.05$ ).

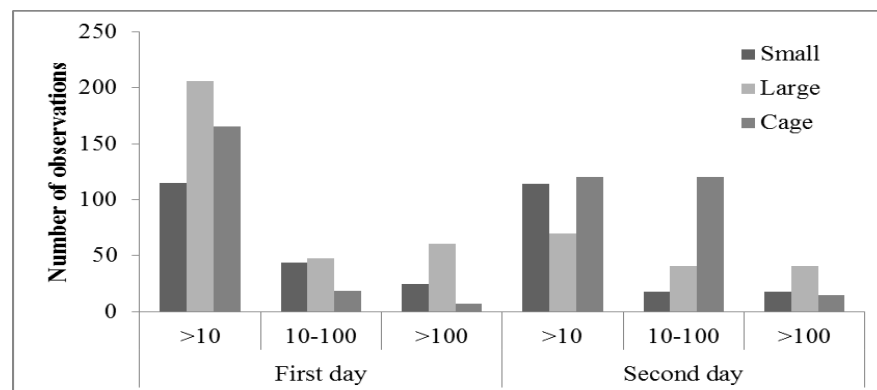


Fig. 12. Distribution of three fish group classes at each pot type (Small, Large and Cage) under salmon farm on the first and second observation days  
 12 pav. Trijų žuvų gausumo grupių pasiskirstymas šalia skirtingo tipo gaudyklių (Maža, Didelė ir Narvas) po lašių fermomis skirtingomis dienomis

Saithe and Atlantic cod interest in pots varied in soak time. On the first observation day saithe demonstrated more interest in all pot types with total observation number of attracted fish (Fig. 13). On the second day interest in the pots decreased. Atlantic cod showed opposite interest pattern. On the first day, Atlantic cod interest in Small, Cage was smaller in comparison with second day, while Atlantic cod demonstrated higher interest in Large pots first day in comparison with second. Ninety five percent of the Atlantic cod were seen as single individuals around pots, and only 5% were seen in groups of two or three individuals.

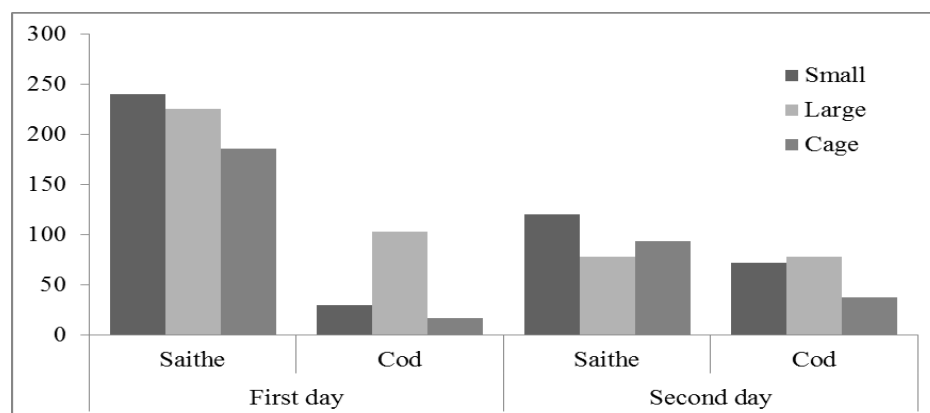


Fig. 13. Distribution of saithe and Atlantic cod at each pot type (Small, Large and Cage) under salmon farm on the first and second observation days  
 13 pav. Ledjūrio menkių ir Atlanto mankių gausumo pasiskirstymas šalia skirtingo tipo gaudyklių (Maža, Didelė ir Narvas) po lašių fermomis skirtingomis dienomis

Approach to the pot in relation to current varied between soak time and pot type. On the first day saithe approached the pots in 81% (N=465) of cases from upstream, and only 19 % (N=106) of cases from downstream. On the second day only minor differences were noted: 51% (N=138) upstream and 49% (N=133) downstream. Atlantic cod demonstrated the opposite approach pattern: on the first day 55% (N=116) from upstream and 45% (N=95) from downstream, while on the second day the approaches were 36% (N=44) from upstream and 64% (N=77) from downstream. Between pot types saithe approaches to the pot were similar: Small (upstream 75 %, downstream 25%), Large (upstream 74 %, downstream 26 %) and Cage (upstream 67 %, downstream 33 %). Cod showed a somewhat different manner of approaching from saithe between pot types: Small (upstream 78%, downstream 22 %), Large (upstream 59 %, downstream 41 %) and Cage (upstream 44%, downstream 56%).

Fish group abundance varied between time of day. During the salmon's feeding time (from 8 a.m. until 12 a.m.) all fish group classes in three pot types were less abundant than after feeding (Fig. 14). The highest numbers at feeding time were seen in class of < 10 fish Small (N=44), Large (N=132) and Cage (N=125), and the smallest amount of observed groups were groups of 10-100 individuals; Small (N=12) and Large (N=44), while Cage had a higher abundance at feeding time (N=12) than after feeding (N=8). After feeding time, the highest numbers were seen in class <10 individuals Small (N=169), Large (N=142) and Cage (N=157), while groups of > 100 individuals were less abundant than during feeding time in Small (N=28) and Large (N=24) pots. Significant differences were observed only in the group of < 10 individuals during feeding time in all pot types; Wilcoxon signed rank test,  $p < 0.05$ . No significant differences were seen between other groups (10-100 and > 100), nor were there any statistically significant differences between soak times.

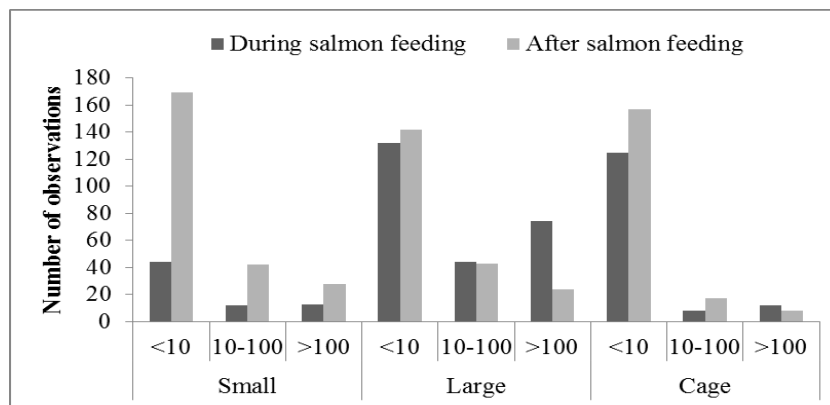


Fig. 14. Distribution of three fish group classes at each of the pot type during salmon feeding time and after feeding

14 pav. Trijų žuvų gausumo grupių pasiskirstymas skirtingo tipo gaudyklėse po laišių fermomis laišių šėrimo metu ir po šėrimo

The video analysis revealed behavioural difference between species inside and between pot types. On entering the Small or Large pots, saithe tended to panic at first and tried to escape through the net (N=5), while Atlantic cod remained calm. However, saithe entering Cages did not panic (N=200). After some time inside the pots the saithe became calm and did not try to escape, remaining in one place in both the Small and Large pots as single individuals (N=37) or in schools (N=200) in Cages. Atlantic cod displayed the opposite behaviour inside pots to saithe in all pot types. They did not panic on entering the pots but when inside, tried to find an exit (N=5). During all video observation only one escapee, a Atlantic cod, escaped from a Large pot.

Aggressive behaviour (N=3) was seen in cod both inside and outside the pots. In Cages cod attacked saithe. One Atlantic cod attacked saithe a seven times before catching and swallowing it. Other Atlantic cod were observed trying to attack saithe when the latter were inside the pot while the Atlantic cod were outside. One individual tried to catch saithe five times from outside the pot. Once the Atlantic cod had entered the pot its interest in saithe disappeared. On the second observation day other Atlantic cod displayed similar pattern of behaviour, but from inside the pot. After 11 attempts to catch saithe, one Atlantic cod caught and swallowed one. In all three cases, after the cod had caught the saithe, they became calm. In no cases did the Atlantic cod attack saithe at random, but chose one single prey and continued attacking that individual until it was caught.

## 4 DISCUSSION

### 4.1 Catch differences between farms and control locations

In the course of the past few decades, fish farming has expanded all over the world and still is expanding. Many studies have shown that coastal sea-cage fish farms attract wild fish in great number and biomass (Carss, 1990; Dempster et al., 2002; Dempster et al., 2010). Dempster et al. (2002) demonstrated that sea-cage fish farms act as ‘super-FADs’ in the southwestern Mediterranean Sea, attracting large multi-species schools of pelagic fish. According to the Norwegian Directorate of Fisheries (2009), 1198 sea-cage salmonid farm concessions were active in 2008 on the Norwegian coast. Wild saithe are the most abundant species associated with salmon farms located in fjords (Dempster et al., 2009; Dempster et al., 2010; Dempster et al., 2011).

This study supports earlier observations on the aggregation of saithe at fish farm cages (Carss, 1990). In this study saithe was the most common species caught beneath salmon farm (0 m) and control location at 100 m from the salmon farm, while Atlantic cod made up only a small proportion of total catches (Table 1). Dempster et al. (2010) demonstrated that of a total catch observed at Øksfjord, 91% were saithe, 7% were Atlantic cod and 3% were haddock. Similarly, at Hitra, 75% were saithe and 23% were poor cod (*Trisopterus minutus*).

Catch results confirm the findings of Dempster et al., (2009) that large numbers of wild fish aggregations at salmon farms were consistently different from those at natural control locations. Dempster et al. (2010) also found that the greatest concentrations of wild fish occur immediately beneath farms, with a steep decline in the abundance of fish only tens to hundreds of metres away. Whether wild fish aggregate tightly or more loosely around farms may depend upon behaviour specific to individual species or on particular physical or biological characteristics of farms. Saithe, which are predominantly pelagic feeders, were consistently found in far higher concentrations immediately beside and beneath sea-cages than at sampling distances 25, 50, 100 and 200 m away from the edge of the nearest cage (Dempster et al., 2010). This pattern of ‘tight aggregation’ around farms corresponds to the finding that more than three-quarters of the diet of saithe around fish-farms consists of salmon feed that has fallen through the cage meshes (Dempster et al., 2011). Waste feed is available only close to the cages, since pellets typically sink relatively quickly and do not disperse far from the farming site (Cromeey et al., 2002). Our findings are similar to Carss (1990) where 12.1 times as many saithe were caught larger at farm sites than at controls, while in this study, mean catches of saithe were 16.6 times greater at the farm site than the control location.



The catch results indicate that larger (in length) Atlantic cod concentrate beneath salmon farms than at control locations. Dempster et al., (2010) demonstrated that Atlantic cod are less reliant on waste food than saithe. While the availability of lost feed may be partially responsible for the attraction of large Atlantic cod to farms, they may also be attracted to the farming area for the abundance of other benthic prey items which are also found in greater numbers beneath salmon farms (Kutti et al., 2008), or feed upon other aggregated fish, while under farms, saithe concentrations are much higher than at control locations. All these factors make farms attractive areas where large Atlantic cod can find larger concentrations of prey.

#### **4.2 Catch differences between different pot types**

The literature cites studies of how to increase the catch rates in baited pots (Furevik and Løkkeborg 1994, Furevik et al. 2008). In general three main factors can enhance catchability and effectiveness for pots: pot design, bait-type and soak-time. Little is known however about commercial fishing of wild gadoid fish with pots in the vicinity of salmon farms.

The present study catch results demonstrate that the highest catch rates for both saithe, Atlantic cod and total catch were in the same pot type, but different volume. Large pot caught more than three times as many saithe and more than two times as many Atlantic cod, and almost three times as many fish in total (Table 2). The only difference between the two pots was the volume. Furevik & Lokkeborg (1994) observed in behavioural studies and preliminary fishing trials that larger pots are more efficient. Munro (1974) also found that larger pots had higher catch rates, and he explained this result by arguing that escapes from the pot are inversely proportional to the area of the pot. Catch results do not show differences in fish size between small and big, which indicate that bigger fish do not prefer either of the two pots.

Large pot and Cage catches differed by a factor of 1.9 for Atlantic cod, in favour of Cages (Table 4). Cages also caught larger (in length) saithe than Large pots (Fig. 8). These pots are similar in volume, but different types. The construction and materials of the Cages are the main reason why Cages are more efficient than Large pots, and may be due to the fact that Cages are much more stable on the sea-bed, while Large pot move with the current. Comparing catches between Small pots and Cages, a similar pattern was seen. Cages caught significantly more Atlantic cod and total catch than Small pots (Table 5), but there was no significant difference between fish size (Table 6). Saithe are attracted by bait odour, while large Atlantic cod feed on saithe, which makes Cages attractive to large

Atlantic cod. Another reason for the larger Cages catches may be entrance. Cages have much bigger entrances than Large and Small pots, which make it easier for larger Atlantic cod to enter them than pots with smaller entrances.

According to Fernandez-Jover et al., (2011) waste feed represented approximately 30% of the diet of Atlantic cod caught close to farms in Øksfjord, suggesting that Atlantic cod are less reliant on this food source. Our results demonstrate that the smaller Atlantic cod had many more pellets in their stomachs and only a small portion of saithe, which indicates that small Atlantic cod are attracted to salmon farms to feed on pellets, while large Atlantic cod feed on the aggregation of saithe. Finally, some Atlantic cod had crabs in their stomachs, which indicate that they had been feeding on edible crab which are also abundant as by-catch in pot fishery.

By-catch is one of the fishermen problems targeting at particular commercial species. Today by-catch of red king crab in stationary fishing gears targeting Atlantic cod is a severe problem in the Barents Sea, causing extra work for fishermen and damaging their gear and catches (Furevik et al., 2008). Present study shows that the edible crab makes up a large proportion of the total by-catch in all fishing trials. The biggest portion of total by-catch has been caught by small pots, while cages caught just two species, but slightly more edible crab than big pots and showed the smallest by-catch. Pot type demonstrated different species composition and amount of by-catch. Cages produced the smallest amount of unwanted by-catch, while Small and Large pots had the high number of by-catch due to the different material. Small and Large pots have closed lower entrances, while cages are open and if an edible crab appears in the lower chamber it is not trapped inside the pot during retrieval. Also in the Small and Large pots, fish entering the lower chamber are trapped and those fish may attract scavengers as crabs, while cages have lower chambers without bottom and fish can escape. Talking about other species, small and big pots have simpler inner entrances through which they must pass in order to be trapped. Furevik et al., (2008) found that pots floated 70 cm off the bottom virtually eliminated by-catch of king crabs. That is one of the edible crab solutions in small and big pots, while at the moment results indicate that Cages are the best pot type to eliminate by-catch.

### **4.3 Fish behaviour in the vicinity of pots**

One aim of this study was to make continuous recordings of fish behaviour in relation to the different pot types. The advantages of this kind of observation method compared to the direct observations made by scuba divers, as that described by High and Ellis (1973) in similar studies, are

more continuous recordings of fish behaviour and the elimination of diver effects on fish behaviour. The weakness of the method is that fish are impossible to follow outside the area of observation. A fish can leave and enter the area of observation, leaving the observer in doubt as to whether or not he is observing the same fish or school of fish. Another disadvantage is that video recordings can be made only during daylight, while at night it is impossible to make such observations without affecting fish behaviour.

The results suggest that at all pot types, fish mostly enter pot during low light level when it is impossible to see them. Catches made by Small and Large pots indicated that fish enter the pots during low-light period. In Cages fish, mostly saithe entered in the pots during the first few minutes after deployment. According to Dempster et al., (2010) saithe which are predominantly pelagic feeders, are consistently found in far higher concentrations immediately beside and beneath cages. It seems that after the first saithe enter a cage all the school follow and after few minutes all school enter, staying in a spherical school in the middle of the pot. High and Beardsley (1970) speculated on alternative motivations such as social attraction causing fish to enter pots. It seems that cages act as shelters for schools of saithe and they feel safe inside pot. Small and Large pots showed that fish entering the pots tend to panic for the first minutes and do not feel safe. That may be because small and big pot saithe enter as single individuals while cage saithe enter as school and they feel safer.

During observations for small and big pots fish were seen entangling in the entrance. This behaviour pattern was observed only for saithe (*Pollachius virens*) while Atlantic cod (*Gadus morhua*) and other species do not show this behaviour. Entanglement indicates that the fish is interested in pot and try to come closer to the bait bottle hanging in the middle of pot. Entanglement time was greater for big post due to a hanging rope cross the entrance, while small pots demonstrated shorter entanglement time, but more abundant. That shows importance of proper deployment which may have crucial importance on catch rates. While the rope was hanging across the entrance no fish entered, but some saithe entangled and scared other fish away from pot. For this reason pots should be inspected thoroughly before deployment if fisherman wants to have good catch.

Saithe aggregations around salmon farms are is a widespread phenomenon, with schools of 2000 to 40 000 saithe documented at nine salmon farms between 59 and 70°N on the coast of Norway (Dempster et al., 2009). Our video observations are similar to what Dempster et al., (2009) found, that salmon farms attract large numbers of saithe, Atlantic cod and haddock. Not all the species observed in video recordings were caught by pots. Some of the species merely pass close to the pots.

There was also some variability between groups of wild fish. Most of the fish were observed in groups of fewer than 10 individuals and many fewer groups of 10-100 and > 100 individuals were seen. This demonstrate that the highest proportion of fish that were interested in the pots were single individuals, while schools showed less interest. There was no significant difference between soak time and pot type. Comparing saithe and Atlantic cod groups, the first observation day was of more interest to saithe in pots than the second day. This may have been due to the higher odour concentration from the bait (the pellets in the bottle). That shows that chemical attractants are needed to attract saithe to a baited pot, but that the attraction decreases during soak time. Atlantic cod demonstrated an opposite interest pattern. They showed higher interest in pots on the second observation day, suggesting that bait odour does not play an essential role in cod attraction. Atlantic cod may be more attracted by saithe than by the bait.

According to Valdemarsen et al., (1977) current direction is one of the critical factors that attract fish to a pot. Fish were usually observed butting against the net in a place where olfactory stimuli from the bait were brought by the current and were never observed entering a pot from the downstream. Our results thus confirm the findings of Valdemarsen et al., (1977). On the first observation day saithe mostly approached upstream pots, while on the second day, differences were minor. Atlantic cod showed an opposite pattern. On the first day cod approached the pots almost equally from upstream and downstream, while on the second day a higher proportion was downstream. Comparing pot types gave similar results. This shows that where fish are highly aggregated beneath salmon farms where the odour of pellets is everywhere in the water column, bait does not have such big influence for attraction fish, unlike in the control areas, where bait plays a crucial role in attracting fish.

This study tested the hypothesis that fish are less interested in pots during salmon feeding times. Results showed that during feeding all fish group sizes (<10; 10-100 and >100) individuals were less interested in pots although groups of <10 individual were more interested than larger groups. Comparing different pot types significant differences between groups of <10 individuals during feeding time were observed, while other group sizes did not display statistically significant differences. This indicates that fish are not affected by salmon feeding time, only single individuals are more abundant after feeding time.

Fish behaviour inside the pot differs between species. Video data revealed that saithe panic and are more active just after entering the pot and after some time become calm and quite. Saithe that entered Cages behave differently from those in Small and Large pots. They were much calmer and did not show panic inside Large pots. Unlike saithe, Atlantic cod displayed the opposite behaviour. Atlantic

cod were more careful when approaching a pot, and often turned around and hesitated in the inner part of the entrance (Furevik and Løkkeborg., 1994) Our results confirm the findings of Furevik and Løkkeborg (1994) that Atlantic cod are more active inside the pot. When cod enter pot they did not panic, but when they realized that they were trapped they started to look for an escape route. All the time Atlantic cod swam easily inside the pot from one corner to another or making circular movements around the saithe that were concentrated in the middle of the pot. This pattern was observed in all Atlantic cod. In the course of our observations, only one Atlantic cod managed to escape from a Large pot. The number of escapees may be greater, but due to non-continuous observation we can not judge how many escapes occurred during the experiment.

Relatively few instances of intraspecific aggression have actually been observed (Luckhurst and Ward., 1985). In our study, aggressive Atlantic cod behaviour both inside and outside the pots was observed. Atlantic cod outside the pot attacked small saithe through the net and entered after some time. Atlantic cod also displayed aggressive feeding behaviour inside the pot. On the first observation day cod did not attempt to attack saithe, but during the second day started to attack saithe. Atlantic cod did not stop attacking saithe until one had been caught. Other saithe panicked when a cod was trying to catch a prey, but after the Atlantic cod had caught its prey the panic ceased. Afterwards, the Atlantic cod became calm and began to swim slowly close to the pot walls, and one Atlantic cod even managed to escape from pot without trouble. It appeared that all the time it knew where the exit was and and it swam slowly out of the pot through one of the entrances.

Present study demonstrated that saithe was attracted by the bait (pellets). Also some saithe probably entered out of curiosity while others apparently reacted as a school. Stomach contents and video observations confirm that Atlantic cod are attracted by such easily available prey as saithe.

## CONCLUSIONS

1. Catches by all pot types were 15 times as high at the fish farms than at control locations ( $p < 0.01$ ). Significantly different catch rates were recorded for Atlantic cod and saithe ( $p < 0.01$ ). Under the farm significantly larger Atlantic cod were caught ( $p < 0.05$ )
2. The difference in catches of Atlantic cod, saithe total catches between different pot sizes demonstrated that Large pots are three times as effective as Small ones ( $p < 0.01$ ). Catch results of different pots type demonstrated that rigid Cage pots are twice as effective for Atlantic cod than Large pots ( $p < 0.05$ ). Cages also caught significantly larger saithe than Large pots ( $p < 0.01$ ). Catch results of different pot type demonstrated that Cages are five times as efficient for Atlantic cod and 13 times as effective in terms of total catches than Small pots ( $p < 0.01$ ).
3. Stomach content analysis demonstrated that small Atlantic cod feed on pellets – large Atlantic cod on saithe and that both factors attract gadoid fishes to salmon farms.
4. Video observations showed that most of the fish entered pots at dawn rather than during the daylight period.
5. The most common fish group size observed in pots were  $>10$  individuals of saithe and solitary individuals of Atlantic cod. Video analysis demonstrated that saithe were more interested in all pot types on the first observation day, while Atlantic cod demonstrated the opposite behaviour pattern.
6. During salmon feeding time fish were less interested in all pot types than after feeding time.
7. Saithe inside pots became calm while Atlantic cod displayed the opposite behaviour pattern. Video analysis demonstrated aggressive Atlantic cod behaviour inside the pots.

### Acknowledgements

I am grateful to Glenn Bristow, Nerijus Nika and Anders Fernø for valuable comments on the manuscript. I thank local farm owner Ole Vegar Mosseng who gave us access, provided boat time for the study and generally assisted wherever possible. Thanks to Bjørn Totland for taking care of technical aspects of my field work. Special thanks to my co-supervisors Dr. Odd-Børre Humborstad and Dr. Svein Løkkeborg for their trust, encouragement and positive attitude at tough moments. I also wish to thank the Institute of Marine Research for financial support during field work and for travel expenses.

## REFERENCES

1. Akyol O., and Ertosluk O., 2010. Fishing near sea-cage farms along the coast of the Turkish Aegean Sea. *J. Appl. Ichthyol.*, vol. 26, p. 11-15.
2. Bjordal Å., and Skar A. B., 1992. Tagging of saithe (*Pollachius virens* L.) at a Norwegian fish farm: preliminary results on migration. *ICES Journal of Marine Science*, p. 1-7.
3. Carss, D. N., 1990. Concentrations of wild and escaped fishes immediately adjacent to fish farm cages. *Aquaculture*, vol. 90, p. 29–40.
4. Castro J. J., Santiago J. A., and Hernandez-Garcia V., 1999. Fish associated with fish aggregation devices off the Canary Islands (Central-East Atlantic). *Sci. Mar.*, vol. 63, No. 3, p. 191-198.
5. Castro J. J., Santiago J. A., and Santana-Ortega A. T., 2002. A general theory on fish aggregation to floating objects: an alternative to the meeting point hypothesis. *Rev. Fish. Biol. Fisheries*, vol. 11, No. 3, p. 255-277.
6. Cole R. G., Alcock N. K., Handley S J., Grange K R., Black S., Caimey D., Day J., Ford S., and Jerrett A. R., 2003. Selective capture of blue cod *Parapercis colias* by potting: behavioral observations and effects of capture method on peri-mortem fatigue. *Fish. Res.*, vol. 60, p. 381-392.
7. Cole R. G., Alcock N. K., Tovey A. and Handley S. J., 2004. Measuring efficiency and predicting optimal set durations of pots for blue cod *Parapercis colias*. *Fish. Res.*, vol. 67, p. 163-170.
8. Cromey, C. J., Nickell, T. D., Black, K.D., 2002. DEPOMOD – modelling the deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture*, vol. 214, p. 211–239.
9. Dempster T. and Kingsford M. J., 2003. Homing of pelagic fish to fish aggregation devices (FADs): the role of sensory cues. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 258, p. 213–222.
10. Dempster T., and Taquet M., 2004. Fish aggregation device (FAD) research: gaps in current knowledge and future directions for ecological studies. *Rev. Fish Biol. and Fisheries*. vol. 14, No. 1, p. 21-42.
11. Dempster T., Sanchez-Jerez P., Bayle-Sempere J. T., Giménez-Casalduero F., Valle C., 2002. Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 242, p. 237–252.
12. Dempster T., Sanchez-Jerez P., Uglem I., Bjørn P.-A., 2010. Species-specific patterns of aggregation of wild fish around fish farms. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 86, p. 271–275.

13. Dempster T., Uglem I., Sanchez-Jerez P., Fernandez-Jover D., Bayle-Sempere J., Nilsen R., Bjørn P. A., 2009. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 385, p. 1–14.
14. Dempster Tim., Sanchez-Jerez P., Fernandez-Jover D., Bayle-Sempere J., Nilsen R., Bjørn P.-A., Uglem I., 2011. Proxy Measures of Fitness Suggest Coastal Fish Farms Can Act as Population Sources and Not Ecological Traps for Wild Gadoid Fish. *PLoS ONE* , vol. 6, No. 1, p. e15646.
15. FAO (Food and Agricultural Organization) 2008 [interactive]. Fishstat plus. Aquaculture production: quantities 1950–2005. FAO, Rome.
16. Fernandez-Jover D., Martinez-Rubio L., Sanchez-Jerez P., Bayle-Sempere J. T., Jimenez J. A. L., Lopez F. J. M., Bjørn P. A., Uglem I., Dempster T., 2011. Waste feed from coastal fish farms: A trophic subsidy with compositional side-effects for wild gadoids. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 91, p. 559-568.
17. Fernandez-Jover D., Sanchez-Jerez P., Bayle-Sempere J. T., Valle C., and Dempster T., 2008. Seasonal patterns and diets of wild fish assemblages associated with Mediterranean coastal fish farms. *ICES Journal of Marine Science*, vol. 65, p. 1153–1160.
18. Furevik D. M., 1994. Behavior of fish in relation to pots. In: Fernø A and Olsen S (eds). *Marine Fish Behaviour in Capture and Abundance Estimation*. pp 28-44. Osford: Fishing News Books.
19. Furevik D. M., Humborstad O-B., Jorgensen T., and Lokkeborg S., 2008. Floated fish pot eliminates bycatch of red king crab and maintains target catch of cod. *Fish. Res.*, vol. 92, p. 23-27.
20. Furevik D. M., and Løkkeborg S., 1994. Fishing trials in Norway for torsk (*Brosme brosme*) and cod (*Gadus morhua*) using baited commercial pots. *Fisheries Research*, 19, 219-229.
21. Gabriel O., Lange K., Dahm E., Wendt T., 2005. Von Brandt's fish catching methods of the world. Fourth edition. Wiley-Blackwell, UK 536 p.
22. Gobert B., 1998. Density-dependent size selectivity in Antillean fish traps. *Fish. Res.*, vol. 38, p. 159-167.
23. High W. L. and Beardsley A.J., 1970. Fish behaviour studies from an undersea habitat. *Comm. Fish. Rev.*, vol. 32, No. 10, p. 31-37.
24. High W. L. and Ellis I. E., 1973. Underwater observations of fish behavior in traps. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* vol. 24, p. 341-347.
25. Jennings S. and Kaiser M. J., 1998. The effects of fishing on marine ecosystems. *Adv. Mar. Biol.*, vol. 34, p. 201–352.



26. Kutti, T., Ervik, A. and Høisæter, T., 2008. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. III. Linking deposition rates of organic matter and benthic productivity. *Aquaculture*, vol. 282, p. 47–53.
27. Li Y., Yamamoto K., Hiraishi T., Nashimoto K. and Yoshino II., 2006. Behavioral responses of arabesque greenling to trap entrance design. *Fish. Sci.*, vol. 72, p. 821-828.
28. Lokkeborg S., 1990. Rate of release of potential feeding attractants from natural and artificial bait. *Fish. Res.*, vol. 8, p. 253-261.
29. Løkkeborg, S., Humborstad, O.-B., Jørgensen, T., and Soldal, A. V., 2002. Spatiotemporal variations in gillnet catch rates in the vicinity of North Sea oil platforms. – *ICES Journal of Marine Science*, vol. 59, p. S294–S299.
30. Luckhurst B. and Ward J., 1985. Behavioral dynamics of coral reef fishes in Antillian fish traps at Bermuda. *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.*, vol. 38, p. 528-546.
31. Mahon R. and Hunte W., 2001. Trap mesh selectivity and the management of reef fishes. *Fish and Fisheries*, vol. 2, No. 2, p. 356-375.
32. Munro J. L., 1974. The mode of operation of Antillean fish traps and the relationships between ingress, escapement, catch and soak. *J. Cons. int. Explor. Mer*, vol. 35, No.3, p. 337-350.
33. Munro J.L., Reeson P.H. and Gaut V.C., 1971. Dynamic factors affecting the performance of the Antillean fish trap. *Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, vol. 23, p. 184–194.
34. Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H. and Troell M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, vol. 405, p. 1017–1024.
35. Nédélec C. and Prado J., 1990. Definition and classification of fishing gear categories. FAO fishery industries division, FAO fisheries technical paper. 61 p.
36. Norwegian Directorate of Fisheries 2009 Statistics for Aquaculture 2008 [interactive]. Accessed: [http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/kystsone\\_og\\_havbruk/statistikk](http://www.fiskeridir.no/fiskeridir/kystsone_og_havbruk/statistikk).
37. Otterå, H., Karlsen, Ø, Slinde, E. and Olsen, R.E., 2009. Quality of wild-captured saithe (*Pollachius virens* L.) fed formulated diets for eight months. *Aquaculture Research*, vol. 40, p. 1310-1319.
38. Ovegård M., Königson S., Persson A. and Lunneryd S. G., 2011. Size-selective capture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in floating pots. *Fisheries Research*, vol. 107, p. 239–244.
39. Robichaud D, Hunte W. and Chapman M. R., 2000. Factors affecting the catchability of reef fishes in Antillean fish traps. *Bulletin of Marine Science*, vol. 67, No. 2, p. 831–844.

40. Sakalauskas V., 1998. Statistika su statistika. Vilnius: Margi raštai. 227 p.
41. Slack-Smith R. J., 2001. Fishing with traps and pots. FAO training series. 62 p.
42. Thomsen B, Humborstad O. B. and Furevik D.M., Fish Pots: Fish Behavior, Capture Processes, and Conservation Issues 2010. In: He P, Behaviour of marine fishes: capture process and conservation challenges. Pp 143- 158. Wiley-Blackwell. U.S.A.
43. Valdemarsen J. W, Fernø A and Johannessen A., 1977. Studies on the behaviour of some gadoid species in relation to traps. ISCES, vol.42, p. 1-9.
44. Valle C, Bayle-Sempere J. T, Dempster T, Sanchez-Jerez P. and Giménez-Casalduero F., 2007. Temporal variability of wild fish assemblages associated with a sea-cage fish farm in the south-western Mediterranean Sea. Estuarine, Coastal and Shelf Science, vol. 72, p. 299-307.



ISBN 978-82-7251-961-1 (trykt)  
ISBN 978-82-7251-962-8 (pdf)  
ISSN 1890-579X