

Fangstbasert akvakultur

Mellomlagring, oppfôring og foredling av villfanget fisk

Bjørn-Steinar Sæther, Chris Noble, Odd-Børre Humborstad (Havforskningsinstituttet), Svein Martinsen (SINTEF Fiskeri og Havbruk), Emil Veliyulin (SINTEF Fiskeri og Havbruk), Ekrem Misimi (SINTEF Fiskeri og Havbruk) og Kjell Ø. Midling





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

Nofima har om lag 470 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: nofima@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

 ISBN: 978-82-7251-977-2 (trykt)
 ISBN: 978-82-7251-978-9 (pdf)

 Rapportnr.:
 14/2012

 Tilgjengelighet:
Åpen

<i>Tittel:</i> Fangstbasert akvakultur Mellomlagring, oppfôring og foredling av villfanget fisk	<i>Dato:</i> 28.03.12
<i>Forfatter(e):</i> Bjørn-Steinar Sæther, Chris Noble, Odd-Børre Humborstad (HI), Svein Martinsen (SFH), Emil Veliyulin (SFH), Ekrem Misimi (SFH) og Kjell Ø. Midling	<i>Antall sider og bilag:</i> 49 <i>Prosjektnr.:</i> 20816
<i>Oppdragsgiver:</i> FHF Faggruppe for Marine Ressurser	<i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF #900296
<i>Tre stikkord:</i> Fangstbasert akvakultur torsk	
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i> Prosjektet "Mellomlagring, oppfôring og foredling av villfanget fisk" er en del av FHF's hovedsatsing innen fangstbasert akvakultur (FBA) sammen med prosjektet "Teknologiutvikling for fangst, håndtering og føring av levende villfisk" ledet av Havforskningsinstituttet. Prosjektet omhandler villfanget torsk og tilvenning til fôr i oppdrett. Betydning av fiskens skadestatus ved mottak er evaluert, og operasjonelle sorteringskriterier foreslått. Kun moderate skader vurderes som akseptable; ingen åpne sår, kun liten grad av finneerosjon, om fisken skal være i stand til å hele skadene innen rimelig tid. Fisk som ansees å ha god kvalitet og være godt egnet for oppfôring viser betydelig variasjon i appetitt. Rundt 20 % av torsken spiste ikke i fangenskap, selv når den ble tilbudt naturlige (men døde) byttedyr. Forsøk på å tilvenne torsken formulert fôr viste at så mye som 60 % ikke ville spise i fangenskap. Fisken som spiste vokste i samsvar med forventninger ut i fra tabelltilvekst hos oppdrettstorsk. Andelen som begynte å spise skilte seg ikke fra annen fisk, enten i form av størrelse eller kondisjonsfaktor, og sortering av fisken på bakgrunn av størrelse bidro ikke til bedret resultat under tilvenning til å spise lodde. Maskinell sortering av fisk som spiser fra fisk som ikke spiser kan være en mer presis og raskere metode for sortering. Flere alternative løsninger er skissert og evaluert, og det er sannsynliggjort at maskinell sortering av fisken er innen rekkevidde.	

Innhold

1	Bakgrunn for aktiviteten	1
1.1	Kunnskapsfronter og teknologi	1
1.2	Målsetting	2
2	Arbeidspakker	4
2.1	Velferdsmessige aspekter ved mellomlagring og oppfôring; betydning av individuelle fangstbaserte skader for senere weaning.....	4
2.2	Arbeidspakke 2 Kvantifisering av weaningperioden hos torsk i fangstbasert akvakultur	5
2.3	Arbeidspakke 3 Sortering av tørrfôrweanet torsk i fangstbasert akvakultur	10
2.4	Arbeidspakke 4 Workshop og planlegging av videre aktiviteter	11
3	Resultater.....	13
3.1	Velferdsmessige aspekter ved mellomlagring og oppfôring; betydning av individuelle fangstbaserte skader for senere weaning.....	13
3.1.1	Oversikt over forsøket	13
3.1.2	Overlevelse koblet med skadeomfang.....	14
3.1.3	Tilvekst koblet med fôrtype og skadeomfang.....	15
3.1.4	Tilvekst koblet med fôrtype.....	16
3.1.5	Heling av skader koblet med fôrtype og skadeomfang	16
3.1.6	Behandling av fisken før levering; ombordtaking og fisken status.....	18
3.2	Resultater Kvantifisering av weaningperioden hos torsk i fangstbasert akvakultur	20
3.2.1	Andel fisk som spiste	20
3.2.2	Vektutvikling.....	21
3.2.3	Tilvekst.....	21
3.2.4	Kondisjonsfaktor/energilagring	23
3.2.5	Hvem er det som spiser og vokser?	25
3.2.6	Adferdsbasert sortering.....	29
3.3	Sortering av tørrfôrweanet torsk i fangstbasert akvakultur.	31
3.3.1	Biologiske kriterier for sortering.	31
3.3.2	Teknologiske kriterier for sortering	32
3.3.3	Teknologiske prinsipper	33
3.3.4	Sorteringsstrategier.....	38
3.3.5	Utforming av sorteringssystem, skisse av helhetlig implementering	40
3.3.6	Investeringskostnader	42
3.3.7	Oppsummering	43
3.3.8	Konklusjon	44
4	Avsluttende kommentarer og konklusjoner	46
4.1	Sorteringskriterier og grenser for skader.....	46
4.2	Kvantifisering av tilvenning fôring i fangenskap	47
4.3	Sorteringsteknologi.....	47
5	Referanser.....	48

1 Bakgrunn for aktiviteten

1.1 Kunnskapsfronter og teknologi

Fangstbasert akvakultur (FBA) ble definert av FAO i 2004 som: "Fangstbasert akvakultur er definert som innsamling av levende organismer fra naturen, fra tidlige livsstadier til voksne, og oppfôring i fangenskap til den når markedsstørrelse ved hjelp av akvakulturteknikker" (Ottolenghi et al. 2004). Senere er denne definisjonen blitt noe moderert og omfatter nå også dyr som bare holdes levende kort tid uten å fôres.

Internasjonalt er FBA best kjent fra oppfôring av arter som tunfisk (nordlig og sørlig blåfinneretuna – *Thunnus thynnus thynnus*), ål - *Anguilla anguilla*, havabbor (grouper) og andre arter i makrellfamilien (for eksempel Yellowtail – *Seriola quinqueradiata*). Det finnes trolig mer enn hundre arter hvor produksjonen er avhengig innsamling av levende dyr. FAO estimerer at omtrent 20 % av verdens akvakulturproduksjon kommer fra FBA og de økonomiske motivasjonene kan variere fra å forbedre fiskens kvalitet ved hjelp av sulting (brisling eller loddetorsk), påvekst eller oppfôring (ål eller tunfisk) eller strategiske kombinasjoner som å fange fisken når tilgjengeligheten er høy og selge den når prisen er høy; loddetorsk i mai selges som ferskfisk i november.

FBA på torsk som strategi og næring er svært gammelt i Norge. Allerede i 1880-årene ble levende torsk omsatt i Grimsby havn for det best betalende markedet i London. Også norske fartøy deltok i denne aktiviteten og kunne få opptil hundre ganger bedre betalt for den levende torsken de hadde med seg fra fiskeriene på Island enn for saltfisken (Hovland 1985). Å holde torsken i merder etter fangst for oppfôring har litt over 20 års historie, selv om små anlegg sør i landet nok også praktiserte dette langt tidligere. Etter år 2000 har over hundre fartøy deltatt i FBA, men mindre enn 20 fartøy står for det meste av fangsten. Det har vært stor variasjon i fangstene (600-1500 tonn/år) og kvotestimulansen innført i 2008 (80 % kvoteavregning av levert kvantum) har vært en kraftig stimulans. Levende torsk har i disse årene oppnådd en ekstra pris på 5 NOK/kg eller om lag 30 % høyere pris enn ved konvensjonell leveranse. Gjennom en lang rekke FoU-aktiviteter de siste 20 år er total dødelighet i FBA på torsk sterkt redusert og nå kan opptil 90 % av fangsten fra et snurrevadfartøy settes i merd (Midling et al.) 1997, Isaksen et al., 2004). Fagområdet har også gitt oss mye informasjon på hvordan torsk reagerer på ulike former for behandling (redskap, trykkendring, pumping, trenging og vannkjemi) og hvordan torsk restituerer fysiologisk i transportkar etter fangst. For videre oppdatering innen FBA på torsk (rapporter på norsk) de siste år, se referanseliste.

Sammenhengen mellom velferd og kvalitet har blitt stadig viktigere i norsk oppdrettsnæring de siste 15 år. Både produsent, kunder og myndigheter er blitt enige om mange felles mål som standarder og grenseverdier. Velferd er også blitt en viktig del av et produkts kvalitet, særlig i Europa (Damsgård 2005, Damsgård et al., 2006). Skånsom og hurtig er nøkkelford for alle operasjoner, både biokjemisk og velferdsmessig. Når torsk fanges for FBA er det vanskelig å unngå skader. Normalt punkteres svømmeblæren når trykket senkes raskt (Kuhlman et al., 2001, Midling et al., in press) og en rekke stress-mekanismer settes i gang (Romero, 2004), mekanismer som vil kunne påvirke viktige faktorer som appetitt og atferd. Et elevert stressnivå vil kunne redusere fiskens immunstatus og motstandsdyktighet mot

sykdom (Wendelaar Bonga, 1997; Frish & Anderson, 2000). Disse faktorene er førende for overlevelse og fiskens evne til å tilpasse seg nye omgivelser i merd og dens evne til å ta til seg føde. Sammenhengene kompliseres ytterligere ved å ta hensyn til faktorer som fiskens alder (Peck et al., 2003), årstid (Guderley et al., 1996), temperatur (Davis et al., 2001), og transporttetthet (Congleton et al., 2000). Det vil også være individvariasjon i stressresponsene med store variasjoner i atferdsstrategier, neuroendokrine mønster og dødelighet (Van Raaij et al., 1996).

Fangstbasert akvakultur ble tidligere regulert gjennom kvalitetsforskriften i tillegg til den generelle Dyrevernsloven. Etter at Mattilsynet omtalte (og påtalte) flere episoder hos aktører innen fangstbasert akvakultur i 2004 ble det via Holmefjordutvalgets arbeid utarbeidet og implementert en ny forskrift i januar 2006. Forskriften regulerer en rekke elementer innen FBA som redskap og bruken av dette, lærretsløft, fiskedyp, sortering, bruk av vakuumpumper, transport, mottaksmerder, hvor lenge man kan lagre fisken uten å føre og fiskens helse. Hovedformålet med forskriften er å øke fiskens velferd og å standardisere utstyret som benyttes.

Den norske debatten rundt velferd og fangstbasert akvakultur har, på grunn av lite vitenskapelig empiri, dessverre vært relativt antroposentrisk. Viktige tema for utviklingen av denne næringen (for eksempel sultetid før føring, sorteringskriteria) blir regulert politisk eller basert på hva man tror.

I dette prosjektet tas det utgangspunkt i næringsrelevante produksjonsmetoder. Resultatene skal ha direkte relevans for næringen og bidra til å bedre dagens driftsrutiner. Prosjektet er et samarbeid mellom tre forskningsinstitusjoner; Nofima marin, Havforskningsinstituttet og SINTEF, og bygger videre på felles prosjektaktiviteter i 2009.

1.2 Målsetting

Den overordnede målsettingen med prosjektet er å bedre lønnsomheten i fangstbasert akvakultur av villfanget torsk (*Gadus morhua* L.). Delmål i prosjektet nås ved gjennomføring av ulike arbeidspakker, som de deltakende instituttene har ansvaret for. Arbeidspakke 1 har som målsetting å bidra til etablering av sorteringskriterier og grenser for skader som kan påvirke velferd og økonomi i weaningsperioden. Arbeidspakke 2 har som målsetting å kvantifisere tilvenning til fôr, som grunnlag for maksimering av antall fisk som tilvennes fôr i fangenskap samt indikere når weaningperioden kan gå over i en driftsfase. Arbeidspakke 3 har som målsetting å utvikle et konsept for funksjonell sortering av villfanget torsk. I tillegg er kommunikasjon internt i prosjektet, mellom prosjektet og styringsgruppen, samt mellom prosjektet og næringen organisert i arbeidspakke 4.

Delmål:

1. Finne sorteringskriterier og grenser for skader som kan påvirke velferd og økonomi i weaningsperioden. Aktiviteten skal bidra til å
 - a. utvikle raske, skjembaserte kriterier for å registrere velferd (skader) ved leveranse av torsk til restitusjon (Velferd Indeks Metode, VIM-score)

- b. Finne korrelasjon mellom VIM-score og behandling av torsken før levering; sekking vs. Pumping og betydningen dette har for weaning resultatene
2. Kvantifisere tilvenning til to typer fôr hos villfanget torsk. Målet er å maksimere antall torsk som tilvennes og å gi oppdretterne kunnskap om når det er best å fjerne fisk som ikke spiser
 - a. Øke andel fisk som spiser tidlig i weaningperioden ved å størrelsessortere villfanget torsk i smalere størrelsesutvalg før weaning.
 - b. Bedre fiskens motivasjon til å spise ved å bedre palatibilitet på formulert fôr
 - c. Utvikle adferdsbasert metode for å skille fisk som er motivert til å spise, og dermed egnet til FBA (oppfôring), fra fisk som ikke viser samme motivasjon og dermed har størst økonomisk potensial ved korttidslagring/direkte slakting
3. Beskrive og vurdere aktuelle sorteringsteknologier for å kunne detektere og deretter sortere ut fisk som ikke er tilvent tørrfôr.

2 Arbeidspakker

2.1 Velferdsmessige aspekter ved mellomlagring og oppfôring; betydning av individuelle fangstbaserte skader for senere weaning.

Ansvar: Havforskningsinstituttet, Odd-Børre Humborstad

Målsetting

Finne sorteringskriterier og grenser for skader som kan påvirke velferd og økonomi i weaningsperioden. Aktiviteten skal bidra til å (delmål)

1. Utvikle raske, skjemabaserte kriterier for å registrere velferd (skader) ved leveranse av torsk til restitusjon (Velferd Indeks Metode, VIM-score).
2. Finne korrelasjon mellom VIM-score og behandling av torsk før levering; sekking vs. Pumping og betydningen dette har for weaning resultatene.

Bakgrunn:

Mellomlagring og oppfôring krever at fisk i fangenskap lar seg tilvenne fôring og tar til seg mat. Noen fangstskader viser seg uforenelig med videre oppfôring i fangstbasert akvakultur, enten ved at skadene er så omfattende at fisken ikke vil overleve selv på kort sikt, eller at de ikke tar til seg fôr og videre hold dermed ikke er ønskelig verken av etiske, smittehygieniske eller økonomiske grunner. Bruk av denne fisken til akvakulturformål kompromitterer dagens lovverk om hold av dyr.

Gjennomføring

Aktiviteten knyttes opp mot arbeidspakke 2 med felles fiskemateriale og forsøksoppsett. Personell fra HI deltok i planlegging og analyse av resultater, med spesielt ansvar for aspekter knyttet til fiskens velferd.

Aktiviteten vurderte kommersielle fangster i forhold til velferdsrelaterte skader hos torsk. Ved oppstart av weaning-forsøk (arbeidspakke 2) ble 30 fisk per merd med registrerte skader merket individuelt og fotografert. Denne fisken gikk under samme forsøksbetingelser som beskrevet for arbeidspakke2, og ved avslutning av forsøket sammenholdes type skader fisken hadde innledningsvis med hvordan de har prestert i form av tilvekst gjennom weaning. Den innledende skadens beskaffenhet ble evaluert på nytt ved avslutning fra fotografier for å kunne vurdere heling eller forverring av skadetilstand. Fisken ble skadevurdert etter en rask, skjema-basert metode. Metoden tilsvare Quality Index Method (QIM, Bremner, 1985) og gir hver fisk en individuell poengsum gjennom at hver kategori kan variere etter skadens alvorlighet (0,1,2) på seks utvendige parametre (Tabell 1).

Tabell 1 Oversikt over skaderegistrering som ble brukt i forsøket.

Skadekategori	Beskrivelse	Score
Slagskader	Ingen slag	0
	Rødt ørebein og nakke	1
	Rødt ørebein og buk	2
Øyne	Normale øyne	0
	Keratitt	1
	Utstående med gass	2
Skjelltap	Ingen skjelltap	0
	<10 cm ² skjelltap	1
	>10 cm ² skjelltap	2
Finnesplitt	Ingen finnesplitt	0
	1-2 finnesplitt	1
	>2 finnesplitt	2
Sår	Ingen sår	0
	1 sår	1
	> 1 sår	2

2.2 Arbeidspakke 2 Kvantifisering av weaningperioden hos torsk i fangstbasert akvakultur

Ansvar: Nofima marin, Chris Noble og Bjørn-Steinar Sæther

Bakgrunn

Oppføring av villfanget fisk er i dag basert på bruk av hel fisk som sild eller lodde som mat. Erfaringer fra industrien tyder på at dette fungerer bra ved at fisken lar seg relativt greit tilvenne å spise i fangenskap. Erfaringer viser at bruk av sild gir best utnyttelsesgrad, med ett kg tilvekst ved bruk av mindre enn 3 kg sild (pers medd.T.B.Stabell, ToBø Fisk). Dette krever imidlertid at silda som benyttes har et fettinnhold på mellom 15 og 20 %, og den er dermed bare tilgjengelig deler av året. Grunnet manglende tilgjengelighet til sild av adekvat kvalitet fikk ToBø Fisk delvis spolert en weaning sesong. Bruk av et kommersielt tilgjengelig fôr vil derfor forenkle logistikk og planlegging for FBA aktører. Utfordringen vil ligge i å tilrettelegge en fôrtype som fisken aksepterer og samtidig gir god og regningssvarende tilvekst. Norsk oppdrettsnæring, inkludert torsk, benytter i all hovedsak tørrfôr i sin produksjon. Tørrfôr er tilpasset logistikken i anleggene, det finnes tilgjengelig i god, stabil og forutsigelig kvalitet. Den næringsmessige sammensetningen er optimalisert for tilvekst, og krav til vitaminer og sporstoffer er dekket. Det anses derfor som en stor fordel om også fangstbasert oppdrett av torsk kan benytte formulert fôr som hovedfôrkilde.

Tidligere weaning av torsk hvor man har testet ut bruk av tørrfôr har gitt noe varierende resultater. I et forsøk gjennomført i Vesterålen ble villfanget torsk forsøkt weanet til tørrfôr (Bjørnevik og Eliassen, 2007). Fôret var forøvrig ubehandlet, med vanninnhold på under 10 % og hadde dermed svært hard konsistens. Torsken i forsøket viste liten vilje til å spise dette fôret. Det sies ingenting om hvor stor andel som spiste, men gjennomsnittsmålinger på vekt indikerte et vekttap på ca. 0,05 % per dag de første 7-8 ukene. Kontrollgruppen som fikk hel

frosset sild med innslag av lodde, vokste i samme periode med 0,65 % per dag (heller ikke her er andel spisere presentert). Denne tilveksten ble imidlertid ikke opprettholdt over tid, og var sannsynligvis en følge av kompensatorisk tilvekst. På grunn av manglende tilvekst i tørrfôrgruppen ble denne behandlingen avbrutt, og all fisken ble fôret med sild gjennom resten av forsøket (gjennomsnittlig tilvekst over hele forsøket var 0,35 % av kroppsvekt per dag). I de to påfølgende periodene vokste fisken som innledningsvis fikk tørrfôr bedre enn fisken som hele tiden fikk sild. Dette kan delvis skyldes samme kompensatoriske vekstrespons som nevnt tidligere, men en vesentlig del av forklaringen ligger også i den andre perioden som strakk seg over vel 2 måneder. Da var det gruppen på sild som ikke vokste (under 0,05 % tilvekst per dag) uten at dette problematiseres eller at noen årsakssammenhenger er presentert. En så vidt ustabil tilvekst i forsøk er svært uheldig, og medfører at resultatene som sådan er lite egnet til å evaluere egnetheten av tørrfôr til weaning av villfanget torsk. Fra weaning av andre arter er det klart at det er viktig at fôret er mykt, og fôrets tekstur er en vesentlig egenskap for hvorvidt fisk aksepterer det eller ikke etter at fisken har tatt fôret i munnen (Siikavuopio & Knudsen, 2001; Jobling et al., 2001;). Denne siste "godkjenningen" av maten som fisken gjennomfører observeres ofte i fôringssituasjoner ved at torsken tar fôret i munnen og spytter det ut gjentatte ganger før den forlater det eller eventuelt aksepterer det og spiser. I nylig gjennomført forsøk (2009) fikk villfanget torsk enten hel lodde eller vanntilsatt tørrfôr beregnet på torsk (Skretting); ferskvannet trenger inn i pelleten og som følge av dette blir den myk og ventelig mer attraktiv for fisken. Fisk som fikk lodde hadde et betydelig bedre tilslag på mat med rundt 70-80 % av fisken registrert som spisende sammenlignet med ca. 30-40 % i gruppen med vanntilsatt tørrfôr. Dette resulterte i en betydelig bedre tilvekst i gruppen som fikk lodde. Tilveksten i 2009 forsøket viste at loddefôret fisk hadde en daglig tilvekst på 0,35 %, mens fisken som fikk pellet hadde en tilvekst på 0,03 % per dag. Den store forskjellen skyldes i stor grad forskjell i andel spisere, og tilsvarende tall kun for fisken som spiser var 0,54 og 0,35 %. Potensialet for pellet er dermed tilsynelatende bedre enn hva tilveksten i gruppen samlet antyder. I tidligere weaning-forsøk har vi sett at rundt 60 % av villfanget torsk spiste tørrfôr tilsatt ferskvann og at gruppen samlet hadde en tilvekst på rundt 0,25 % per dag over en 90 dagers periode, men da var ferskvannstilsettingen noe høyere og fôret var basert kun på marine råvarer. I videreføringen av denne aktiviteten var utgangspunktet å benytte et kommersielt tilgjengelig tørrfôr basert kun på marine råstoffer. Valget falt på et fôr til marin fisk fra Skretting (Skretting, Amber Neptun 100 re-pelletert til 9 mm etter tilsetning av vann (25 %) og for å stabilisere fôret med vann inneholdt det 7,5 % Aquasoft binder pluss. Fôret var i tillegg tilsatt 5 % krillmel som er en antatt smaksattraktant blant marine råstoff. Fôret er basert kun på marine råvarer og har høyt proteininnhold tilpasset rask vekst. Etter tilsetning av vann og binder inneholder dette fôret 42,5 % protein (64 %), 13,3 % fett (20 %) og 33 % vann. Tallene i parentes angir innhold basert på tørrstoffbasis.

Praktiske erfaringer ved ToBø Fisk i Havøysund viser at ved weaning av villfanget torsk ved bruk av sild kan det ta en periode på 20-22 uker før all fisken i merden spiser. Det aller meste av fisken begynner å spise i løpet av de første ukene, men en andel fisk synes ikke å ta del i konkurransen om maten. Denne fisken skiller seg etter hvert ut med lavere vekt og generelt dårligere hold. Over tid, og kanskje tydeligst i perioder med utslakting av fisk, har man observert at denne andelen fisk blir stadig lavere, og kan bli helt borte (man antar da at 100 % av fisken etter hvert spiser men dette er ikke dokumentert). Dette kan tyde på at all

fisken potensielt kan rekrutteres inn som spisere i løpet av weaningen. I forsøk gjennomført 2009 var det ingen korrelasjon mellom fiskens vekt eller kondisjon innledningsvis og senere tilvekst. Det kan dermed se ut som at fiskens størrelse eller energetiske status har liten betydning for senere suksess i en weaningperiode. Observasjonene fra praktisk drift tyder imidlertid på at der kan være sosialt betingede forskjeller i tilgang på mat. Slike sosiale hierarkier er vanligvis en del av mekanismene som bestemmer tilgang til mat for enkeltindivider under forhold som de beskrevne (Grant, 1997). Til tross for at det ikke ser ut til at det er den største fisken som får maten, så synes det være en tendens at fisken som ikke får mat i hovedsak finnes blant de av mindre størrelse sammenlignet med resten av gruppen. Over tid kan det imidlertid se ut som at denne fisken også får tilgang på mat. Siden man ikke har mål på tilvekst hos enkeltfisk gjennom en slik periode er det i tillegg nyttig bare å dokumentere utviklingen i kommersielle merder. Aktivitetene vil fokusere på bedring av weaningresultater med utgangspunkt i et kommersielt anlegg. Aktivitetene bygger i tillegg på resultatene fra gruppen føret med lodde i 2009, og målsettingen i så måte er å forbedre andel fisk som vokser gjennom weaning perioden.

Målsetting

Kvantifisere tilvenning til fôr hos villfanget torsk. Målet er å maksimere antall torsk som tilvennes og å gi oppdretterne kunnskap om når det er best å fjerne fisk som ikke spiser.

- Kvantifisere tilvenning til fôr hos villfanget torsk (aktivitet i fase 1) og bedre disse resultatene i fase 2 ved å:
- Øke andel fisk som spiser tidlig i weaning-perioden ved å størrelsessortere villfanget torsk i smalere størrelsesutvalg før weaning.
- Bedre fiskens motivasjon til å spise ved å bedre palatabilitet på formulert fôr.
- Utvikle adferdsbasert metode for å skille fisk som er motivert til å spise, og dermed egnet til FBA, fra fisk som ikke viser samme motivasjon og dermed har størst økonomisk potensial ved kort tids lagring/direkte slakting.

Gjennomføring

Forsøk 2009:

Forsøket ble gjennomført ved Havbruksstasjonen i Tromsø sitt sjøanlegg, lokalisert i Skulgambukt på Ringvassøya. Torsken som ble benyttet var fanget med snurrevad innenfor grunnlinja utenfor Fruholmen ved Ingøy i Finnmark, restituert i flatbunnet merd i Trollsundet frem til frakt med brønnbåt til forsøksfasilitetene. Torsken som ventelig er hovedsakelig av norsk arktisk stamme, gjennomgikk fiskehelsekontroll om bord i brønnbåt før ankomst til forsøksfasilitetene. Ved ankomst 9. mai ble fisken fordelt på 4 merder (5 x 5 x 5 meter), med 930 fisk per merd.

En ukes restitusjon etter transport ble et utvalg fisk bedøvet (5×10^{-4} g l⁻¹ Metakain) lengdemålt (nærmeste cm) og veid (nærmeste gram) og individmerket (Floy T-Bar anchor tag) ved basis av ryggfinnen. 100 fisk per merd ble merket for vekststudie på individbasis. Individmerking øker presisjonen i vekstberegningene samtidig som det også muliggjør beregninger av variasjon i tilvekst. Merkingen danner også grunnlag for korrelasjoner mellom fiskens lengde, vekt og kondisjonsfaktor med resultater fra weaningen. Det er en målsetting å identifisere fisk som ikke kommer til å tilpasse seg FBA ("ikke spisere") på et tidligst mulig tidspunkt, slik at de kan sorteres ut raskest mulig. Eventuelle korrelasjoner tilknyttet målbare størrelser og senere weaning suksess vil kunne bidra til sorteringskriterier.

Noen individer ble som følge av fangstskader utelukket av velferdsmessige årsaker. Det er kjent at torsk har en god evne til å regenerere hudskader der hvor underhuden er intakt. Bruk av slik fisk ansees derfor i utgangspunktet som forenelig med god velferdspraksis, men det er nødvendig å fastsette kriterier for hvilke typer skader som er akseptable. I samarbeid med veterinær ble noen slike skadekriterier satt som grunnlag for valg av 30 fisk per merd til studie av betydning av fangstskade. Denne fisken ble individmerket, som tidligere beskrevet, og fulgt spesielt gjennom forsøket (Arbeidspakke 1). Fisken ble fotografert ved merking og ved forsøkslutt, slik at fiskens skadestatus ved avslutningen kan sammenholdes med skadestatus ved forsøksstart. Etter merkingen fikk fisken ytterligere tre ukers akklimering til forsøksfasilitetene før oppstart av weaning-forsøket. Perioden fra fangst til forsøksstart er tilpasset erfaringer og praksis hos norske FBA aktører. Fisken fikk fôr en gang per dag mellom kl 1200 og 1300. To av merdene fikk lodde mens de resterende to fikk tørrfôr oppbløtt i vann. Tørrfôret som ble benyttet var kommersielt tilgjengelig standard fôr til torsk (Skretting 9 mm) som ble henlagt i vann i 4 timer (forhold 2:1 vann:fôr). Tilsetningen av vann ble testet ut på forhånd, og valgt tid gav en økning i vanninnhold tilsvarende 25 % av vekt, samtidig som fôrets mekaniske kvalitet var tilfredsstillende for utfôring. Fisken som fikk vanntilsatt tørrfôr ble fôret først, da man ikke kunne utelukke at fôring med lodde i nabomerden kunne påvirke denne gruppens appetitt. Fisken ble fôret etter appetitt, evaluert vha. lift-up, med utgangspunkt i en fôrtabell som var satt opp for fôring i overskudd. Hver 7 dag i perioden fra uke 24 til uke 32 (totalt 9 uttak) ble 30 umerkede fisk avlivet for prøvetaking fra hver merd. I tillegg til måling av lengde og vekt, ble magesekk og lever dissekert ut og veid, magesekken tømt og veid på nytt. Disse målingene utgjør grunnlag for registrering av andel fisk som hadde spist, i tillegg gir leverindeks en indikasjon på utvikling i status for fiskens energilager. Utviklingen i andel fisk som spiser er avgjørende for hvor lenge en weaning periode bør foregå. I tillegg vil den gi en indikasjon på hvor stor andel av fisken som vil begynne å ta til seg mat i fangenskap når den tilbys enten et naturlig, men dødt, byttedyr sammenlignet med kommersielt tilgjengelig fôr. All merket fisk ble i tillegg avlivet for prøvetaking på samme måte ved forsøkslutt. Denne fisken gir informasjon om individuell utvikling av vekst, kondisjonsfaktor og energilager (målt som leverindeks) over forsøksperioden. Her kan vi også sammenholde resultatene med registrert mageinnhold ved slutt og tilvekst, samt leverindeks med tilvekst gjennom perioden.

Forsøk 2011: Weaning-forsøket ble gjennomført ved Havbruksstasjonen i Tromsø sitt sjøanlegg, lokalisert i Skulgambukt på Ringvassøya. Torsken som ble benyttet var fanget med snurrevad ultimo juni ved Båtsfjord i Øst-Finnmark, restituert i flatbunnet merd før frakt med brønnbåt til mottaksanlegg hos Sjøfisk AS, Bjarkøy. Etter to uker på anlegget ble fisken fraktet med brønnbåt til forsøksfasilitetene på Skulgam. Torsken som ventelig er hovedsakelig av norsk arktisk stamme, gjennomgikk fiskehelsekontroll etter mottak på Sjøfisk AS. Ved ankomst 18. juni ble fisken satt inn i en 12x12x10 merd, og den 22. juni fordelt på 4 merder (5 x 5 x 5 meter), med 450 fisk per merd. Et utvalg på 100 fisk per merd ble individmerket (se beskrivelse for 2009). Noen individer ble som følge av fangst- og transportskader utelukket av velferdsmessige årsaker. Akseptabelt skadeomfang var basert på resultater fra forsøk gjennomført i 2009. Etter merkingen fikk fisken ytterligere tre ukers akklimering til forsøksfasilitetene før oppstart av weaning; fisken fikk tilbudt fôr fra og med den 13. juli. Forsøket pågikk fra uke 29 til uke 34, se beskrivelse for 2009 for detaljer rundt forsøk og prøveuttak.

Forsøket som fokuserte på betydning av størrelsesspredning var planlagt gjennomført i full skala ute i næringen. Grunnet årsaker utenfor vår kontroll lot ikke dette seg gjøre, og vi fant heller ikke alternative anlegg med kapasitet for aktiviteten. Forsøket ble derfor flyttet til Havbruksstasjonen i Tromsø sitt sjøanlegg på Skulgam. Dette medførte betydelige økte direktekostnader for prosjektet, til tross for at forsøket ble skalert ned og også kombinert med weaning-forsøket ved at begge forsøkene hadde samme kontrollgruppe. Fisken ble sortert etter størrelse den 24. juni og fordelt på fire merder á 350 fisk; to merder med små (gjennomsnitt 1551 g) og to merder med stor (2281 g) fisk. Som beskrevet for weaning-forsøket ble også 100 fisk per merd individmerket. Kontrollgruppen hadde en gjennomsnittsvekt på 1961 g, og bestod av usortert fisk tatt fra samme leveranse.

Resultatene i fra 2009 viste at ca. 70 % av fisken spiste hel lodde innen 3-4 uker etter at weaningen startet. I motsetning til gruppen som fikk pellet, viste lodde gruppen en gradvis endring over noe lengere tid med økning i antall fisk med motivasjon til å spise. Rekrutteringen av spisere synes dermed å gå over noe tid, men det er relativt liten endring i andel fisk som spiser etter 4 uker. Motivasjonen til å spise kan tenkes benyttet til sortering av fisk kort tid etter at weaning har startet, før fisk som ikke er motivert til å spise har tapt mye vekt og heller ikke representerer noe velferds- eller helseproblem i gruppen. Innledende pilotforsøk i tilstøtende FBA prosjekt gir grunn til å tro at denne motivasjonen kan benyttes til en adferdsbasert sortering av villfanget torsk, og dermed bedre grunnlaget for økonomisk oppfôring i FBA. Nøyaktigheten i metoden vil sannsynligvis avhenge av hvordan fiskens motivasjon trigges (tilgang på mat), hvordan fisken kan følge opp triggeren (følge etter dvs. bevegelig eller gå mot dvs. stasjonær), hvordan man kan unngå at enkeltindivider feilaktig ender i motivert gruppen ved å etterprøve motivasjonen, eksempelvis med en vandringshindring. Resultatene fra pilotforsøk gjengis i denne rapporten. Den opprinnelige prosjektplanen var å jobbe videre med detaljer rundt motivasjon og varierende terskler. Denne aktiviteten var planlagt gjennomført ved Havbruksstasjonen i Tromsø sitt sjøanlegg, men ble flyttet til en kommersiell aktør (Sjøfisk, Bjarkøy), for å gjøre plass til forsøk på effekter av størrelssortering. Til tross for stor vilje til løsning hos den kommersielle aktøren, fantes det ikke fisk tilgjengelig i perioden det var ledig kapasitet på anlegget til å gjennomføre denne aktiviteten.

2.3 Arbeidspakke 3 Sortering av tørrfôrweanet torsk i fangstbasert akvakultur

Ansvar: SINTEF Fiskeri og havbruk, Svein Martinsen, Emil Veliyulin og Ekrem Misimi

Bakgrunn

Oppfôring av villfanget torsk er i dag basert på bruk av hel fisk som sild eller lodde som fôr. Ernæringsmessig holder lodde og sild en grei kvalitet men det kan fort bli mangel på mikronæringsstoffer (spesielt vitaminer) ved fôring over lange perioder. Bruk av hel fisk som fôr stiller krav til kapasitet i fryselager, det vil være variabel kvalitet i forhold til leveranser og sesong, samt at utfôring er arbeidskrevende.

Gjennom flere prosjekter er villfanget torsk forsøkt tilvent over på kommersielt tørrfôr. Fordelene med bruk av tørrfôr er mange; blant annet godt tilpasset logistikk, stabil og forutsigbar kvalitet og næringsinnhold, godt potensiale for tilvekst samt eksisterende utfôringsteknologi. Erfaringene fra tilvennings-forsøkene viser at fisken ikke lar seg tilvenne tørrfôr like lett som lodde og sild. Fiskens akseptans av fôret er avhengig av både konsistens og smak, og det er gjort forsøk med oppbløting av fôr samt tilsetning av attraktanter for å øke smakelighet. Andelen tørrfôrtilvent fisk har variert fra 40 til 70 % i forsøk, noe som gir sterkt redusert lønnsomhet i oppfôring av villfanget torsk.

Et alternativ for å øke lønnsomhet i slike prosjekter er å sortere ut fisk som ikke tar tørrfôr, i etterkant av tilvenningsfasen. Det er rimelig å anta at en fraksjon av biomassen ikke vil komme til å ta tørrfôr. Den beste strategien vil være å sortere ut denne fiskegruppa og videre fôre med sild og lodde.

For å kunne skille mellom fisk som er tilvent fôr eller ikke, er det to innfallsvinkler som er aktuelle;

- synlig fôr i mage / tarm
- leverindeks (andel lever av kroppsvekt)

Siden det er ønskelig å videreføre fisken som ikke er tilvent tørrfôr, vil sortering av levende fisk være mest aktuelt. De viktigste kravene til deteksjonsteknologi vil være;

- ikke skadelig / destruktiv for fisken
- rask undersøkelsestid (ca. 1 sekund pr fisk)

Inspeksjon basert på røntgen er den viktigste kandidaten for valg av avbildningsteknologi. Et røntgensystem kan produsere detaljerte 2D bilder av indre organer i fisken, bl.a. gonader, svømmeblære, ryggspylen og magesekken. Siden kontrast i et røntgenbilde skapes på basis av tetthetsforskjeller, kan det bli vanskelig å detektere fôr i magesekken som er delvis fordøyd. For å kunne trygt fastslå om fisken har fôr i magesekken blir det brukt fôr tilsatt røntgentette partikler noen dager før sortering. For å tilstrebe høy effektivitet vil man kunne benytte line-scan, hvor fisken transporteres på et belteband gjennom avbildningsenheten.

Sortering av fisk gjøres ved hjelp av brønnbåt i kommersiell operasjon. Fisk som ikke er tilvent fôr sorteres over i en enkel merd for viderefôring på lodde og sild. En annen mulig angrepsmåte til denne problemstillingen er bruk av en følsom metall-detektor fôr å detektere om fisken har fôr i magesekken. For å kunne gjøre dette må fisken gis fôr tilsatt

metallpartikler noen dager før sortering. Metallpartiklene må være i form av små glatte kuler laget av metall ufarlig for fisken og lett passerer gjennom fordøyelsessystemet. Implementering av metalldetektor kan være en enklere og rimeligere løsning for å brukes på levende torsk.

Målsetting

Dette prosjektet tar sikte på å beskrive og vurdere aktuelle sorteringsteknologier for å kunne detektere og deretter sortere ut fisk som ikke er tilvent tørrfôr

Gjennomføring

En kort litteraturstudie gjennomføres for å kartlegge lignende aktiviteter på sortering av levende fisk med deteksjonsteknologi. Basert på bakgrunnsinformasjon vil man velge den mest aktuelle teknologien som kan benyttes i en slik sorteringsoperasjon.

Aktuell sorterings og deteksjonsteknologi skal vurderes ut i fra funksjonalitet, investeringskostnader, driftskostnader, mobilitet og skånsomhet.

En sorteringslinje foreslås ut i fra kapasitet og logistikk. Ved sortering av levende fisk vil posisjonering og fiskens adferd være viktig for god og effektiv deteksjon.

Kostnader vedrørende investering og operasjonell drift vil vurderes basert på type teknologi og tilgjengelighet.

Det vil bli foreslått en sorteringsstrategi basert på optimal sorteringstidspunkt for best økonomisk resultat og den økonomiske effekten av sorteringsstrategien skal beregnes med tanke på at utsortert fisk føres videre på lodde og sild.

2.4 Arbeidspakke 4 Workshop og planlegging av videre aktiviteter

Ansvar: Nofima, Bjørn-Steinar Sæther

Prosjektpartnerne har møttes ved tre anledninger i forbindelse med gjennomføringen av aktivitetene. Første møte var i mai 2009 på Gardermoen, da koordinatorene fra oppdragsgiver samt styringsgruppen var representert. Her ble aktivitetsplanene lagt frem og diskutert. Disse ble senere detaljert og beskrevet i prosjektbeskrivelsen. Prosjektpartnerne møttes igjen i november 2009 i Trondheim. Her ble status i prosjektet presentert. Innholdet i arbeidspakke 3 ble endret. Innholdet ble bedre tilpasset komplementært kompetansebehov inn i prosjektet. Den nye aktiviteten vil ventelig også bli til nytte for det parallelle teknologiprojektet som inkluderer samme institutter og som ledes fra HI. Resultatene fra første år ble presentert for koordinatorene fra oppdragsgiver samt styringsgruppen på et møte i Tromsø i januar 2010. Basert på disse resultatene ble prosjektplaner for 2010-2012 detaljert i en ny prosjektsøknad som var grunnlag for finansiering og gjennomføring av aktivitetene i 2010 og 2011.

Fremfor å arrangere en egen Workshop besluttet vi å samarbeide med Vesterålen Fiskeripark, FHF og Nasjonal Kompetansesenter for fangstbaser akvakultur som arrangerte en Workshop i Fangstbasert Akvakultur på Myre i Vesterålen 15.-16. juni 2011. Her ble prosjektet inngående presentert.

Prosjektet og resultater er presentert på FHF-samling om fangstbasert akvakultur, mellomlagring og låssetting 25.-26. august 2010 i Bodø. Prosjektet ble også presentert på Workshop i Fangstbasert Akvakultur, Myre i Vesterålen, 15-16 juni, 2011, hvor resultatene utgjorde en betydelig del av programmet med 3 foredrag; en fra hver av arbeidspakkene 1-3. I regi av Nasjonalt Kompetansesenter for FBA arrangerte vi to møter med interesserte parter i næringen, fiskere, fiskekjøpere, utdanning og forvaltning. Ett i Båtsfjord 1. november, og ett i Hammerfest 2. november 2011, hvor resultater fra prosjektet ble presentert.

Prosjektresultatene vil også bidra i vesentlig grad til presentasjoner som er antatt ved World Fisheries Congress i Edinburgh, 7-11. mai, 2012, «Sustainable fisheries in a Changing World». Kongressen har en egen sesjon kalt «Fish welfare, advances and application to wild capture fisheries and aquaculture». Prosjektgruppen er her representert med 3 foredrag og 1 e-poster.

For videre aktiviteter henvises det til avsluttende diskusjon.

3 Resultater

Fisken som gikk inn i forsøk i 2009 var generelt i godt hold; den hadde lite fangstskader og bar ikke utpreget preg av transporten. Etter mottak ble en del store individer tatt ut slik at fisken som inngikk i forsøket hadde en gjennomsnittsvekt på 2,4 Kg (0,88 Kg StdAv, basert på merket fisk til vekstforsøk, n= 400). Totalt døde 83 fisk i forsøksperioden(42 i lodde gruppen og 41 i pelletgruppen), eller rundt 2.3 % av totalantallet. Av dette utgjorde 20 individer fisk som gikk inn i studiet av betydning av skade, som således var valgt ut nettopp fordi de hadde lyter som også kan påvirke overlevelse. Av fisken som inngikk i weaningsstudiet tilsvarte dødeligheten 1.7 % fra mottak anlegg til avsluttet forsøk. Det var ikke forskjell i andel fisk som døde mellom gruppene gjennom forsøket (kji-kvadrat 2.02; P>0,05). Fisken som ble benyttet i 2011 var generelt av god kvalitet. Kun et lite antall fisk ble sortert ut med (<0,5 %) ved mottak på sjøanlegget. Dette var skader som fisken ikke var antatt i stand til å hele på sikt, jfr. våre resultater fra AP1, 2009. Det er ikke rapportert dødelighet ut over prøveuttak i forsøk i 2011.

3.1 Velferdsmessige aspekter ved mellomlagring og oppfôring; betydning av individuelle fangstbaserte skader for senere weaning

3.1.1 Oversikt over forsøket

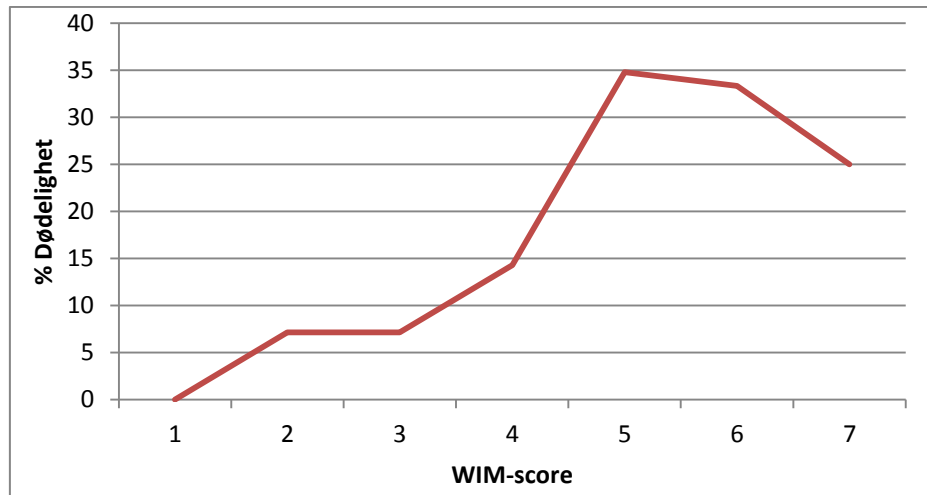
Tabell 2 viser en oversikt over fangstskader og frekvens av disse inn i forsøket uttrykt som WIM-score. Under merking av fisk ble det forsøkt å fordele typen fangstskader likt mellom merder og fôrtyper og det ble selektert fisk for å sikre en variasjonsbredde alt ifra fisk man vanligvis vil godta i en sorteringssituasjon til tilfeller der skadeomfanget er så stort at det bryter med gjeldende tolkning av regelverk for akseptable skader. Frekvens av skader er således ikke representativt for fisken som ble sluppet ut i anlegget eller for snurrevadfanget torsk som sådan, men viser den variasjonsbredden det er vanlig å finne for snurrevadfanget fisk. Fra tabellen kan man lese at det er lite data for WIM-1(lite skade) generelt og for WIM-7 (mye skade) for vanntilsatt tørrfôr (mykfôr). Årsaken til at det ikke er jevnere antall i hver skadekategori ligger i at 19 fisker ikke ble funnet igjen ved endt forsøk sannsynligvis på grunn av tap av merker samt at den endelige WIM klassifiseringen ble gjort i etterkant fra fotografier av fisken.

Tabell 2 Oversikt over frekvens av fisk som gikk inn i forsøket fordelt på skadeomfang (WIM) og fôrtype. Tall i parentes angir døde innen hver kategori.

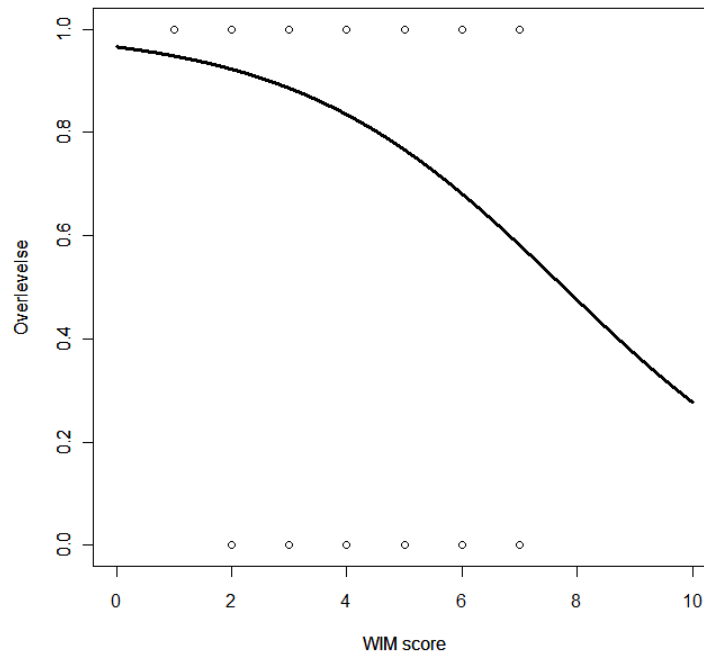
WIM	Hel Lodde	Mykfôr	Total
1		2	2
2	5 (1)	9	14(1)
3	5 (1)	9	14 (1)
4	13 (2)	15(2)	28(4)
5	13 (6)	10(2)	23(8)
6	8 (3)	4(1)	12(4)
7	7 (2)	1	8(2)
Totalt	50 (15)	51(5)	101(20)

3.1.2 Overlevelse koblet med skadeomfang

Det meste av dødelighet ble observert før fôring startet, og data er derfor ikke sortert på fôrtype. Totalt døde 20 fisk under forsøkene. Ser man på dødelighet som funksjon av WIM score (Figur 1 Prosent dødelighet for hver WIM-score observert i forsøket. Merk at for WIM-1 og WI-7 er det lite data ($n < 10$)), så økte dødelighet ved økende skadeomfang. Sammenhengen var også signifikant der overlevelse (binomisk, 0 eller 1) ble modellert som funksjon av WIM-score ($p < 0.05$) (Figur 2) Resultatene viser at det skal lite skade til før man vil observere relativt høy dødelighet. Allerede i ved WIM-score 4 er dødelighet predikert til å være ca. 20 %.



Figur 1 Prosent dødelighet for hver WIM-score observert i forsøket. Merk at for WIM-1 og WI-7 er det lite data ($n < 10$).



Figur 2 Overlevelse kan predikeres vha. $Y(x) = 1/1+e^{(0.4292x - 3.3323)}$. Overlevelsesdata tilpasset en gammel modell for binomisk fordelte data ved hjelp av logit link funksjon med WIM-score som forklaringsvariabel ($p < 0.05$). Forløpet er omvendt sigmoid.

3.1.3 Tilvekst koblet med fôrtype og skadeomfang

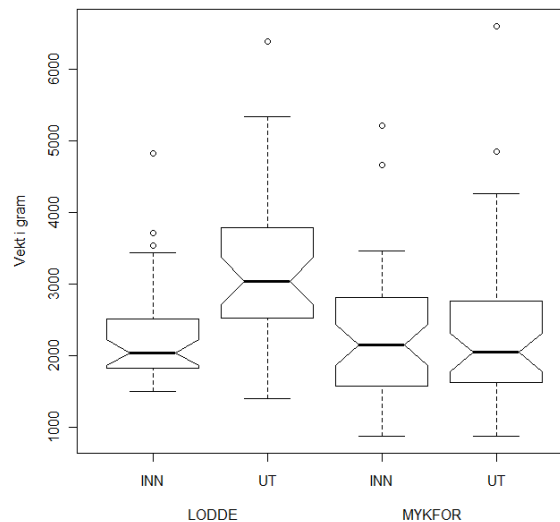
Det var ingen trend i % tilvekst over skadekategori, og det ble heller ikke funnet signifikante (ANOVA, $p > 0.05$) forskjeller i tilvekst for ulike skadekategorier totalt sett eller for de to ulike fôringsregimene (Tabell 3). Det var heller ingenting som tydet på at det var forskjell i frekvens av spisere (beregnet som fisk som økte i vekt gjennom forsøket) mellom de ulike skadekategoriene. Det var imidlertid store forskjeller i individuell prosentvis vektforandring (se SD i Tabell 3). For fisk fôret med lodde økte vekten hos 84 % av individene, mens det for mykfôr kun var 40 % som tok til seg fôr.

Tabell 3 Gjennomsnittlig prosentvis vektøkning for torsk foret med lodde eller mykfôr vist for hver skadekategori.

WIM	Lodde				Mykfôr			
	% Vektendring	Antall fisk	SD	Ant. Spisere	% Vektendring	Antall fisk	SD	Ant. Spisere
1	NA	0	NA		28	2	55	1
2	45	4	39	3	1	9	21	3
3	10	4	33	2	5	9	28	3
4	39	11	39	9	7	13	28	6
5	40	7	42	6	2	8	29	3
6	65	5	10	5	2	3	14	1
7	47	5	19	5	35	1	NA	1
Snitt/sum	42	36	35	30	6	45	26	18

3.1.4 Tilvekst koblet med fôrtype

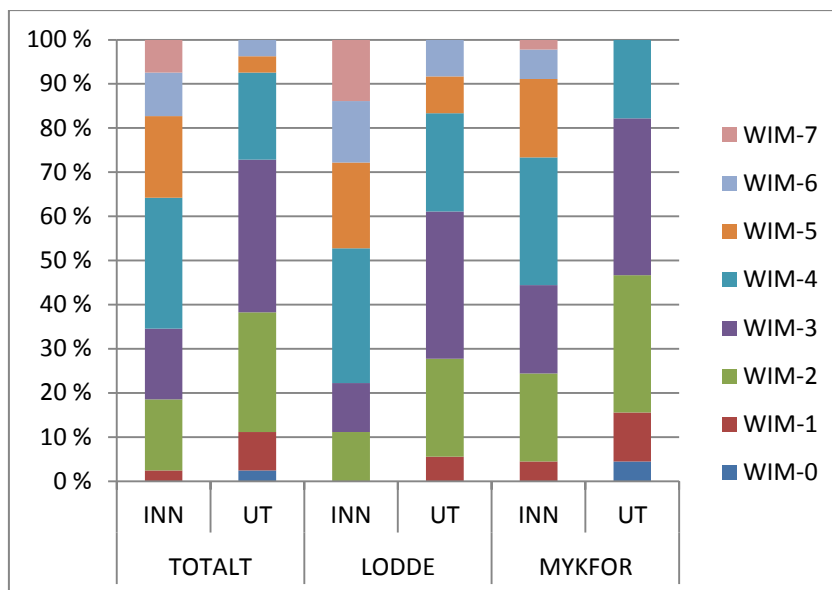
Ved forsøksstart var det ikke signifikant forskjell i vekt mellom de to gruppene (Figur 3). Ved forsøkslutt var det høyere median vekt for torsk fôret med lodde sammenlignet med median vekt inn. Siden fisk ble floymerket ble det i tillegg til boxplot for grupper av fisk kjørt parvise t-tester for å undersøke eventuell vektendring fra start til slutt av forsøket på individnivå. Ved forsøkslutt var det for torsk fôret med lodde en signifikant ($p < 0.001$) gjennomsnittlig vektøkning på totalt 38 % (snittvekt 2303 g til 3185 g) mot en ikke signifikant ($p > 0.05$) 6 % økning i snitt (fra 2224 g til 2357 g) for torsk fôret med mykfôr.



Figur 3 Boxplot av fiskevekter inn og ut av forsøket for de to fôrtypene. Horisontale linjer angir median, bunn og topp av boks angir hhv. 25 og 75 prosentiler, viskere angir 1.5 x interkvartil område (tilnærmet 2 standard avvik) og punkter angir ekstrem observasjonene. Knekkene på boksene angir 95 % konfidensintervaller for median etter Tukey's metode, ikke overlappende knekker angir således signifikant forskjellige median verdier. Eneste forskjell er derfor en økning i vekt for torsk foret med lodde. Parvise tester bekreftet det samme (se tekst).

3.1.5 Heling av skader koblet med fôrtype og skadeomfang

Det var en endring i WIM-score-sum fra 164 til 119 for torsk fôret med lodde, mens det for torsk fôret med mykfôr var endring fra 164 til 113 noe som indikerer at skadene fisken hadde med seg inn i forsøket heles noe over forsøksperioden. Ser man på fordeling av WIM score for hver kategori så var endringene også signifikante inn og ut av forsøket, mens det ikke var forskjell i WIM mellom lodde og mykfôr verken inn eller ut av forsøket (Figur 4 og Tabell 4).

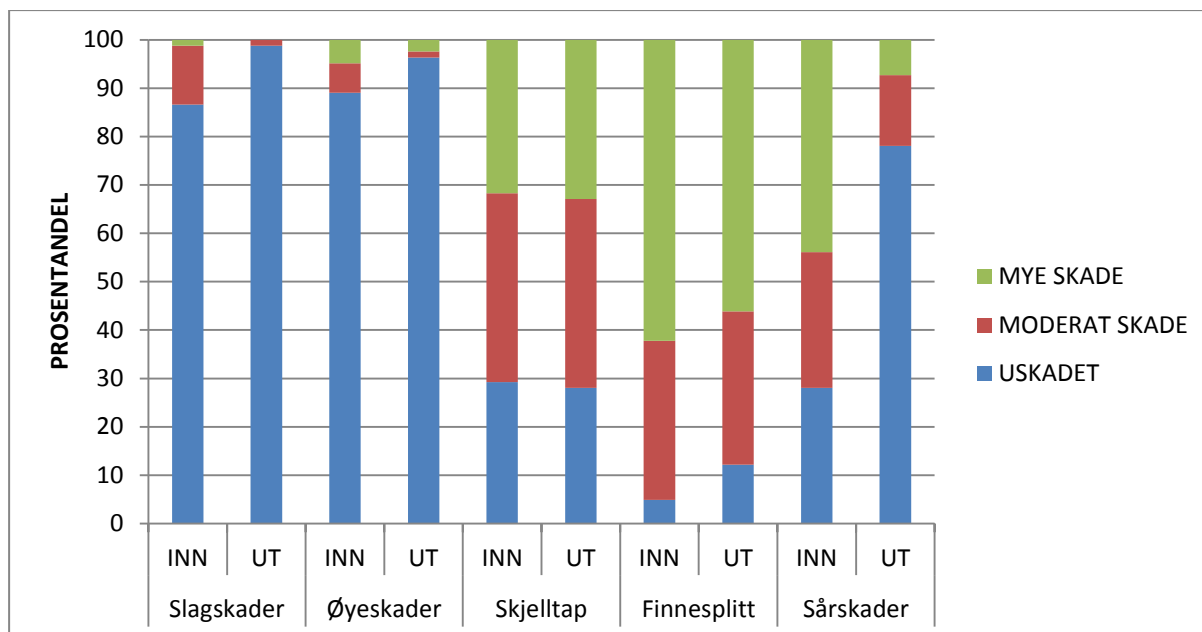


Figur 4 Heling av skader vist som prosentfordeling av fisk innen hver skadekategori inn og ut av forsøket, totalt og for hvert av fôrregimene ($n=81$, dvs de fiskene som overlevde forsøket).

Tabell 4 Sammenligning av skadefrekvensfordeling (WIM-score) mellom ulike sammenligningsgrupper vha Fisher's Exact Test for telledata med simulerte p -verdier (2000 replikater).

Sammenligning		p-verdi	Forskjell
Lodde Inn	- Mykfôr Inn	0,2469	NEI
Lodde Inn	- Lodde Ut	0,0174	JA
Mykfôr Inn	- Mykfor Ut	0,0019	JA
Lodde Ut	- Mykfôr Ut	0,1049	NEI
Totalt Inn	- Totalt Ut	0,0004	JA

Av Figur 5 ser man at det var tendens til heling for alle skader unntatt skjelltap. Det var imidlertid kun slagskader og sårskader som kunne påvises å ha en signifikant bedring i skadeomfang (Tabell 5). Den store bidragsyteren til en endret WIM-score ut av forsøket var helingen av sårskader der andelen uskadet fisk gikk fra ca. 30 til ca. 80 % over forsøksperioden.



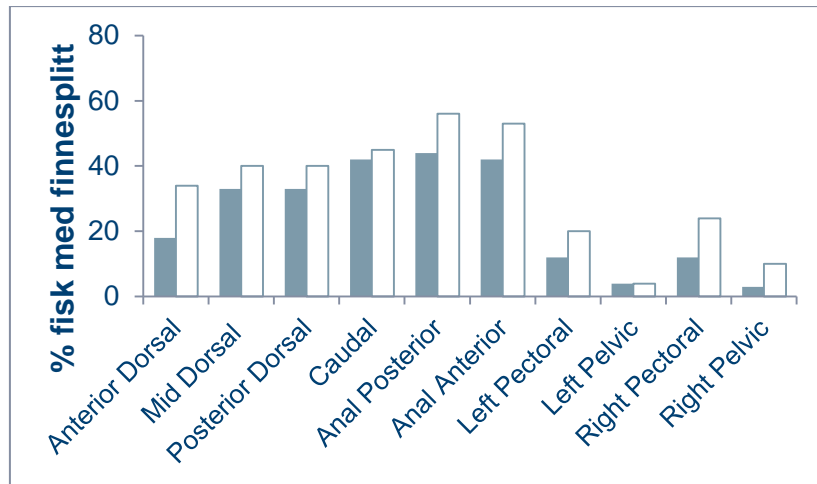
Figur 5 Prosentandel av de ulike skadene inn og ut av forsøket (n=81). Det var kun observert en signifikant endring i prosentandel inn og ut av forsøket for sårskader. Uskadet, moderat skade og mye skade tilsvare hhv 0,1 og 2 i tabell 2.1.

Tabell 5 Sammenligning av skadefrekvensfordeling for enkeltskader inn og ut av forsøk. Fisher's Exact Test for telldata med simulerte p-verdier (2000 replikater).

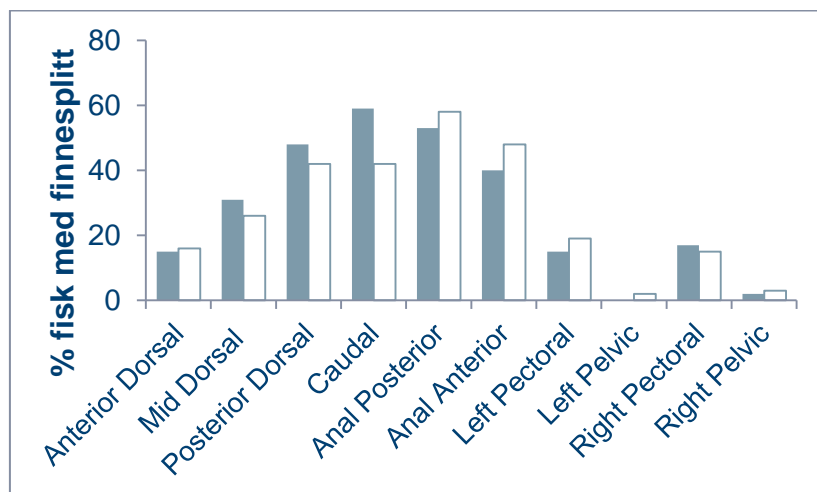
Skade	p-verdi	Forskjell
Slagskader	0,0059	JA
Øyeskader	0,1709	NEI
Skjelltap	0,9645	NEI
Finnesplitt	0,2689	NEI
Sårskader	0,0004	JA

3.1.6 Behandling av fisken før levering; ombordtaking og fisken status

Snurrevadfanget torsk ble tatt om bord fra fiskeredskap ved hjelp av to ulike metoder; sekking og pumping. Sekking er en gammel og vel utprøvd metode hvor «cod.end» av sekken snøres av og man heiser om bord 2-4 tonn per løft. Metoden innebærer mye håndtering, og fisk i redskapen har mye kontakt med not-linet. Dette kan spesielt være et problem ved dårlig vær. Alternativ ombordtaksingsmetode er bruk av vakuumpumpe. Dette er ny teknologi som sannsynligvis har betydelig forbedringspotensial. Metoden utsetter fisken for undertrykk, men sannsynligvis mindre fysisk påvirkning langs skutesiden enn sekking. Resultatene viser kun lite skadeomfang på fisken etter ombordtaking, og ingen forskjell mellom metodene. Sekking ser ut til å gi finnesplitt på flere fisk, og også på flere finner per fisk, sammenlignet med pumping (Figur 6). Resultatene etter 6 ukers heling er ikke entydige, da helingen synes å gå rasker på noen finner når fisken er pumpet, og andre når fisken er sekket ombord (Figur 7). Under ideelle forhold for levendefangst og god sortering kan begge metoder anbefales ut i fra fiskevelferdshensyn. Ved store hal og/eller dårlig vær kan disse forholdene endre seg. Det er også noen andre forhold, eksempelvis blødninger under skinn ved pumping som bør undersøkes videre.



Figur 6 Frekvens av skader på ulike finner hos villfanget torsk ved bruk av to ulike ombordtakingsmetoder fra snurrevad. De åpne søylene viser resultater fra sekking og de lukkede søylene viser resultater fra pumping.

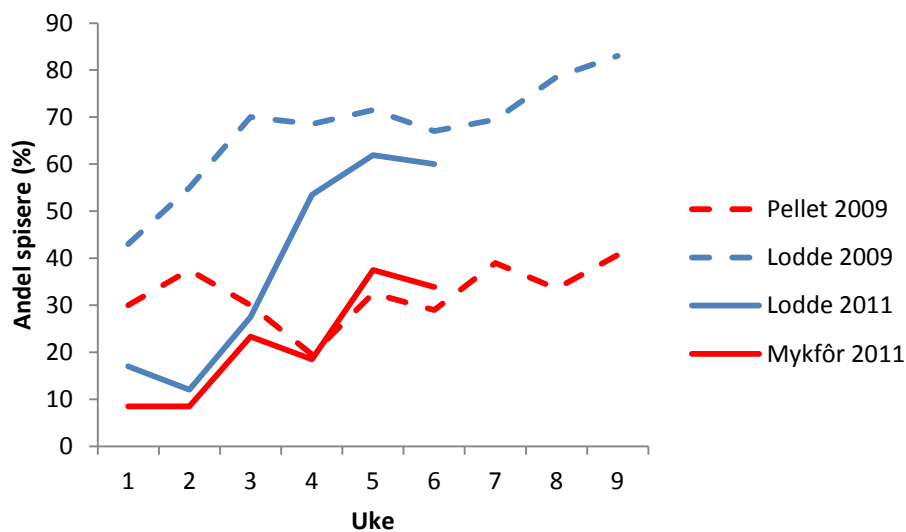


Figur 7 Frekvens av skader etter 6 ukers levendelagring på ulike finner hos villfanget torsk ved bruk av to ulike ombordtakingsmetoder fra snurrevad. De åpne søylene viser resultater fra sekking og de lukkede søylene viser resultater fra pumping

3.2 Resultater Kvantifisering av weaningperioden hos torsk i fangstbasert akvakultur

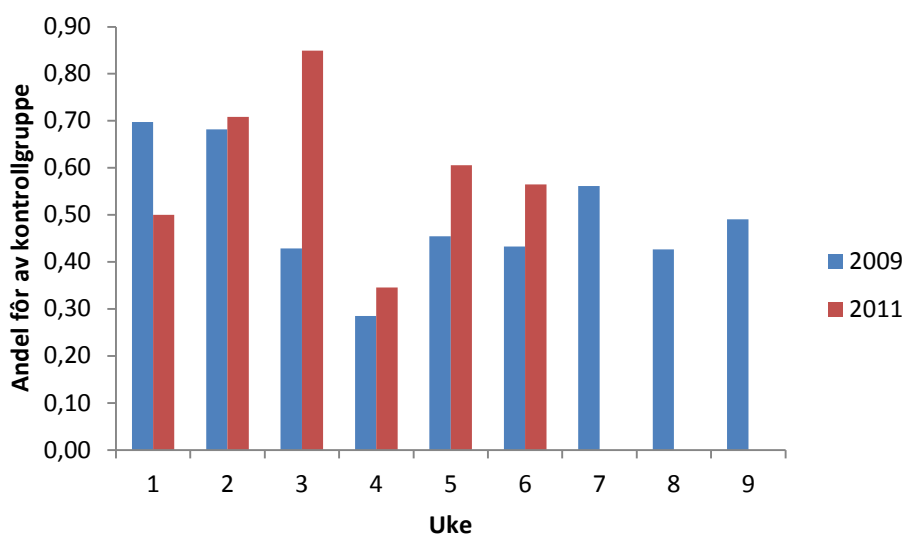
3.2.1 Andel fisk som spiste

Fisken viste liten interesse for fôret de første to ukene av weaningforsøket, kun rundt 10-12 prosent av torsk spiste, og det var liten forskjell mellom gruppene (Figur 8). Torsken hadde en litt senere start i 2011 sammenlignet med resultatene fra 2009. Det var en liten økning i uke 2-3 for begge gruppene, hvoretter torsk som tilbys lodde viser klart høyest frekvens av spisere. Andelen synes å ende noe lavere i 2011 sammenlignet med 2009; 60 vs 70 %, og selv om nivået ventelig vil stabilisere seg etter 3-5 uker så kan man ikke utelukke at andelen kunne økt noe. Torsken som ble tilbudt mykfôr endte på samme nivå som pellet-gruppen fra 2009, ved at rundt 30 % av fisken spiste. Torsken viste interesse ved at flere tok fôret i munnen men spyttet den ut igjen, noe som også ble observert i pellet gruppen fra 2009. Ofte kunne dette gjenta seg flere ganger med samme individ. Det synes derfor som at torsk finner lukt og/eller smak attraktiv, men at andre trekk ved pelleten, eksempelvis tekstur, får den til å forkaste dette som mat. Et trekk ved utviklingen som kom frem også i 2011 var at andelen som kommer i gang med spisingen øker gradvis de første ukene, «spiserne» rekrutteres altså over noe tid.



Figur 8 Utvikling av andel spisende fisk gjennom et weaningforsøk på villfanget torsk. Resultater fra forsøk i 2009 gjengitt med stiplede linjer. Kontrollgruppene ble tilbudt hel lodde, mens fôr-gruppene ble tilbudtvanntilsatt tørrfôr (2009) eller mykfôr for marin fisk (2011).

En mer direkte sammenligning av resultatene for 2009 og 2011 kan man gjøre ved å relatere andel spisere til kontrollgruppen. Dette korrigerer resultatene i forhold til forskjell mellom årene/fiskegrupper etc; andel spisere behandling / andel spisere kontroll. Dette gir et forholdstall som er over 1 om det er en større andel som spiser i behandlingsgruppen sammenlignet med kontroll og vice versa. Verdier nær 1 antyder at det er liten forskjell mellom gruppene. Slik sammenligning tyder på at resultatene for 2011 er noe bedre sammenlignet med 2009 (Figur 9).



Figur 9 Andel fisk som spiser formulert fôr beregnet som andel av spisere i kontrollgruppe fra weaning-forsøk gjennomført i 2009 og 2011. Resultatene fra 2011 er gjennomgående noe bedre sammenlignet med 2009, men forskjellene er generelt små.

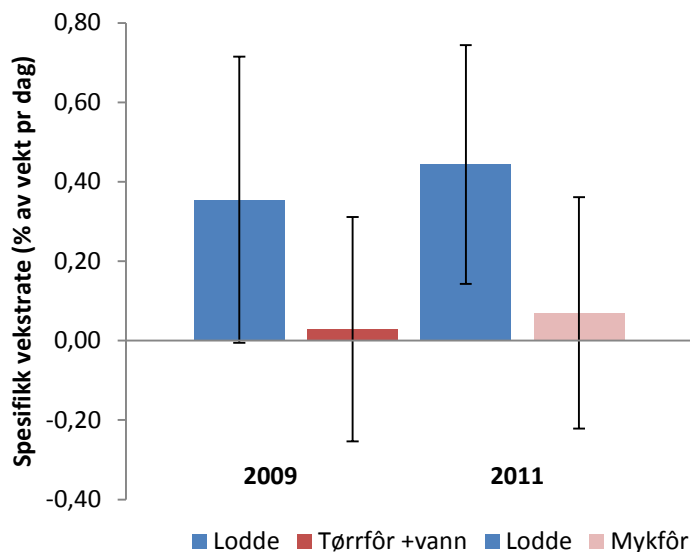
3.2.2 Vektutvikling

Fiskens vektutvikling er hva som til slutt er interessant for næringen. Nå er ikke disse forsøkene av samme varighet som en oppføringsperiode i kommersiell sammenheng, men de gir likevel en pekepinn på hva man kan forvente av vektøkning i fangenskap. Forsøket i 2009 viste at fiskevekten økte for begge gruppene; fra ca. 2.4 Kg ved start til hhv. 3.3 og 2.5 Kg i gruppene fôret med lodde og vanntilsatt tørrfôr. Dette tilsvarer en vektøkning per tonn innkjøpt fisk på 396 kilo om man bruker lodde og knappe 47 kilo om man fôrer med vanntilsatt pellet. Tilsvarende vektøkning for 2011 var fra startvekt på 2.0 Kg til hhv. 2.6 eller 2.1 Kg, avhengig av om torsken fikk lodde eller mykfôr. Dette representerer en vektøkning per innkjøpt tonn på 334 og 70 Kg. Merk at weaningperioden i 2011 var 3 uker kortere enn i 2009, slik at disse forholdene ikke kan sammenlignes direkte. Likevel er resultatene klare; lodde gir betydelig større vektøkning enn kommersielt tilgjengelige fôralternativer. Bruk av mykfôr gir bare en moderat forbedring sammenlignet med vanntilsatt tørrfôr.

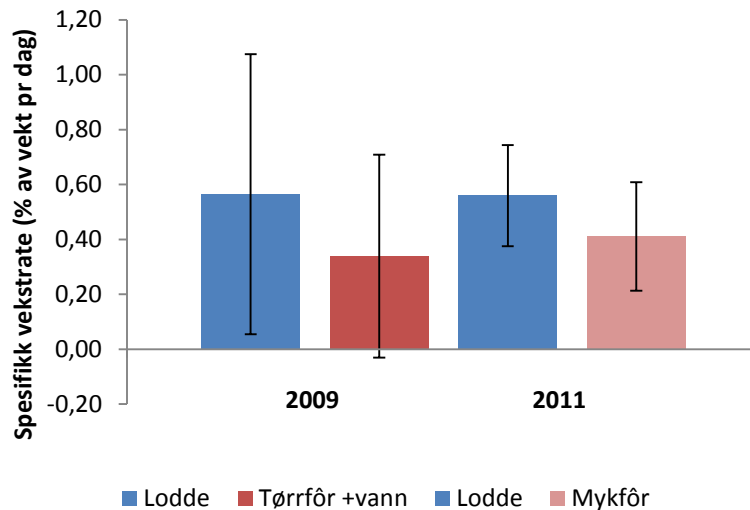
3.2.3 Tilvekst

Vekstrate, gitt som prosent tilvekst av kroppsvekten per dag (spesifikk vekstrate), er gjengitt i Figur 10. Denne omregningen av vektøkningen gjør data sammenlignbare til tross for forskjell i weaningperiode. Loddegruppen i 2009 viste signifikant høyere vekstrate ($F_{1,3} = 118$; $P < 0.001$), og forskjellen opprettholdes i forsøket fra 2011. Tilveksten hos gruppene fôret med lodde er på nivå med hva man kan forvente av torsk på denne størrelse og temperaturer mellom 8-10 °C; mellom 0,31 og 0,43 % per dag (Jobling 1988). Tilveksten hos fisk fôret med vanntilsatt tørrfôr var til sammenligning nær null, og bare marginalt bedre i gruppen tilbudt mykfôr.

Ved sammenligning kun mellom andelen av fisk som vokste, tilsvarende som for omtalte vektøkning, gir dette hhv. 0,54 og 0,35 for lodde og pellet gruppene, fortsatt med signifikant forskjell mellom gruppene ($F_{1,3}= 33.8$; $P < 0,05$). Tilsvarende for 2011 viser samme resultat, fisk fôret med lodde vokser raskere enn fisk fôret med mykfôr, selv når data er korrigert for fisk som ikke spiser ($F_{1,2}=841$; $P < 0,01$; Figur 11). Om man legger til grunn tabellberegnet tilvekst for fisk av samme størrelse og ved samme temperatur, har andelen fisk som spiste lodde en bedre tilvekst enn hva man kan forvente. Dette kan skyldes en generell respons som ofte omtales som kompensasjonsvekst (Jobling 1994). Kompensasjonsvekst er en vanlig respons som er beskrevet hos flere arter, inkludert torsk (Jobling et al. 1994). Vanligvis ser man dette når mat igjen er tilgjengelig etter perioder med begrenset mattilgang.



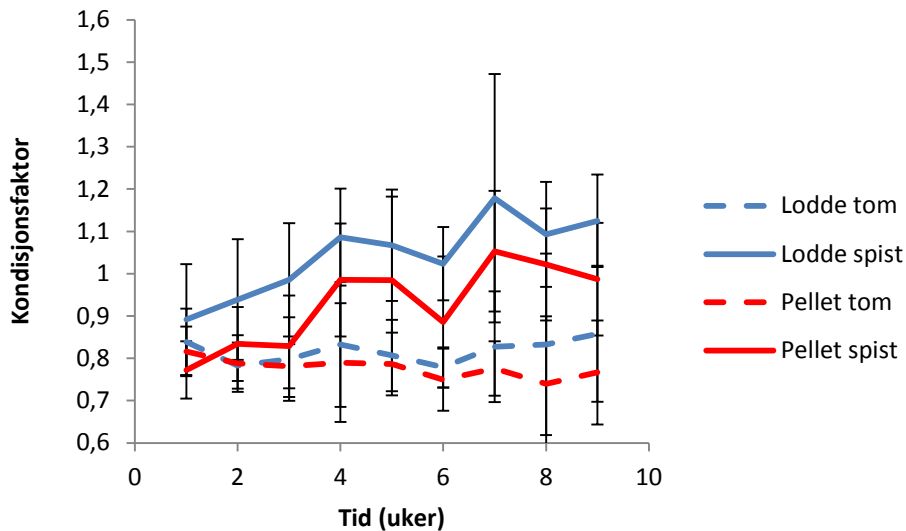
Figur 10 Spesifikk vekstrate hos villfanget torsk fôret med lodde (kontroll), vanntilsatt pelletert tørrfôr (2009) eller mykfôr til marin fisk (2011). Vekstrate angitt som gjennomsnittlig tilvekst i prosent av kroppsvekt per dag, med standard avvik som variasjonsmål.



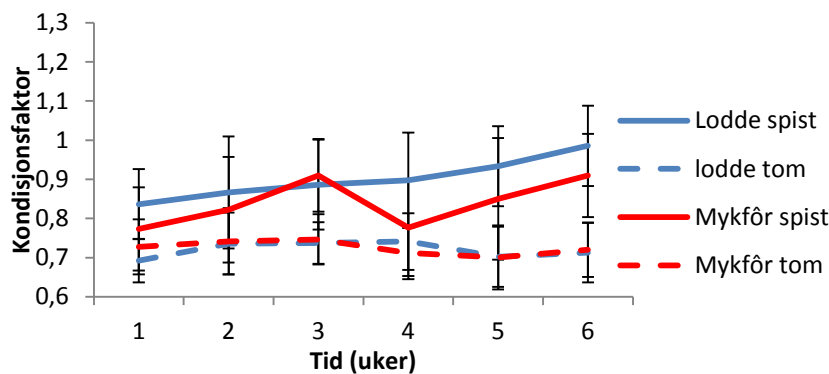
Figur 11 Spesifikk vekstrate hos villfanget torsk som har spist lodde (kontroll), vanntilsatt pelletert tørrfôr (2009) eller mykfôr til marin fisk (2011). Vekstrate angitt som gjennomsnittlig tilvekst i prosent av kroppsvekt per dag, med standard avvik som variasjonsmål.

3.2.4 Kondisjonsfaktor/energilager

Fiskens kondisjonsfaktor var ikke forskjellig innledningsvis ($F_{1,3} = 0.18$; $P=0,71$), men ved avslutningen var loddefôret fisk generelt i bedre hold ($F_{1,3}= 44,74$; $P<0,05$). Mer inngående analyse av data fra ukentlige samlinger viser at torsken som har tom mage har relativt stabil kondisjonsfaktor gjennom weaningforsøket (Figur 12). Trenden var generelt den samme i 2011; fisk som fikk lodde viste økning i gjennomsnittlig kondisjonsfaktor mens fisken som fikk mykfôr mer eller mindre opprettholdt kondisjonsfaktoren gjennom forsøket (Figur 13). Kun avslutningsvis er det en liten antydning til økning hos fisk med tom mage i den loddefôrede gruppen. Dette kan tyde på at fisk som har begynt å spise, fortsetter å spise jevnt og trutt gjennom forsøket. Selv om fisken ble fôret daglig, så skiller ikke uttakene på dette. Hadde fisken mat i magen, og dette mattintaket kan være fra 1 til 3 dager tidligere, ble de registrert som spisere. Fisken som hadde spist viste en forhøyet kondisjonsfaktor sammenlignet med fisk som ikke spiste.

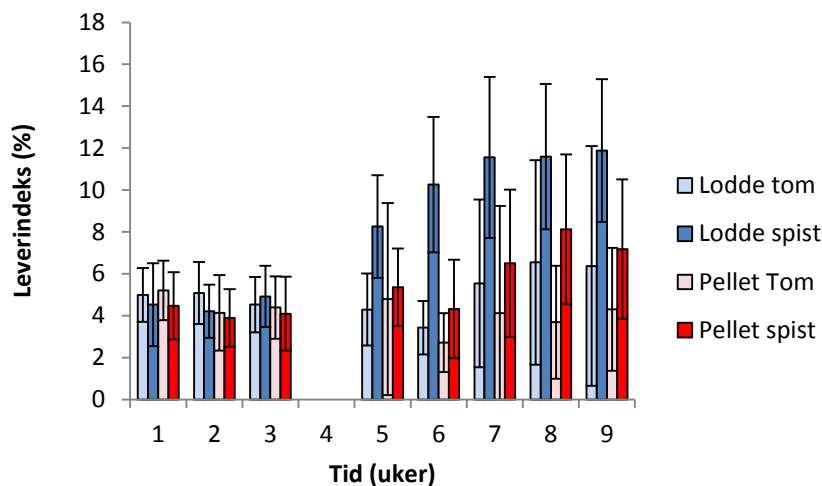


Figur 12 Kondisjonsfaktor hos villfanget torsk fôret lodde eller vanntilsatt pelletert tørrfôr (2009 data). Stiplede linjer viser resultater fra fisk som ikke hadde spist ved uttakene.

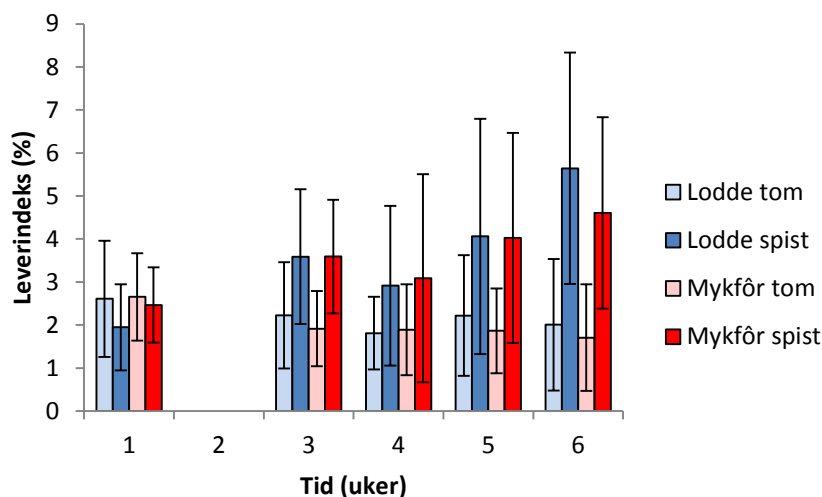


Figur 13 Kondisjonsfaktor hos villfanget torsk fôret lodde eller mykfôr (2011 data). Stiplede linjer viser resultater fra fisk som ikke hadde spist ved uttakene.

Torsk lagrer energi som fett i leveren. Andelen leveren utgjør av kroppsvekten i vektprosent omtales som leverindeks, og denne verdien sier noe om fiskens energetiske status. Høyere leverindeks tyder på økte energilager. Figur 14 og Figur 15 viser utviklingen av torskens leverindeks gjennom forsøkene, sortert på samme måte som resultatene fra kondisjonsfaktor. På samme måte som kondisjonsfaktoren er leverindeksen relativt stabil, men dog med en svakt fallende tendens hos fisken uten mat i magen. Uttaket i uke 6 i 2009 er noe atypisk ved at det faller brått for fisken med lav leverindeks. Dette kan være et artefakt, muligens som følge av feil ved kalibrering av vekt, noe som i så fall ville gitt størst utslag hos fisk med liten lever. Avslutningsvis synes det å være en økning i leverindeks hos loddefôret fisk med tom mage. Dette skyldes sannsynligvis en økt innblanding av fisk har spist tidligere i forsøket, men som faller i kategorien ikke spisere her på grunn av tom mage ved samlingen.



Figur 14 Leverindeks (levervekt i % av kroppsvekt) hos villfanget torsk føret lodde eller vanntilsatt pelletert tørrfôr (data 2009). Stiplede linjer viser resultater fra fisk som ikke hadde spist ved uttaket.

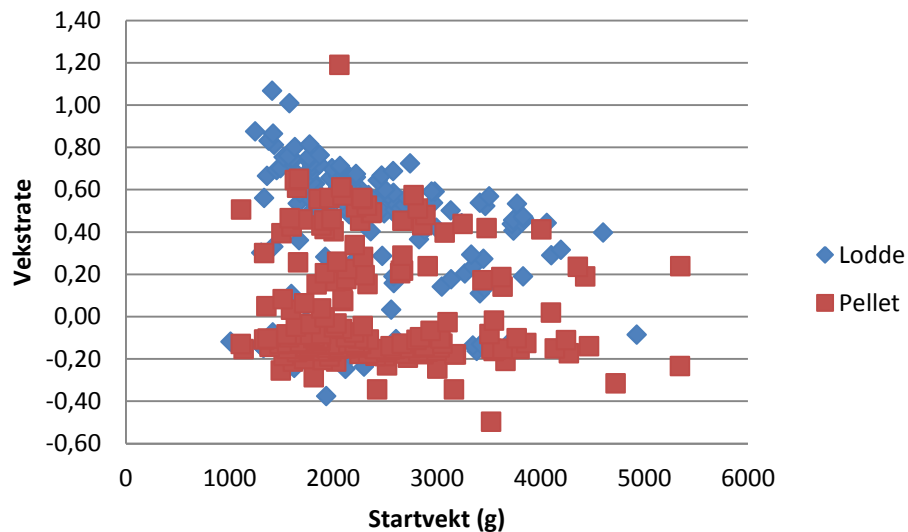


Figur 15 Leverindeks (levervekt i % av kroppsvekt) hos villfanget torsk føret lodde eller mykfôr (data 2011). Stiplede linjer viser resultater fra fisk som ikke hadde spist ved uttaket.

3.2.5 Hvem er det som spiser og vokser?

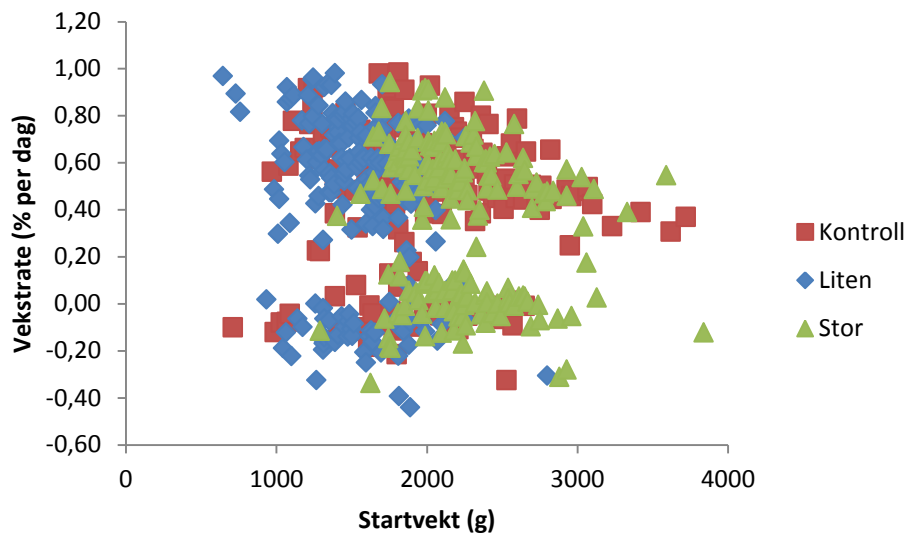
Tidlig identifisering av hvilke fisk som spiser og vokser har betydning for lønnsomhet og fiskens velferd i FBA. Individmerking av fisken gjorde det mulig å korrelere fiskens tilvekst gjennom forsøket med fiskens størrelse ved start. Størrelse er en av flere faktorer som kan bidra til å forklare enkelt individers senere prestasjoner i oppdrettsproduksjon, og det er vanlig å anta at stor fisk har et konkurransefortrinn sammenlignet med mindre individer. Figur 16 viser startvekt plottet mot vekstrate hos de merkede individene som inngikk i forsøket i 2009. Her fremgår det klart at det ikke var den store fisken som spiste og vokste best i noen av gruppene. Det er en antydning til en motsatt korrelasjon, ved at den minste fisken har best tilvekst gjennom forsøket. En slik sammenheng er imidlertid forventet siden vekstraten er

relativ til fiskens vekt, og det følger av dette at vekstraten reduseres med økende fiskestørrelse (Jobling, 1994). Basert på disse resultatene synes dermed fiskens utgangsvekt ikke å være noen god indikator for hvorvidt fisken senere vil spise og vokse i fangenskap.

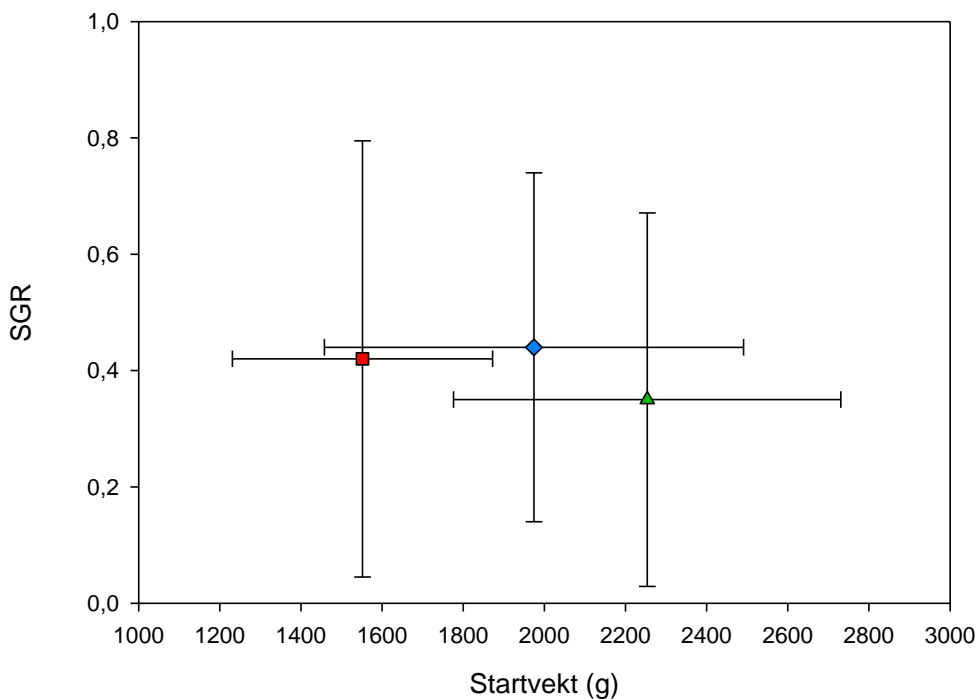


Figur 16 Individvekt ved start (g) plottet mot vekstrate gjennom et 9 ukers forsøk med villfanget torsk fôret lodde eller vanntilsatt pelletert tørrfôr.

Praktiske erfaringer fra næringen tyder imidlertid på at det kan være en sammenheng her, ved at man mener å se at fisken som ikke begynner å spise raskt skiller seg ut som vesentlig mindre enn fisk som spiser. Andelen av slik fisk sies også å reduseres over tid, enten ved at de begynner å spise eller at de blir borte av andre årsaker. Om det er slik at den minste fisken i større grad ender opp som ikke-spisere, så kan dette forklares av sosiale mekanismer, ofte omtalt som «hakke-loven» i kylling-sammenheng. Stor fisk dominerer matfatet og slipper ikke mindre fisk til. Slike forhold er kjent fra fisk, og en vanlig måte å redusere problemet på er å holde fisken i grupper med jevn størrelse. Forsøket hvor fisken ble sortert i to størrelsesgrupper ville dermed avsløre slike effekter, og gi svar på om det sorteringen har effekt for weaning suksess for villfanget torsk.

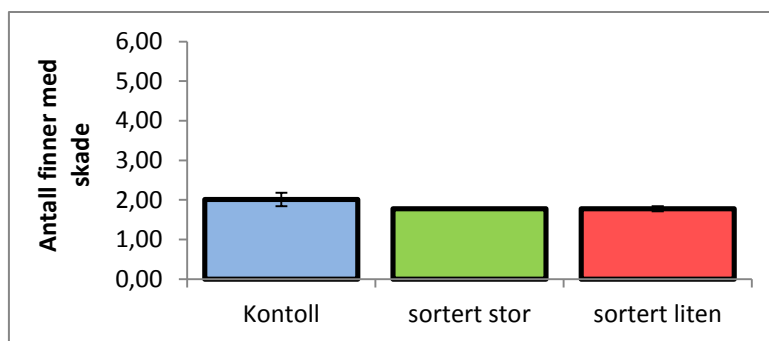


Figur 17 Individvekt (g) ved start plottet mot vekstrate gjennom et 12 ukers forsøk med villfanget torsk fôret lodde. Fisken var holdt i tre grupper, en sortert liten, en sortert stor og en usortert kontroll.



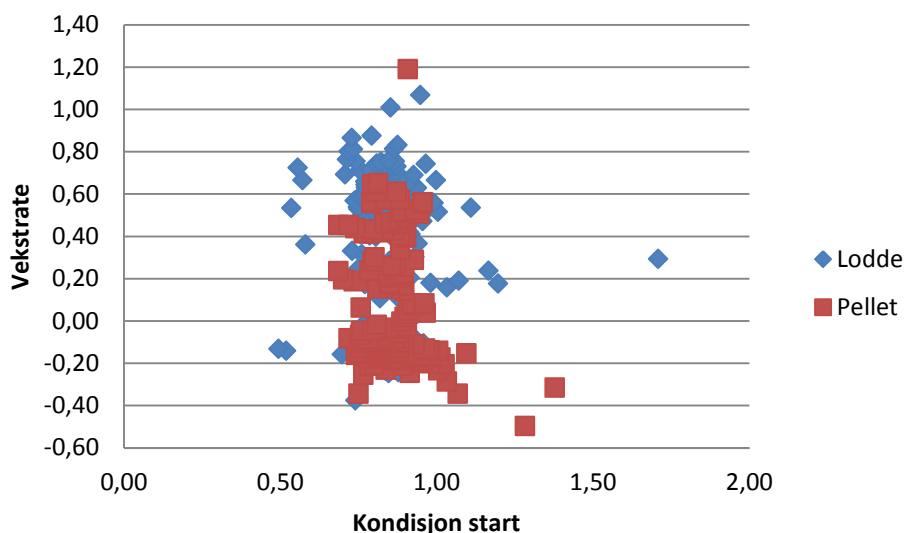
Figur 18 Resultatene fra to størrelse-sorterte grupper sammenlignet med usortert kontroll gjengitt som gjennomsnittsvæker (med standard avvik) på X-aksen og spesifikk vekstrate (med standard avvik) på Y-aksen. Sortert liten fisk (rød firkant), sortert stor fisk (grønn trekant) og usortert kontroll (blå rute). Det er lite overlapp i størrelse mellom sorterte grupper, mens tilveksten overlapper nærmest fullstendig.

Resultatene fra viser at sortering basert på størrelse ikke bidrar vesentlig til suksess i påfølgende weaning, noe som sammenfaller med resultatene fra 2009 (Figur 17, Figur 18). Andelen som vokste (og dermed må ha spist) var heller ikke signifikant forskjellig (kji-kvadrat test 3.55, $0.25 < P > 0.1$); sortert liten: 74 %, Stor 81 %, kontroll 82 %. En tendens til forhøyet andel fisk som vokser finnes dog i sortert stor gruppen, i tillegg til at det er logistikk og produksjonsplanmessige fordeler med å gjennomføre størrelsessorteringer. Det er for eksempel stor verdi i å løfte en fiskegruppe opp fra en vektklasse til en annen, da dette kan representere en verdiforskjell på et par kroner per kilo. Positive effekter av slik sortering kan forklare av redusert sosiale hierarkier og aggressiv adferd i konkurranse om føde. Ved avslutning av forsøket ble fisken sjekket for mulige skader som kunne knyttes til aggressiv adferd (Figur 19). Dette ble gjennomført i samarbeid med HI etter metode beskrevet i AP 1. Det fremkom ingen forskjell i finneskade, uavhengig av hvilken finne man ser på, og i gjennomsnitt var kun 1 til 2 finner skadet, og det var ingen forskjell mellom gruppene. Aggressiv adferd antas dermed ikke å være fremtredende, uavhengig av fiskens størrelse.



Figur 19 Skadefrekvens på finner hos villfanget torsk etter en 12 ukers weaningperiode.

Fiskens energilager er vist å ha betydning for fiskens vilje til å ta risiko (Grant, 1997). I en situasjon hvor det er konkurranse om maten er det også en viss fare forbundet med å ta del i denne konkurransen. En fisk med lite opplagsnæring vil ofte være mer risikovillig sammenlignet med en fisk med velfylte energilager. Fiskens kondisjonsfaktor gjenspeiler i noen grad fiskens energilager, men som for fiskevekt bidrar ikke kondisjon til å forklare villtorskens senere prestasjoner i fangenskap (Figur 20).



Figur 20 Kondisjonsfaktor ved start plottet mot vekstrate gjennom et 9 ukers forsøk med villfanget torsk føret lodde eller vanntilsatt pelletert tørrfôr. Den loddeførede torsken med kondisjonsfaktor på 1.71 var en kjønnsmoden hunn.

3.2.6 Adferdsbasert sortering

Resultatene fra morfometriske målinger har ikke gitt oss holdepunkter for at det er mulig å sortere fisk som spiser fra fisk som ikke spiser i tidlig fase av weaningen. Etter noen uker vil fisken som spiser skille seg fra ut fra de øvrige ved at de har en noe høyere kondisjonsfaktor, samt økt leverindeks. Kondisjonsfaktor vil imidlertid ikke kunne benyttes som sorteringskriterie tilstrekkelig tidlig etter inntak av fisken til å unngå tap av vekt samt unngå at fiskens velferd kompromitteres. Alternativt til bruk av teknologi til tidlig sortering (arbeidspakke 3.3) er bruk av fiskens adferd vurdert som sorteringskriterie. Et pilotprosjekt gjennomført hos Sjøfisk på Bjarkøy gav lovende resultater. Her ble villfanget torsk som var ferdig med sin weaning og klar for overføring til oppføringsmerd benyttet. Forsøket ble gjennomført i merden fisken var weanet i, men denne var for anledningen modifisert ved at to merder var sydd sammen slik at de dannet en kanal mellom merdene. Denne kanalen var 0,5 -1 meter dyp, og rundt 2 meter bred, avgrenset oppad av overflaten. I korte trekk ble det så tilbudt fôr i den tomme merden, og fisk som ville spise måtte aktivt oppsøke føret ved å svømme gjennom kanalen og over i den tomme merden. Etter en tid ble kanalen stengt, og fisk på begge sider individmerket før overføring til felles merd for oppføring. Ved slakting av fisken ble merket fisk plukket ut for mer detaljert måling og veiing, og individmerket avslørte hvorvidt fisken ved sorteringen hadde fulgt etter maten eller ikke. Denne adferden ble antatt å gjenspeile en motivasjon til å spise. Resultatene fra forsøket er gjengitt i Tabell 6. Resultatene viste at fisk som var motivert til å spise i større grad lagt på seg mer vekt i perioden etter sorteringen, mens fisken som ikke var motivert nærmest har stagnert. Ser man på andelen av fisk med tilvekst i perioden er det klar forskjell mellom gruppene da 92 % av den motiverte fisken sammenlignet med 58 % av den ikke motiverte fisken hadde positiv vekstrate ($p < 0,05$). Forsøket indikerer at det er mulig å benytte adferdsbasert sortering av villfanget torsk i fangstbasert akvakultur for å skille fisk som vokser i fangenskap fra fisk som ikke vokser. Metodisk er det sannsynligvis et stort forbedringspotensiale her. Fisken bør sorteres tidligere i weaningperioden siden fisk som ikke spiser og dermed ikke har potensial videre i oppføringen bør ut så tidlig som mulig. Dette både av dyrevelferdsmessige og

driftsøkonomiske hensyn. Videre er det av interesse å bedre presisjonen, slik at fiskens motivasjon utfordres bedre.

Tabell 6 Resultater fra pilot-forsøk med motivasjonsbasert sortering hos villfanget torsk som var funnet motivert eller ikke-motivert til å spise. Endringer over en periode på 76 dager.

	Motivert	Ikke motivert
Startvekt (g)	2440 (630)	2277 (537)
Sluttvekt (g)	2836 (713)	2371 (645)
Kondisjonsfaktor start	0,90 (0,16)	0,84 (0,15)
Kondisjonsfaktor slutt	0,90 (0,12)	0,80 (0,15)
Vekstrate (SGR)	0,2 (0,14)	0,04 (0,25)

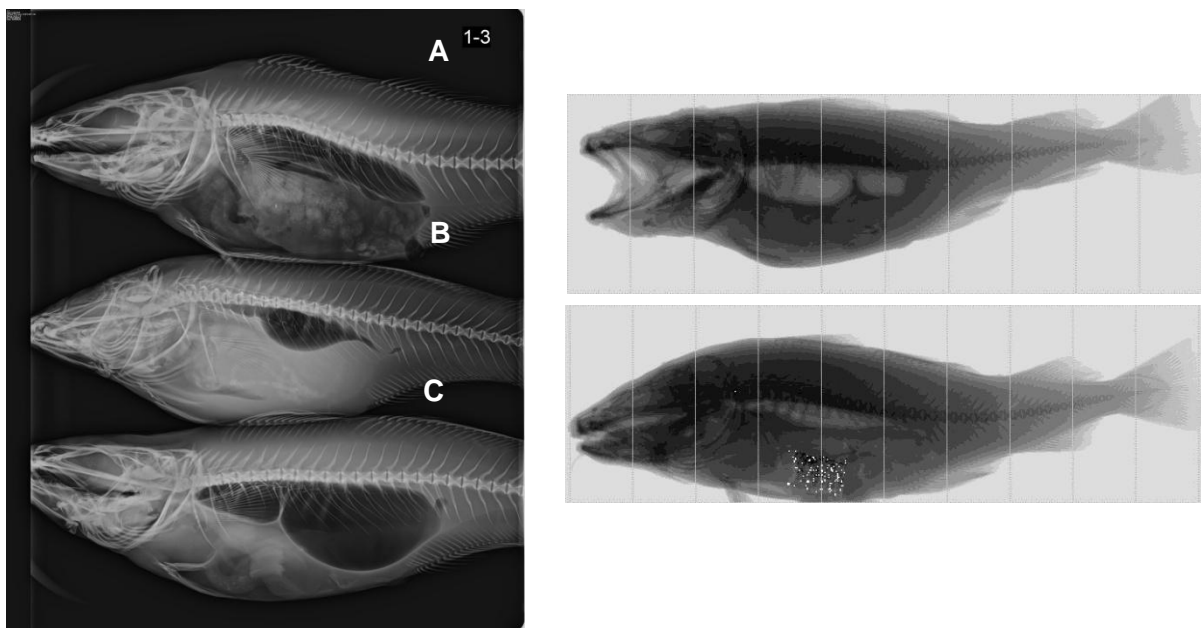
3.3 Sortering av tørrfôrweanet torsk i fangstbasert akvakultur.

3.3.1 Biologiske kriterier for sortering.

For effektiv sortering av fisk er ulike relevante biologiske kriterier som kan anvendes i forhold til kjent deteksjonsteknologi, vurdert og beskrevet.

3.3.1.1 Fôr i magesekken

Tilstedeværelse av fiskefôr i magen hos torsken kan være mulig å detektere ved hjelp av røntgen (Figur 21), men med varierende effektivitet (Martinsen og Kirkhus, 2009). da andre organer som lever, svømmeblære og bukhulevæske vil kunne forstyrre avbildningen av fôr i mage. Deteksjonen kan forsterkes ved bruk av kontrast, eksempelvis metallpartikler.



Figur 21 Røntgenbilder av oppdrettstorsk (Martinsen og Kirkhus, 2009). Til venstre; (A) Torsk med fôr i mage; (B) Torsk med normal svømmeblære; (C). Torsk med forstørret svømmeblære. Til høyre; øverst fisk uten fôr i magen, nederst: fisk med fôr tilsatt metallpartikler.

For å forsterke kontrasten under røntgenavbildning, har man ved målinger av individuelt fôropptak, tidligere benyttet røntgentette kuler i fôret (Talbot and Higgins, 1983; Jobling m. fl. 1995). Dette betinger at fôr produseres med røntgentette partikler, noe som er en utfordring ved større volum. Partiklene bør inkorporeres homogent, være ufordøyelige uten å påvirke metabolismen hos dyret, samt passere like raskt gjennom fordøyelsessystemet som de andre næringsstoffene. I tillegg bør slike partikler være skånsomme og harmløse i forhold til mennesker eller omliggende miljø.

Det finnes flere muligheter til å lage fiskefôr som inneholder røntgentette partikler. En av teknikkene er å bruke såkalte Ballotini glasskuler (<http://www.pottersbeads.com>) og blande dem inn i fôret. Denne teknikken ble brukt tidligere for å evaluere appetitten hos fisk der fisken ble fôret med etterfølgende røntgen undersøkelse. Ved å telle glasskuler i tarmen fra røntgenbilder var det mulig å estimere appetitt til fiskene (Silverstein m. fl. 1999). De kulene er uskadelige og kan tilsettes under fôrproduksjon. En annen løsning kan være å tilsette i

fôret røntgentette metallpartikler. For eksempel elektrolytisk jern, rustfri blåsesand eller tantalum kuler kan bli inkorporert i fiskefôr og bli godt synlige i røntgenbilder. Tantalum-kuler produseres kommersielt og kan skaffes i ulike størrelser (0,5, 0,8 og 1,0 mm diameter) og ble brukt tidligere på in-vivo røntgen studier på mennesker (RSA – Røntgen Stereometri Analyser).

(http://www.wennbergfinmek.com/rsa_analysis/rsa_marking.asp?pic=tantalum_beads.jpg&i_d=tantalum). Produksjonsprosessen av denne type fôr med metallpartikler inkorporert i solid matrise kan være skadelig for ekstruderen. En innblanding av metallpartikler i fiskeolje som brukes videre til å mette opp porer i fôrpellet (coating), kan være en tilfredsstillende prosedyre. Dette konseptet bør imidlertid testes og optimaliseres. Det kan også være aktuelt å benytte undertrykk (vakuum) i prosessen.

Muligheter med bruk av røntgen for å studere fôring av fisk er diskutert i bok av Houlihan et.al., 2001. Innblanding av metallpartikler i fôr er også en forutsetning for bruk av metalldetektor. Dosering av metallmengde og egnet partikkelstørrelse i fôr skal optimaliseres eksperimentelt i forhold til sensitiviteten på valgte deteksjonsutstyr og prosesseringsalgoritmer for signal/bilder og holdes på et lavest mulig akseptabelt nivå.

3.3.1.2 Fettinnhold i lever (leverindeks)

Leverandel (levervekt i % av rundvekt) vil være betydelig mindre hos fisk som ikke spiser tørrfôr, siden leverindeks (levervekt som funksjon av kroppsvekt) responderer raskt med tilgang til næring. (Haugen m.fl. 2008). Hos Barentshavtorske som primært spiser lodde, er normal leverindeks mellom 2,5 og 9,2 % (Yaragina og Marshall, 2000). I arbeidet til Haugen m.fl. (2008) lå leverindeks i sultet fisk rundt 2,7 %, sammenlignet med fisk som spiste fôr hvor leverandelen var i gjennomsnitt 8,3 %. Det er i tillegg publisert data fra helt utsultet torsk hvor leververdiene ble målt til 0,5 – 1,5 % (Lambert og Dutil, 1997). I fisk som fanges ved snurrevad og som holdes i ventemerd over noen uker, vil leverindeks være redusert, men etter hvert som fôring tar til vil leverindeksen øke relativt raskt.

3.3.1.3 Kondisjonsfaktor

Fisk som ikke tar fôr i vanlige tørrfôrregimer, vil generelt få lavere kondisjonsfaktor som følge av redusert energiinntak. Spesielt vil kroppsform / tykkelse på loins (ryggmuskel) vil være avvikende i forhold til fisk som tar fôr, og muligens kunne detekteres ved hjelp av maskinsyn.

3.3.2 Teknologiske kriterier for sortering

Sorterings-, pumpe- og telleoperasjoner av levende fisk gjennomføres en rekke ganger fra utsett av yngel til slaktefisk (Midling m.fl., 2009). I forbindelse med sortering og telling vil fisken vanligvis pumpes over i en brønnbåt med relevant utstyr (fiskesorterer og fisketeller), for så å overføres til en ny merd. I slike operasjoner vil det være mulig å kunne anvende modifisert sorteringsteknologi for å kunne sortere ut fisk som ikke er tilvent tørrfôr. Alternativt vil montering av sorteringsutstyr på flåtearrangement være aktuelt.

Utsortering av denne fisken bør fortrinnsvis skje i en kommersiell operasjon kort tid etter overføring fra brønnbåt til merd. Normalt benyttes tre – fire uker for tilvenning av villfanget torsk til tørrfôr. For å oppnå effektivitet og skånsomhet under en slik sortering, bør krav til sorterings-utstyr være på linje med kommersiell sorteringsteknologi.

3.3.3 Teknologiske prinsipper

3.3.3.1 Kombinasjon av *biologi og teknologi*

Høye kostnader ved manuell produksjon og kvalitetskontroll i fiskeindustrien krever automatisering av fiskeforedling i stadig større grad. Maskinsyn er en viktig komponent i industrielle automatiserte prosesser, og blir i større grad tatt i bruk i fiskeri- og oppdrettsnæringen. Objektiv gradering, sortering og kvalitetsbedømmelse av rund fisk og filet er kun noen av viktige oppgaver som kan løses ved hjelp av maskinsyn. Robusthet, høy hastighet (on-line operasjon), lave investeringskostnader og lite vedlikehold er noen av nøkkelegenskaper som ligger bak valg av relevant teknologi. Røntgenteknologi kan også plasseres under begrepet "maskinsyn" og er en avbildende teknologi som opererer ved veldig korte bølgelengder (fra 0,01 til 10 nm). Røntgen er alltid gjennomlysende og kontrasten i bilder skapes av forskjeller i tettheten mellom ulike strukturer og vevstyper i objektet. Røntgenstråling anvendes i dag hovedsakelig for medisinske formål, men også i forbindelse med sikkerhetsundersøkelser ved flyplasser og andre offentlige institusjoner som skoler og lignende.

Ved in-vivo sortering av fisk i kommersiell eller semi-kommersiell skala, vil krav til effektivitet i analysehastigheten være høy, både for å redusere tidsomfanget for operasjonen, samt begrense den fysiske belastningen hos fisken. Dette stiller krav til både raske og nøyaktige deteksjonsmetoder. I et slikt system vil avbildning kunne skje f.eks. under pumping av fisk eller gjøres på transportbånd med høy hastighet gjennom systemer med deteksjonsteknologi. Hele installasjonen kan være montert på flåte eller servicebåt ved merden.

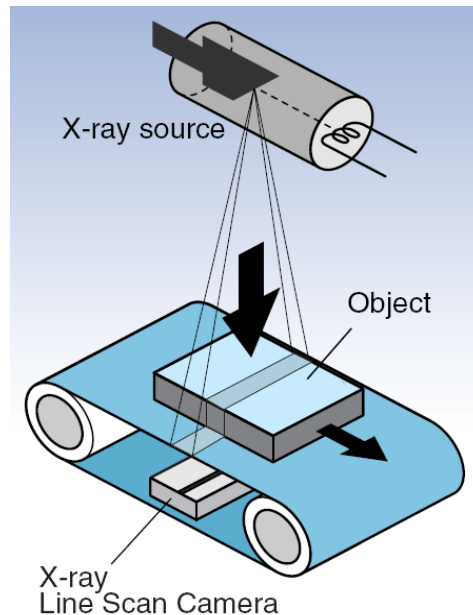
Avbildning og bildetolkning skjer med basis i ytre eller indre karakteristikk. For ytre kjennetegn er form, farge, mønster, skader, størrelse de viktigste kategoriene, mens interne kjennetegn kan være organvekst (lever og gonader), mage og tarmfylling (av fôr), anatomiske misdannelser og forskjeller i fasong eller mengde av fett, vann, protein og karbohydrater.

Utfordringene vil være å få tydelig avbildning av interne organer *in-vivo* ved høy hastighet, samtidig som metoden er mest mulig skånsom for fisken. Ved å tilsette markører eller røntgentette partikler i fôret, kan man forsterke det visuelle gjenkjenningmønsteret under røntgenavbildning eller ved bruk av andre deteksjonsteknologier.

3.3.3.2 *Line-scan røntgen*

Hovedprinsippet med røntgendeteksjon er gjennomlysning av objektet med røntgenstråler. Tetthetsforskjeller mellom ulike organer i fisken (lever, svømmeblære, bein), muskelvev og fremmedlegemer (fôrpellets, metallpartikler, osv.). Røntgenstråler absorberes i betydelig større grad av faste materialer med større tetthet enn muskelvev. Derfor blir alle solide objekter over en viss størrelse betydelig mørkere enn omkringliggende vev på røntgenbilder. Typiske deteksjonsgrenser for kommersielle on-line røntgenmaskiner (eller størrelse på "røntgentette" partikler som kan detekteres) er mellom 0,3 mm (jern, stål, kobber, bly) og ca. 2 mm (glass, stein). En line-scan sensor kan avbilde objekter i bevegelse, f.eks. på et transportbånd. Figur 22 viser en mulig implementering av en røntgen line-scan sensor der selve kameraet er plassert under objektet i åpningen mellom bånd og røntgenkilde over

objektet. På denne måten avbildes kun en linje på tvers av båndet av gangen og sluttbildet av objektet blir fortløpende sammensatt av alle detekterte linjer.



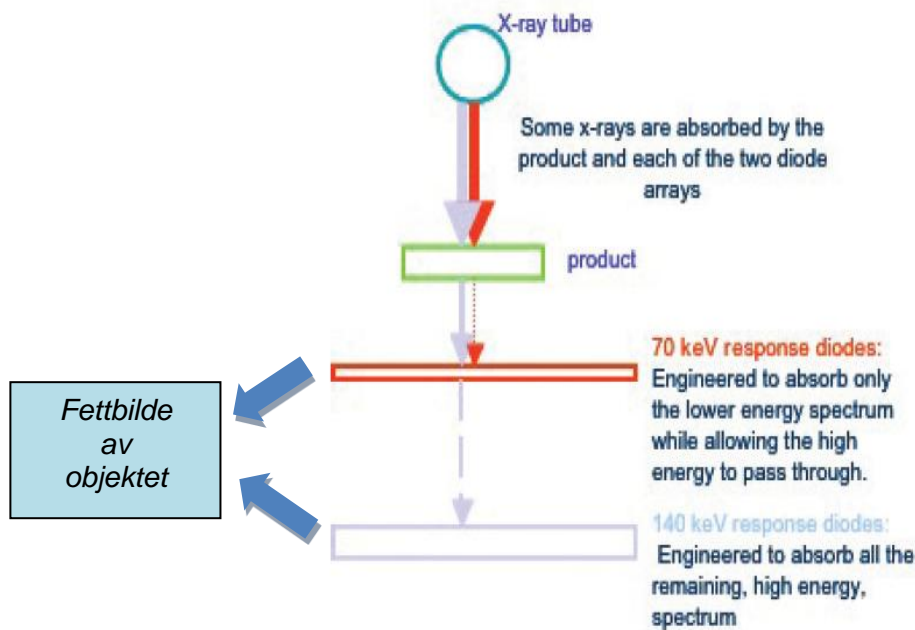
Figur 22 Oppsett for en line-scan røntgen måling. Røntgen sensor er plassert under transportbånd.

3.3.3.3 Røntgen apparat med "dual-energy" sensor

Et røntgen apparat utstyrt med "dual-energy" sensor er basert på en velkjent medisinsk teknikk kalt "Dual Energy X-ray Absorptiometry", også kalt DEXA (Van Loan *et.al*, 1992, Brienne *et.al*, 2001). DEXA - teknologi er basert på måling av mengde røntgenstråling absorbert av fett og magert vev ved å bruke to spesifikke røntgenenergier, for eksempel 70 keV og 140 keV. Ved å beregne forholdet av absorbert stråling ved disse to energinivåer kan man estimere gjennomsnittlig atomnummer til materialet. Dette gir muligheten til å beregne fettprosent i ulike deler av (lever, fett fra fôr i magesekken) fisken på en relativt enkel måte. DEXA prinsippet er skissert i Figur 23. På markedet finnes det ferdige kommersielle maskiner som kan utføre denne analysen, for eksempel Smiths EAGLE™ FA 720 (Figur 24), <http://www.smithsdetectionpid.com/>). I tillegg til fettanalyse kan en slik røntgenmaskin samtidig registrere en del tilleggsinformasjon, som f.eks. fiskens vekt, størrelse, fasong på fisken og eventuelle fremmedlegemer. Produsenten oppgir maksimal deteksjonshastighet (transportbånd) på 36 meter per minutt. Hvis vi antar at torsk på 2,5 kg har gjennomsnittlig lengde på ca. 0,5 meter, betyr det at denne maskinen kan undersøke ca. 70 fisk / minutt. Videre for en produkthøyde på f.eks. 15 cm (fisk liggende på side) vil avbildet båndbredde vil være ca. 60 cm, slik at det teoretisk vil være mulig å avbilde to torsk liggende ved siden av hverandre samtidig. På denne måten vil kapasiteten dobles til ca. 140 fisk/minutt.

Det er også mulig å selv skaffe passende komponenter med høy ytelse for å bygge et eget oppsett for on-line røntgenundersøkelse av fisk. En av flere aktuelle komponentleverandører

er Hamamatsu Photonics Ltd. (Japan) som kan tilby høykvalitetskomponenter egnet for on-line fettmåling ("dual-energy" sensor) og andre typer røntgen undersøkelser. Både vanlig (single-energy) line-scan og dual-energy deteksjonssystemer må bygges inn i en beskyttelsesboks å beskytte operatøren i samsvar med regelverket fra Statens strålevern. Systemet må også være tilstrekkelig vanntett og solid i forhold til miljøet utstyret skal brukes i. Utvikling av programvare og algoritmer for å gjenkjenne tilstedeværelse og mengde av tørrfôr i torskens magesekk er en annen viktig oppgave ved en slik implementering.



Figur 23 Måleprinsipp for fettestimering basert på bruk av en "dual-energy" røntgensensor.

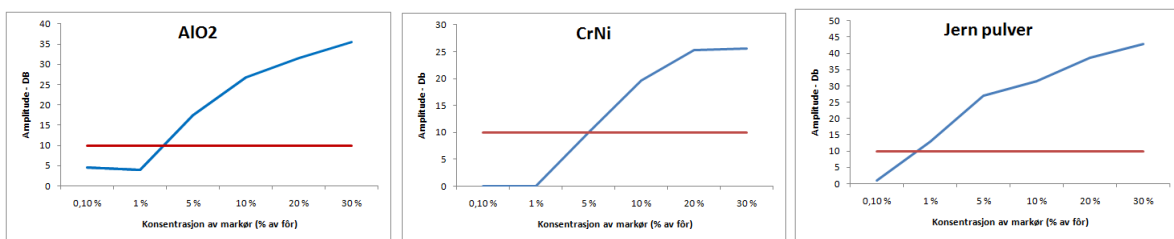


Figur 24 En kommersiell røntgenmaskin som kan utføre fettanalyse i fisk, Smiths EAGLE™ FA 720 (<http://www.smithsdetectionpid.com/>).

I tillegg til fettanalyse kan denne maskinen registrere f.eks. fiskens vekt, størrelse, fasong og eventuelle fremmedlegemer.

3.3.3.4 Bruk av metalledetektor for deteksjon av fôr i torsk

Ved å tilsette metaller i tørrfôr til villfanget torsk, vil man kunne anvende sensitive metalledetektorer for å registrere fisk med fôr i magen (Figur 25), og skille ut fisk som ikke har fôr. Negative effekter i forhold til eventuell absorpsjon av metallpartikler i fiskevev må vurderes, med tanke på human konsum. To mulige tekniske løsninger for implementering av en metalledetektor er skissert under.



Figur 25 Eksempler på følsomhet til metalledetektor ved metaller og partikkelstørrelser. Rød linje viser deteksjonsgrense.

En løsning er å undersøke fisk som svømmer i vann gjennom et plastrør som skissert i Figur 26a. Svømmende fisk bør singuleres på forhånd i en sorteringsenhet med en vippearms som kan plasseres like etter detektoren.

Den andre typen metalledetektor er beregnet for "frittfallende" objekter (Figur 26b). I denne implementeringen skal fisken pumpes på et transportbånd hvor den blir singulert. Deretter

slippes fisk enkeltvis med jevne mellomrom gjennom detektoren. En sorteringsenhet monteres under detektoren for å skille fisk med eller uten fôr i magen.

Det finnes metalledetektorer som opererer ved kun en bestemt frekvens og såkalte "spektrale" detektorer som kan detektere signal over et frekvensområde. Bruk av en "spektral" metalledetektor vil øke følsomheten for deteksjon av små mengder metallpartikler i fisk, samt enklere kunne tilpasses for variasjon i fôrmengde i ulike individer. Pris for en "spektral" metalledetektor med tilhørende elektronikk og programvare er ca. 120 kNOK. En vanlig type metalledetektor som operer kun ved en frekvens vil sannsynligvis koste mellom 30 - 60 kNOK avhengig av modell.



Figur 26 Ulike typer aktuelle metalledetektorer: (a) for å undersøke fisk som svømmer i vann gjennom et plastrør; (b) metalledetektor for "frittfallende" objekter der fisken kan slippes gjennom detektoren gjennom rør som vist i bildet til høyre.

3.3.4 Sorteringsstrategier

For å kunne skille mellom fisk som er tilvent fôr eller ikke, er det i hovedsak fire ulike deteksjonsstrategier som er aktuelle:

Strategi 1: Observasjon av synlig fôr i mage / tarm ved hjelp av røntgen og røntgentette fôrpartikler

Strategi 2: Deteksjon / observasjon av fôr i mage / tarm ved hjelp av metalldetektor og metallbaserte tilsetninger i fôr

Strategi 3: Deteksjon av fôr i mage ved hjelp av røntgen som avbilder forskjeller i fett pr areal

Strategi 4: Estimere fettinnhold i indre organer (lever, mage) i forhold til kjøtt, estimering av leverindeks etter oppfôring

I det følgende gjennomgår vi de ulike sorteringsstrategiene

3.3.4.1 *Strategi 1: Observasjon av synlig fôr i mage / tarm ved hjelp av røntgen og røntgentette fôrpartikler*

- Lage røntgenbilder av fiskens indre rett etter inntak av fôr der fôrpartikler blir godt synlige. Bruk av spesiell type fôr med introdusert glass- eller metallpartikler (ikke gjennomstråling for røntgenstråling) ville betydelig øke kontrasten i bilder og gjøre deteksjon av fôrpelletts i magesekken sikrere.
- Påfølgende bildeanalyse estimerer fôrmengde i magesekken ut i fra bildet til hvert individ og sammenligner denne verdien (antall pellets, areal eller vekt) med en fast terskelverdi bestemt på forhånd
- Sorteringsenhet får signal om fisken skal regnes som den tar tørrfôr eller ikke og utfører sortering i samsvar med dette

3.3.4.2 *Strategi 2: Deteksjon / observasjon av fôr i mage / tarm ved hjelp av metalldetektor og metallbaserte tilsetninger i fôr*

- Lage et deteksjonssystem som *ikke* er basert på bildetaking som skal være følsom for tilstedeværelse av fôr i magesekken til fisken. Her tenker man primært på bruk av en følsom metalldetektor i kombinasjon med spesielt fôr med metallpartikler som fisken fôres med få timer før deteksjon / sortering.
- Detektert signal og dens intensitet fra hvert fiskeindivid skal tolkes for å bedømme om fisken har tilstrekkelig mengde tørrfôr i magesekken eller ikke.
- Informasjon fra detektoren om hvordan sorteringsenheten skal reagere.

3.3.4.3 *Strategi 3: Deteksjon av fôr i mage ved hjelp av røntgen som avbilder forskjeller i fett pr areal*

- Lage røntgenbilder av fiskens indre etter inntak av fôr, basert på DEXA teknikken beskrevet ovenfor. Teknikken skiller mellom fettholdige områder (evt. fôr i mage, torskelever) og resten av fisken (muskel, bein). Fisken bør fôres med høyfett laksefôr (ca. 30-40 % fett) rett før sortering. Fôrpartiklene blir godt synlige i bilder.

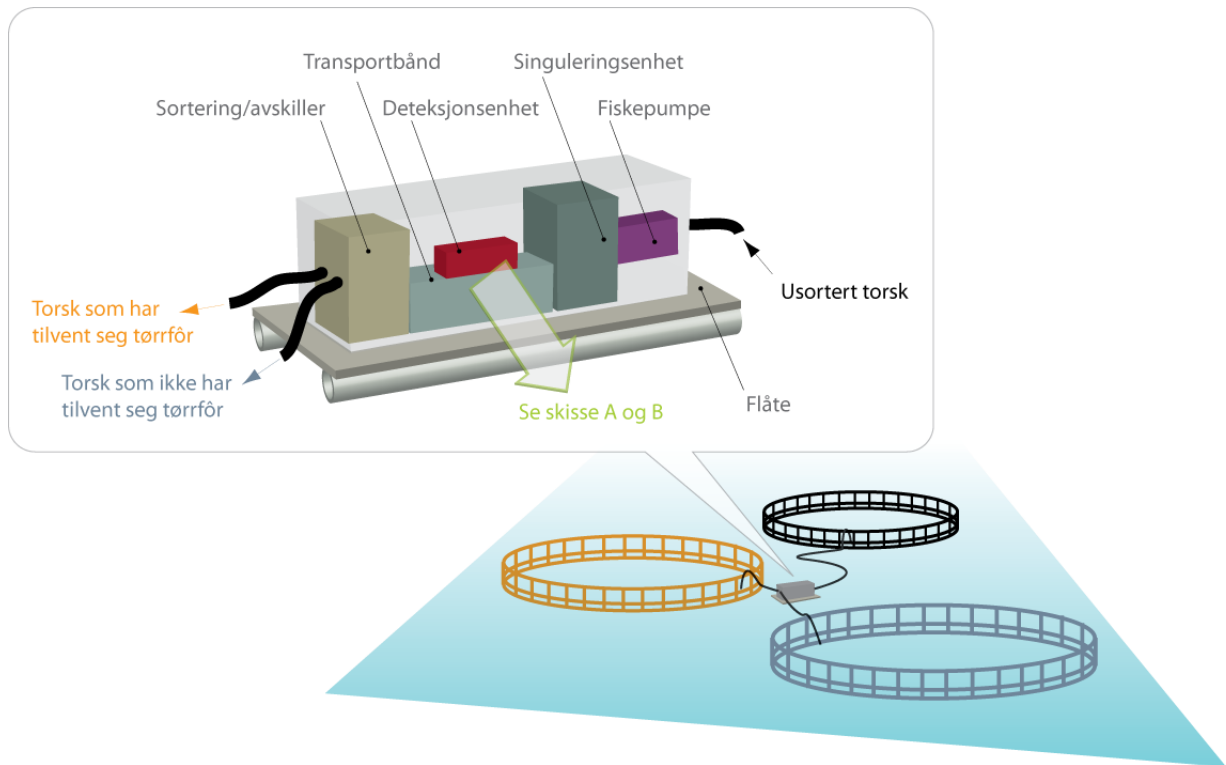
- Påfølgende bildeanalyse estimerer fôrmengde i magesekken ut i fra fettbildet av hvert fiskeindivid og sammenligner denne verdien (antall pellets, areal eller vekt) med en fast terskelverdi bestemt på forhånd
- Sorteringsenhet får signal om fisken skal regnes som den som tar tørrfôr eller ikke, og utfører sortering deretter.

3.3.4.4 Strategi 4: Estimere fettinnhold i indre organer (lever) i forhold til kjøtt, estimering av leverindeks etter oppfôring

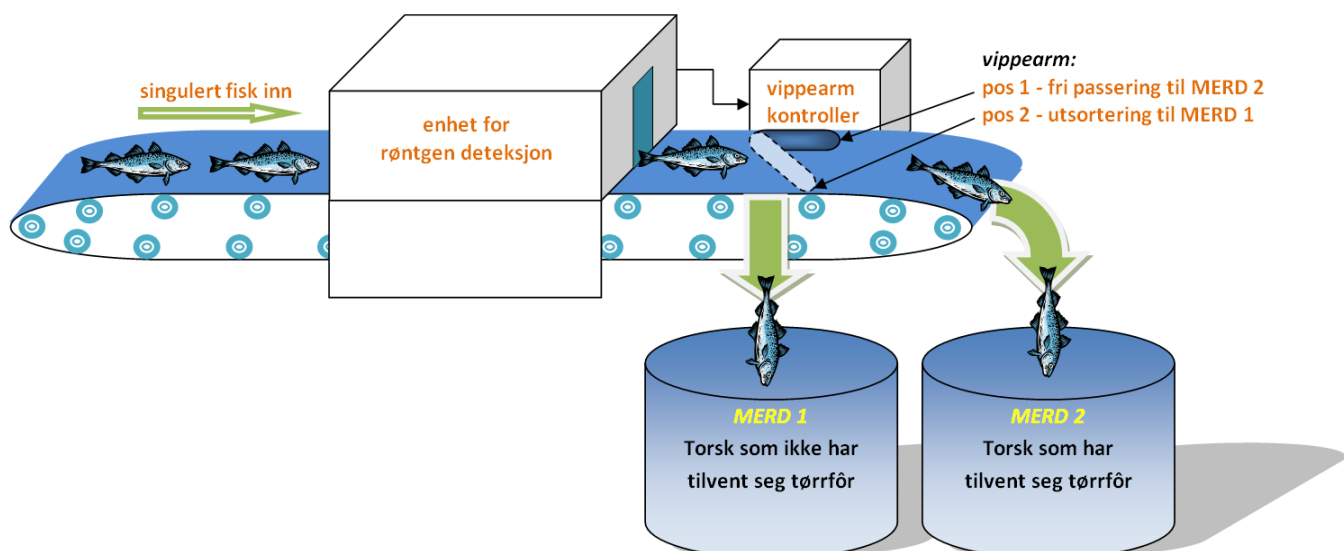
- Lage røntgenbilder av fiskens indre baserte på den omtalte DEXA- teknikken etter en periode med intensiv fôring (ca. 30 dager).
- Teknikken skiller mellom fettholdige områder (lever, fôr i mage) og resten av fisken. Gjennomsnittlig fettinnhold i hvert fiskeindivid beregnes.
- Det er trolig også mulig å estimere andel lever av kroppsvekt (leverindeks) ut i fra røntgen bilder.
- Fettinnholdet i hvert individ sammenlignes med en fast terskelverdi bestemt på forhånd. Denne verdien avgjør om fisken tar tørrfôr eller ikke.
- Sorteringsenhet får informasjon om dette og utfører sortering.

3.3.5 Utforming av sorteringssystem, skisse av helhetlig implementering

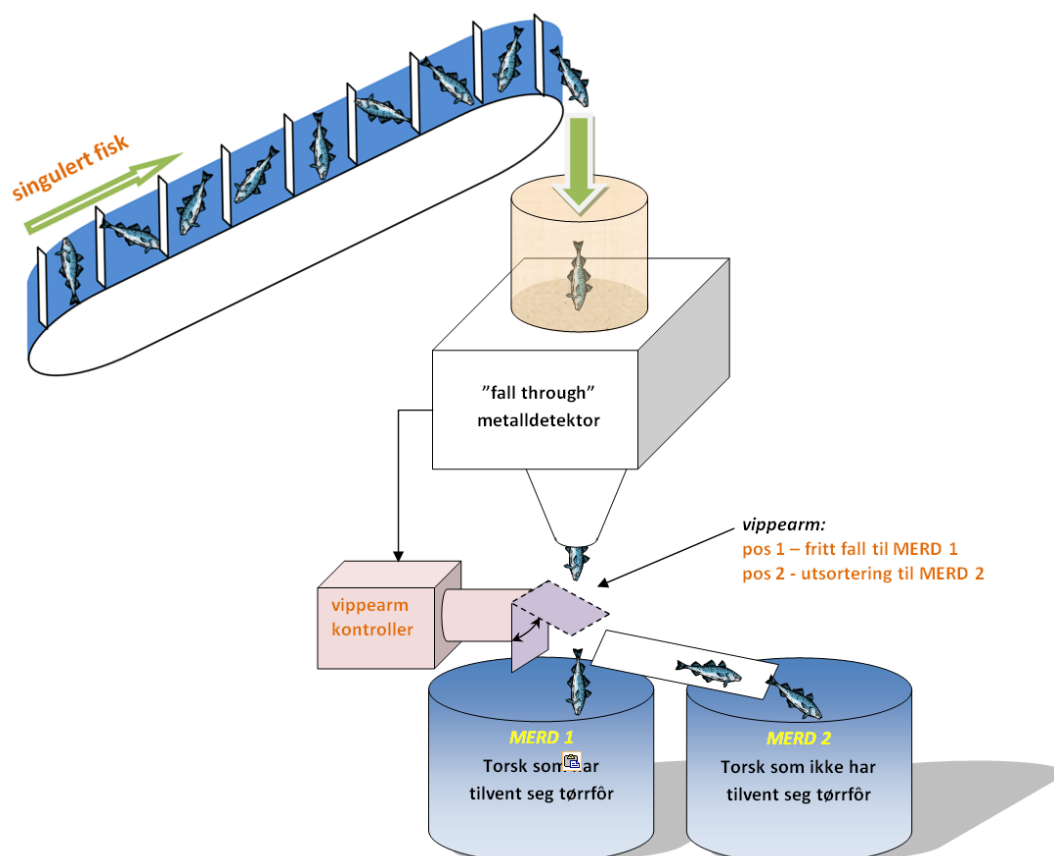
Et kortfattet design er laget for de ulike systemene (Figur 27 til Figur 29) Ved å montere fiskepumpe, deteksjonsenhet og sorteringssystem på en flåte, slipper oppdretter kostnader og ventetid i forhold til akkvisisjon av brønnbåt. Tradisjonelle fiskepumper benyttes for å transportere fisken fra merda, og transportbånd sørger for å flytte fisken gjennom deteksjonsenheten.



Figur 27 Prinsippskisse av sorteringssystem for tørrfôrtilvent villfanget torsk (Illustrasjon: Marikken Høiseth).



Figur 28 Skisse av helhetlig linje for sortering, med transportband og vippearm / sorterer montert (Illustrasjon: Emil Veliyulin). Formål er sortering av fisk basert på fettinnhold i fôr



Figur 29 Skisse av linje som sorterer fisk basert på metaldeteksjon. Fisken må føres med pellets til satt partikler for øke kontrasten (Illustrasjon: Emil Veliyulin). Formålet er sortering av fisk basert på deteksjon av metaller i fôr.

3.3.6 Investeringskostnader

En vurdering vedrørende investeringskostnader for de ulike sorteringsstrategiene er gjennomført (Tabell 7). Resultatene viser at det er til dels store forskjeller i investeringsbehov for de ulike systemene, med metalldetektor (strategi 2) som den rimeligste.

Tabell 7 Investeringskostnader for de ulike sorteringsstrategiene.

Alternativ 1 - Røntgen + fôr med røntgentette partikler	NOK
Fiskepumpe vakuum 4m løftehøyde	75.000
Singuleringsenhet	15.000
Flexislanger 14`` (30 meter)	20.000
Flåte	10.000
Komplett transportband	36.000
Røntgenenhet	270.000
Røntgenskap	20.000
Vippearm / kontroller	15.000
Programvare	15.000
Diverse (20%)	
Ekstra kostnader ved produksjon av fôr *	30.000
*) diff. Fra kommers.fôr vs eksperimentelt fôr	
	506.000
Alternativ 2 - Metalldetektor + fôr med metallpartikler	NOK
Fiskepumpe vakuum 4m løftehøyde	75.000
Singuleringsenhet	15.000
Flexislanger 14`` (30 meter)	20.000
Flåte	10.000
Komplett transportband	36.000
Metalldetektor	120.000
Diverse skap	30.000
Vippearm / kontroller	15.000
Programvare	10.000
Diverse (20%)	
Ekstra kostnader ved produksjon av fôr *	30.000
*) diff. Fra kommers.fôr vs eksperimentelt fôr	
	361.000
Alternativ 3 - DEXA avbildning av fôr i mage ifht fett	NOK
Fiskepumpe vakuum 4m løftehøyde	75.000
Singuleringsenhet	15.000
Flexislanger 14`` (30 meter)	20.000
Flåte	10.000
Komplett transportband	36.000
Røntgendetektor	320.000
Diverse skap	30.000
Vippearm / kontroller	15.000
Programvare	10.000
Diverse (20%)	
Ekstra kostnader ved produksjon av fôr *	
*) diff. Fra kommers.fôr vs eksperimentelt fôr	
	531.000
Alternativ 4 - DEXA avbildning estimering av fettinnhold i indre organer	NOK
Fiskepumpe vakuum 4m løftehøyde	75.000
Singuleringsenhet	15.000
Flexislanger 14`` (30 meter)	20.000
Flåte	10.000
Komplett transportband	36.000
Røntgendetektor	320.000
Diverse skap	30.000
Vippearm / kontroller	15.000
Programvare	10.000
Diverse (20%)	
Ekstra kostnader ved produksjon av fôr *	
*) diff. Fra kommers.fôr vs eksperimentelt fôr	
	531.000

3.3.7 Oppsummering

I det følgende oppsummeres de viktigste egenskapene hos de ulike konseptene, blant annet i forhold til metodikk, teknologi, effektivitet, hastighet og pris (Tabell 8).

Tabell 8 Oppsummering av ulike egenskaper hos de forskjellige sorteringsstrategiene.

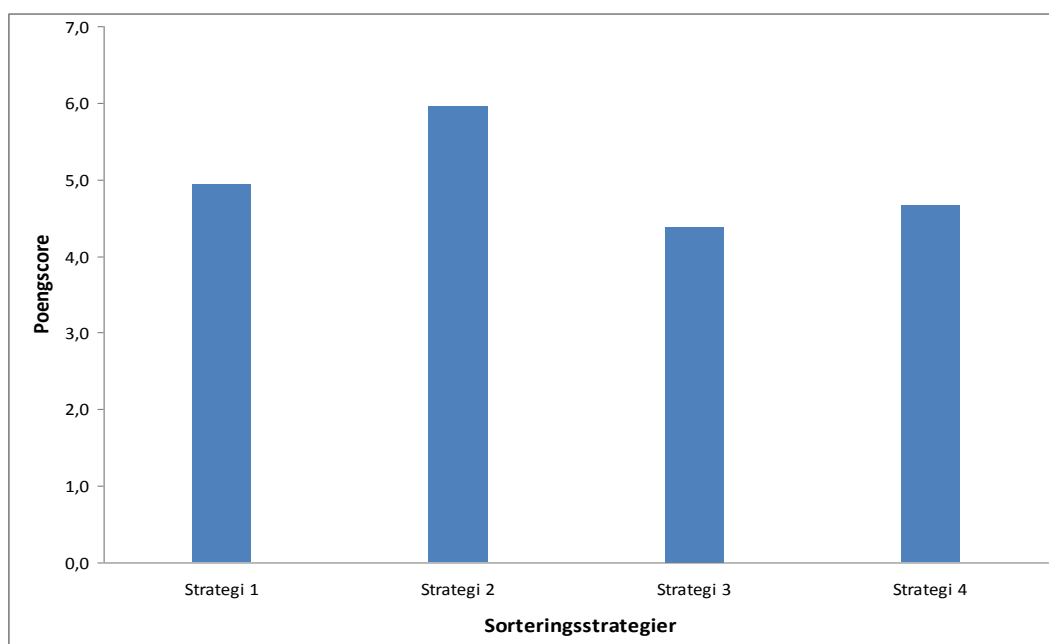
	STRATEGI 1		STRATEGI 2	STRATEGI 3	STRATEGI 4
Prinsipp	Observasjon av synlig fôr i mage / tarm ved hjelp av røntgen og røntgentette fôrpartikler		Deteksjon / observasjon av fôr i mage / tarm ved hjelp av metalldetektor og metallbaserte tilsetninger i fôr	Deteksjon av fôr i mage ved hjelp av røntgen som avbilder forskjeller i fett pr areal	Estimere fettinnhold i indre organer (lever) i forhold til kjøtt, estimering av leverindeks etter oppføring
Sensor type	line-scan røntgen		metall detektor	dual-energy røntgen	dual-energy røntgen
Deteksjon / kontrast	direkte avbildning av fôrpellet	avbildning av metall partikler i fôr	deteksjon av metall i fôret	deteksjon av fett i fôrpellet	deteksjon av fett i lever, beregning av leverindeks
Forventet effektivitet / sensitivitet	lav	høy	høy	usikker - mulig overlapp med leverfett i bilder	høy (ingen fôr i magesekken, alt fett kommer kun fra lever)
Maksimal hastighet av deteksjon basert på egenutviklet oppsett	ca. 0,7-1 m/s		ukjent / ubegrenset	ca. 1-1,3 m/s	ca. 1-1,3 m/s
Fôr med metallpartikler nødvendig	Nei	Ja	Ja	Nei	Nei
Preliminær oppføring (dager)	1-2		1-2	1-2	ca. 20-30
Fisk kan undersøkes i vann	Nei		Ja	Nei	Nei
Pris for kun deteksjonssystem (kNOK)	270-300		120	320-350	320-350
Estimat av total investeringskostnad	478		293	463	463
Vesentlige negative aspekter	Stor usikkerhet vedrørende opptak av metaller i fisk Produksjon av fôr med tilsetninger (glasskuler, metaller etc) kan være komplisert og dyrt		Eksponering av fisk i luft		

3.3.7.1 Vurdering av egnethet

De ulike teknologiske løsningene objektivt vurdert ut i fra relevante parametere (Tabell 9 og Figur 30) og vektet i forhold til grad av betydning for konseptet. De ulike parametere er vurdert med poeng fra 1 – 5 hvor 5 er høyest og best karakter.

Tabell 9 Vurdering av ulike parametere som karakteriseres som viktig for konseptet

	Strategi 1	Strategi 2	Strategi 3	Strategi 4	Vektor
Investeringskostnader	4	5	3	3	1,75
Kapasitet (fisk pr min)	3	5	4	4	1,75
Nøyaktighet	5	5	2	3	1,75
Teknologisk utfordring	5	4	2	3	1,75
Driftssikkerhet	3	5	3	3	1,5
Fiskevelferd (evt negative effekter på fisk)	3	3	3	3	1,5
HMS (personale)	4	5	4	4	1,5
Robusthet (ytre miljø)	3	5	3	3	1,5
Brukervennlighet	4	4	4	4	1,25
Driftskostnad	3	4	3	3	1,25
Tilleggsutstyr (spesialfôr etc)	1	1	4	4	1,25
Sum poeng	4,9	6,0	4,4	4,7	



Figur 30 Samlet vurdering av de foreslåtte sorteringsstrategier.

3.3.8 Konklusjon

Tilsats av CrNi-partikler i fôr gir tydelig deteksjon av fisk som har spist tørrfôr fra fisk som ikke har spist, ved bruk av røntgenmaskin

Tilsats av jernpulver i fôr gir tydelig deteksjon ved bruk av metalldetektor. Metalldetektor kan også benyttes til deteksjon av andre (større) metallpartikler

Bruk av både røntgendetektor og metalldetektor kan benyttes industrielt som del av sorteringssystem for å sortere fisk; tilvendt og ikke tilvendt til tørrfôr

Etter våre vurderinger av foreslåtte sorteringsstrategier, foreslår vi at sortering ved hjelp av metalledetektor (strategi 2) benyttes som basis for utvikling av en prototype for sortering av fisk. Da er risiko for opptak av metallpartikler i fiskevev ikke tatt med i betraktningen, noe som vil være av stor betydning for anvendelse av teknologien.

I en eventuell videreføring vil det være formålstjenlig å teste den mest aktuelle teknologien /eventuelt flere teknologier, i felt eller lab-skala. Resultatene fra en slik eksperimentell test kan benyttes i utvikling av en første prototype av systemet.

4 Avsluttende kommentarer og konklusjoner

Innledningsvis listet vi opp følgende delmål for prosjektet:

1. Finne sorteringskriterier og grenser for skader som kan påvirke velferd og økonomi i weaningsperioden. Aktiviteten skal bidra til å
 - a. utvikle raske, skjemabaserte kriterier for å registrere velferd (skader) ved leveranse av torsk til restitusjon (Velferd Indeks Metode, VIM-score)
 - b. Finne korrelasjon mellom VIM-score og behandling av torsken før levering; sekking vs. Pumping og betydningen dette har for weaning resultatene
2. Kvantifisere tilvenning til to typer fôr hos villfanget torsk. Målet er å maksimere antall torsk som tilvennes og å gi oppdretterne kunnskap om når det er best å fjerne fisk som ikke spiser
 - a. Øke andel fisk som spiser tidlig i weaningperioden ved å størrelsessortere villfanget torsk i smalere størrelsesutvalg før weaning.
 - b. Bedre fiskens motivasjon til å spise ved å bedre palatibilitet på formulert fôr
 - c. Utvikle adferdsbasert metode for å skille fisk som er motivert til å spise, og dermed egnet til FBA (oppfôring), fra fisk som ikke viser samme motivasjon og dermed har størst økonomisk potensial ved korttidslagring/direkte slakting
3. Beskrive og vurdere aktuelle sorteringsteknologier for å kunne detektere og deretter sortere ut fisk som ikke er tilvent tørrfôr.

4.1 Sorteringskriterier og grenser for skader

Resultatene fra fisken med skader viser at dødeligheten øker med økt skadeomfang. Det skal relativt lite skade til, og vha. modellering av forholdet mellom skade og overlevelse, ser man at allerede ved en WIM-score på 4 er dødeligheten på 20 %. Det var imidlertid ingen trend i fiskens tilvekst over ulike skader, og heller ingen forskjell i andel fisk som spiste med ulike typer skader. Over forsøksperioden tenderte skadene til å heles, med unntak av skjelltap. Signifikant bedring var det imidlertid kun for sår og slagskader. Resultatene tyder på at torsken i noen grad er i stand til å håndtere skader, men at man må forvente økt dødelighet ved relativt lavt skadeomfang. Resultatene viser at sorteringen bør være konservativ, ved at skadet fisk som hovedregel ikke bør inn i langtidslager eller oppfôring. Skadene har en additiv påvirkning på fisken, slik at flere små skader, som isolert sett ikke er noe problem, må vurderes i forhold til den totale belastningen de utgjør. Splittede finner viser en viss forbedring ved mellomlagring, og moderat grad antas ikke dette å påføre fisken noen lidelse. Finnesplitt eller sår hvor underhuden er intakt antas derfor som akseptable skader hos fisk som skal inn i levende lagring/oppfôring. Fisk med betydelig finneråte (mer enn 30 % av finnen borte), åpne sår eller øyeskader anbefales derimot benyttet direkte i produksjon. Når det gjelder håndtering av fisken før levering, så har ombordtakingsmetoden; sekking eller pumping, liten betydning så lenge fangsten er av moderat størrelse og været er bra.

Under beskrevne forhold ligger det dermed ikke noen velferdsmessige begrensinger inne i valg av metode.

4.2 Kvantifisering av tilvenning fôring i fangenskap

Under kontrollerte betingelser lyktes vi med å få 70-80 % av villfanget fisk til å spise lodde. Tilvenningen gikk over en tre ukers periode, hvoretter det var lite nyrekruttering til gruppen av torsk som spiste. Det anbefales derfor å ha ekstra fokus på tilvenningen i denne perioden. De to alternativene til lodde som ble testet ut; ferskvanntilsatt tørrfôr og re-pelletert tørrfôr tilsatt vann og binder (mykfôr) gav betydelig dårligere resultat, ved at kun 40 % av fisken begynte å spise. Den andelen som spiste viste lovende tilvekst, og det kan ligge potensial i oppfôring av bare denne andelen. Vi er ikke i stand til å identifisere fisken som begynner å spise på bakgrunn av morfometriske målinger (lengde, vekt eller kondisjon), og har dermed ingen sorteringskriterier som kan benyttes for fysisk sortering. Fiskens størrelse synes ikke å bestemme hvorvidt den senere vil begynne å spise. Det synes heller ikke som at variasjon i størrelse har særlig betydning. Ytterligere sortering av fisk på størrelse enn hva som gjøres i næringen i dag synes dermed ikke bedre resultat av weaningen. Det er mulig at man kan benytte fiskens motivasjon til å spise til å sortere den, men her gjenstår fortsatt forbedring og evaluering av metoden.

4.3 Sorteringsteknologi

Evaluering av teknologi for sortering tilsier at bruk av metalldetektor har størst potensial for å lykkes, noe som innebærer at fôret må tilsettes et kjent metall. Metoden må evalueres ytterligere, blant annet inkludert en risikoanalyse, i felt eller lab skala før en prototype kan utvikles.

5 Referanser

- Akse, L. & 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. J.B. Luten, T. Børresen & J. Oehlenschläger (eds). pp. 47-58. Elsevier Science B.V.
- Bremner, H.A. 1985. A convenient easy to use system for estimating the quality of chilled seafood. Fish Processing Bulletin 7: 59-70
- Brienne, J.P., Denoyelle, C., Baussart, H. and Daudin, J.D. 2001. Assessment of meat fat content using dual energy X-ray absorption. Meat Science 57 235–244.
- Congleton, J. L., LaVoie, W. J., Schreck, C. B. & Davis, L. E. 2000. Stress indices in migrating juvenile chinook salmon and steelhead of wild and hatchery origin before and after barge transportation. Transactions of the American Fisheries Society, 129 (4):946-962
- Damsgård, B. & Sæther, B.-S. 2006. Fish Behaviour Laboratory: Measuring individual traits under controlled conditions. In: Damsgård, B., Juell, J.E., & Braastad, B.O., 2006 (eds). Welfare in Farmed Fish. Report 5/2006 Fiskeriforskning, Tromsø, Norway, pp. 15-18.
- Damsgård, B., 2005. Ethical quality and welfare in farmed fish. EAS, Special Publication. 35: 28-32.
- Davis, M. W., Olla, B. L. & Schreck, C. B. 2001. Stress induced by hooking, net towing, elevated sea water temperatures and air in sablefish: lack of concordance between mortality and physiological measures of stress. Journal of Fish Biology, 58 (1): 1-15
- Einen, O., Waagan, B. & Thomassen, M.S. 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. Aquaculture, 166: 85-104
- Frish, A. J. & Anderson, T.A. 2000. The response of coral trout (*Plectropomus leopardus*) to capture, handling and transport and shallow water stress. Fish Physiology and Biochemistry, 23 (1): 23-34
- Grant J.W.A. (1997). Territoriality. In: Behavioural ecology of teleost fishes (ed. Godin J.-G.J.) Oxford University Press, Oxford. pp: 81-103.
- Guderley, H., Dutil, J.-D. & Pelletier, D. 1996. The physiological status of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the wild and in the laboratory: estimates of growth rates under field conditions. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Research. 53, 550-557
- Haugen, T.O., Knight, C., Rosten, T., Karlsen, A., Kristensen, T., 2008. Velferdsmessige aspekter av fôrrestriksjon for villfanget torsk. NIVA rapport nr. 5780-2009.
- Houlihan, D., Boujard, T. and Jobling, M. (2001) Food Intake in Fish, Blackwell Science Ltd, p.67
- Hovland, K. S. 1985. "Norske seilskuter på Islandsfiske", (pp 97-103) Universitetsforlaget 1980, ISBN 82-00-01995-0.
- Isaksen, B, Midling, K, Humborstad, O-B, og Kristiansen, T. (2004). Fangstbasert Havbruk – en utredning om fangst og hold av villtorsk- og andre marine arter, velferd og risiko. 04/1170/vkm/inna
- Jobling, M. 1988. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. Aquaculture, 70:01-19.
- Jobling M. 1994. Fish Bioenergetics, pp 309, Chapman & Hall, London.
- Jobling, M. Meløy, O.H., dos Santos, J. & Christiansen, B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. Aquaculture International 2: 75-90.
- Jobling, M., Arnesen, M.A., Baardvik, B.M. and Christiansen, J.S. 1995. Monitoring feed intake under practical conditions, methods and applications. Journal of Applied Ichthyology, 11: 248-262.

- Kuhlmann, H., Muenkner, W. & Oehlenschlaeger, J. 2001. Sensitiveness of sea fishes on board. Part 3: Investigation of demersal fish species of the Barents sea. Inf. Fischwirtsch. Fischereiforsch. 48 (1): 34-37
- Lambert and Dutil, 1997. Condition of cod (*Gadus morhua*) off Greenland during 1982–1998 Journal of Fisheries research, **48**, s 79 – 86.
- Martinsen, S., og Kirkhus, T., 2009. Codgrade – forprosjekt. SINTEF prosjekt SFH80 F094027.
- Midling, K.Ø. (1994). Ny mottaksmerd for snurrevadfanget levende torsk. Sluttrapport NFFR-nr. 105554/110.
- Midling, K., Espmark, Å., Akse, L., og Humborstad, O.B., 2009. Pumping av torsk og laks – faktorer som påvirker velferd og kvalitet. Resultater fra forprosjektet – Pumping av levende og sløyd fisk. Nofima Rapport April 2009.
- Midling, K.Ø., Koren, C., Humborstad, O.-B., and Sæther, B.-S. (2011). Swimbladder healing in Atlantic cod (*Gadus morhua*), after decompression and rupture in capture-based aquaculture. Marine Biology Research in press
- Ottolenghi, F., Silvestri, C., Giordano, P., Lovatelli, A. and New, M.B. 2004. Capture-Based Aquaculture – the Fattening of Eels, Groupers, Tunas and Yellowtails. FAO. Rome.
- Peck, M. A., Buckley, L.J. & Bengtson, D. A. 2003. Energy losses due to routine and
- Romero, L. M. 2004. Physiology stress in ecology: lessons from biomedical research. Trends in Ecology and Evolution. 19 (5): 249-255
- Silverstein, J. T., Wolters ,W.R. and Holland, M. (1999) Evidence of differences in growth and food intake regulation in different genetic strains of channel catfish, J. Fish Biol., **54**, 607-615
- Sæther, B.S., Bjørn, P.A., Midling, K.Ø., Nilsen, R., Jacobsen, R. & Siikavuopio, S.I., 2009. Fangstbasert akvakultur (weaning) av villtorsk til tørrfôr. Rapport 4/2009, februar 2009.
- Talbot, C. and Higgins, P.J. 1983. A radiographic method for feeding studies on fish using metallic iron powder as a marker. Journal of Fish Biology, 23: 211-220
- Van Loan, M.D. and Mayclin, P.L., 1992. Body composition assessment: dual energy x-ray absorptiometry (DEXA) compared to reference methods. Eur. J. Clin. Nutr. **46**, pp. 125–130.
- Van Raaij, M. T. M., Pit, D. S. S., Balm, P. H. M., Steffens, A. B., Van den Thillart, G. E. E. J. M. 1996. Behavioural strategy and the physiological stress response in rainbow trout exposed to severe hypoxia. Hormones and Behavior, 30 (1): 85-92
- Wendelaar Bonga, S. E. 1997. The stress response in fish. Physiological Reviews, 77 (3): 591-625.
- Yaragina NA, Marshall CT. 2000. Trophic influences on interannual and seasonal variation in the liver condition index of Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*). ICES J. Mar Sci. 57:42-55.

