

Velferd hos villfanget torsk i merd

Hovedvekt på hold uten fôring ut over 12 uker

Bjørn-Steinar Sæther, Chris Noble, Kjell Ø. Midling, Torbjørn Tobiassen, Leif Akse, Christian Koren og Odd-Børre Humborstad





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

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122 Langnes
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1431 ÅS

Stavanger:

Måltidets hus, Richard Johnsgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunndalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140
E-post: post@nofima.no
Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835 MVA

Rapport

<p><i>Tittel:</i> Velferd hos villfanget torsk i merd Hovedvekt på hold uten fôring ut over 12 uker</p>	<p>ISBN: 978-82-8296-373-2 (trykt) ISBN: 978-82-8296-374-9 (pdf) ISSN 1890-579X</p>
<p><i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Bjørn-Steinar Sæther¹, Chris Noble¹, Kjell Ø. Midling¹, Torbjørn Tobiassen¹, Leif Akse¹, Christian Koren² og Odd-Børre Humborstad³ 1: Nofima AS, 2: VitkonAS, 3: Havforskningsinstituttet</p>	<p><i>Rapportnr.:</i> 16/2016</p> <p><i>Tilgjengelighet:</i> Åpen</p> <p><i>Dato:</i> 11. mai 2016</p>
<p><i>Avdeling:</i> Produksjonsbiologi</p>	<p><i>Ant. sider og vedlegg:</i> 32</p>
<p><i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)</p>	<p><i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF # 900956</p>
<p><i>Stikkord:</i> Levendelagret, villtorsk, velferd, kvalitet</p>	<p><i>Prosjektnr.:</i> 10889</p>
<p><i>Sammendrag/anbefalinger:</i></p> <p>Regelverket for levendelagring av villfanget fisk sier at fisken skal tilbys fôr dersom den står lagret ut over 4 uker, og at den kan lagres i ytterligere 8 uker uten at aktiviteten faller inn under regelverk for Fangstbasert akvakultur. Bakgrunnen for dette regelverket er i stor grad basert på erfaringer fra næringen, uten at man har gode systematiske undersøkelser som tar utgangspunkt i fiskens status og hvordan den påvirkes av perioden uten fôr. Næringen ønsker større fleksibilitet i regelverket med mulighet for lengre lagring uten at fisken tilbys fôr, gitt at dette ikke kompromitterer velferd eller kvalitet. Hovedmålsettingen med dette prosjektet var derfor å evaluere velferd og kvalitet hos villfanget torsk som ble lagret ut over 12 uker uten fôring. I tillegg var det en målsetting å se på hvordan kortere lagringstid påvirket kvalitet og vekttap hos kjønnsmoden fisk, samt hvor lenge man faktisk bør lagre villfanget torsk levende for å redusere blodfeil som følge av fangstskade. Hovedkonklusjonen fra prosjektet er at perioden villfanget torsk kan lagres uten tilgang til mat bør bestemmes ut i fra fiskens status heller enn å være et fast antall uker, og anbefalingen er at dette knyttes til fiskens leverindeks som ikke bør være lavere enn 3 %. Videre anbefales også en minimumsperiode fisken bør lagres for å redusere blodfeil i filet på 5-6 uker. For kjønnsmoden fisk kan dette være problematisk ettersom man må regne med et betydelig vekttap som følge av gyting.</p>	
<p><i>English summary/recommendation:</i></p> <p>Live storage of Cod (<i>Gadus morhua</i> L.) enables the industry to deliver fresh products out of season. The current regulations state that fish stored for longer than 4 weeks have to be offered feed, and if fed the fish can be stored alive for another 8 weeks. The industry wants regulations that allows for flexibility, and that, given that the fish welfare is not compromised or product quality is not negatively affected, fish can be stored alive for even longer periods than 12 weeks without access to food. The objective of this project was to evaluate how a starvation period up to 20 weeks affected animal welfare and flesh quality in Atlantic cod. The main conclusion from the project is that the period live captured cod can be stored alive without access to feed is limited by negative changes in fillet quality before animal welfare is impaired. Rather than using a fixed number of weeks, the period without feeding should be linked to body fat stores, measured as hepatosomatic index. This index should not be lower than 3 %.</p>	

Forord

Regelverket for levendelagring av villfanget fisk sier at fisken skal tilbys fôr dersom den står lagret ut over 4 uker. Videre at lagring ut over 12 uker gjør at aktiviteten faller inn under akvakulturregelverket og dermed skal fisken fôres. Bakgrunnen for dette regelverket er i stor grad basert på erfaringer fra næringen, uten at man har gode systematiske undersøkelser som grunnlag for hverken 4 eller 12 ukersgrensen.

Under et møte i Tromsø 16. januar 2013, der sentrale næringsaktører innen levendelagring av villfanget torsk var samlet, kom det frem at dette regelverket var den viktigste flaskehalsen for videre utvikling av levendelagring og oppfôring av villfanget torsk.

Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF) sendte på grunnlag av dette en prosjektforespørsel på dokumentasjon av velferd hos villfanget torsk i merd uten fôring utover 12 uker.

En forutsetning i prosjektet var at det skulle utarbeides en prosjektbeskrivelse i samarbeid med næringsaktører, og at disse aktørene kunne inngå i Styringsgruppen. FHF oppnevnte følgende styringsgruppe til prosjektet:

Fiskere: Bjørnar Jonassen, Jacob West og André Reinholdsen.

Kjøpere: Per Gunnar Hansen (Norway Seafoods), Tor Bjarne Stabell (ToBø AS). Geir Johnsen (Sjøfisk AS), Kristian Klo (Gunnar Klo), Arne E. Karlsen (Nergård) og Helge Haug (Nic. Haug).

Prosjektet har blitt gjennomført i nært samarbeid med det pågående prosjektet CATCH, som ledes fra Nofima og finansieres av Bionær-programmet. Prosjektet er en naturlig oppfølging av tidligere prosjekter i FHF og er forankret i FHF's handlingsplan innen området Marine Ressurser innen Fiske og Fangst og for Industri og foredling innen områdene Hvitfisk sektor og Konvensjonell sektor.

Innhold

1	Innledning.....	1
1.1	Målsetting.....	3
2	Materiale og metode.....	4
2.1	Forsøk 1: Velferd og kvalitet hos villfanget torsk under lagring med og uten tilgang til fôr	4
2.2	Forsøk 2: Kvalitet og vekttap hos korttidslagret torsk	5
2.3	Forsøk 3: Kvalitet og fangstskade hos korttidslagret torsk med hovedvekt på blødninger i filét.....	5
3	Resultater og Diskusjon	6
3.1	Velferd og kvalitet hos villfanget torsk under lagring med og uten tilgang til fôr	6
3.1.1	Leverindeks.....	8
3.1.2	Histologiske undersøkelser.....	12
3.1.3	Operative velferdsindikatorer	17
3.2	Kvalitet og vekttap hos korttidslagret torsk	24
3.3	Kvalitet og fangstskade hos korttidslagret torsk med hovedvekt på blødninger i filét	27
4	Konklusjon	29
5	Referanser	31

1 Innledning

Fangstbasert akvakultur (FBA) på torsk som strategi og næring har lange tradisjoner i Norge. Allerede i 1880-årene ble levende torsk omsatt i Grimsby havn for det best betalende markedet i London. Norske fartøy deltok i denne aktiviteten og kunne få opptil hundre ganger bedre betalt for den levende torsken de hadde med seg fra fiskeriene ved Island sammenlignet med saltfisk (Hovland 1985). Å holde torsken i merder etter fangst for oppfôring har litt over 25 års historie, selv om små anlegg sør i landet praktiserte dette langt tidligere.

Sammenhengen mellom velferd og kvalitet hos fisk 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 & Sæther, 2006).

Fangstbasert akvakultur ble tidligere regulert gjennom kvalitetsforskriften i tillegg til den generelle Dyrevernsloven. Etter at Mattilsynet omtalte (og påtalte) flere episoder hos aktører innen FBA 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, lerretsløft, fiskedyp, sortering, bruk av vakuumpumper, transport, mottaksmerder, hvor lenge man kan lagre fisken uten å fôre og fiskens helse. Hovedformålet med forskriften er å standardisere utstyret som benyttes med den hensikt å redusere skade og dødelighet og å øke fiskens velferd.

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 periode for hold uten fôring, sorteringskriteria) blir regulert politisk eller basert på hva man tror i mangel på bedre viten.

I dag har man anledning til å holde villfanget fisk levende i inntil 4 uker uten at den tilbys mat. Etter 4 uker skal fisken tilbys mat, og man har så anledning til å lagre fisken levende i 8 nye uker, totalt 12 uker. Det er relativt få arbeider som tar for seg effekter av perioder uten mat hos fisk i fangenskap, da dette er uvanlig innen tradisjonelt oppdrett. Et studie beskriver velferdsmessige aspekter av fôrrestriksjon hos villfanget torsk (Haugen et al. 2008). Dette studiet er basert på et begrenset utvalg villfanget lodde-torsk, der man konkluderte med at torsk er i stand til å tåle perioder uten mat godt med en god evne til å gjenopprette energetisk status når den igjen får tilgang til mat (Figur 1). Akseptabel tid uten mat ble likevel ikke satt ut i fra fiskens fysiologiske kapasitet til å takle å være i katabolsk fase, men heller ut i fra fiskens egen vilje til å spise. Fra praksis i næringen tar det gjerne 3-4 uker før man får villfanget torsk til å spise. Dette er i hovedsak samme grunnlag som Holmefjordutvalget benyttet da dagens grense for 4 uker før fisken skal tilbys mat ble fastsatt i 2004.

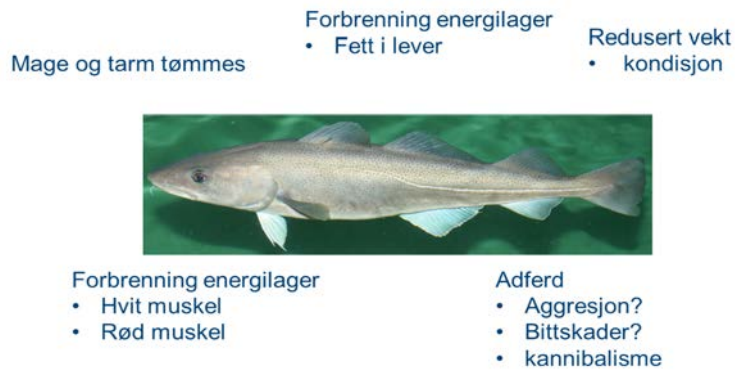


Figur 1 Eksempel på ulik kondisjonsstatus på fisk med omtrentlig samme lengde. Den øverste fisken har betydelig bedre kondisjon og energilagre, og vil derfor være bedre i stand til å tåle lengre perioder med sult. Dagens regelverk tar ikke hensyn til dette. (Foto: Christian Koren).

Flere fiskearter er årlig utsatt for naturlige perioder med redusert eller uten mattilgang. Når slike perioder sammenfaller med kjønnsmodning forsterkes effekten fordi fisken da må bruke av egne kroppsreserver for å bygge opp gonader. I perioder uten mat er fisk i stand til å bryte ned store energilagre og kroppsvev, uten vedvarende skade, for å overleve. Dette gjenspeiles også i fleksibiliteten torsken viser ved at den godt kan tåle perioder uten mat (Figur 2), og sågar har egne mekanismer for å kompensere for dette når mat igjen blir tilgjengelig (Black & Love, 1986; Jobling et al., 1994). Tilsynelatende har torsk i katabolsk fase evne til å prioritere hvilke fettsyrer som skal mobiliseres avhengig av om fisken bygger opp gonader eller bare har behov for energi (Takama et al., 1985). Fisk har også utviklet egne mekanismer for å takle perioder uten mat, ved at den regulerer ned energiforbruket samt sparer prioritert kroppsvev. Hos torsk er bidraget fra karbohydrater lite, så den vil relativt raskt begynne å forbruke fettreserver. Det er også en prioritering av ulike fettlager, men siden torsk i all hovedsak lagrer fett i leveren er det derfra det mobiliseres (Black og Love, 1986). Ettersom fettlagrene forbrukes vil fisken begynne å hente energi fra muskelen, også her er det en prioritert orden ved at i hovedsak hvit muskel forbrukes mens rød muskel bevares (Black og Love 1986). Om fisken igjen får tilgang til mat vil prioriterte vev erstattes først, og det siste som dermed bygges opp hos torsk er fettlager i leveren. Dette er forhold som bør hensyntas når man fastsetter akseptable rammer for hvor lenge fisk i fangenskap skal kunne holdes levende uten mat; en fisk med store energilagre er bedre i stand til å tåle slike perioder enn en fisk med små energilagre. De energireservene som fisken til enhver tid disponeres bør derfor være avgjørende for hvor lenge det er etisk forsvarlig å holde den i fangenskap før den tilbys mat.

Prosjektets bakgrunn er mangel på presise og funksjonelle mål for hvor lenge en torsk kan holdes i merd uten at den fôres. Slike mål etterspørres av næringsutøverne og tilsynsmyndighetene i tillegg til at det kan komme internasjonale krav som tilfellet er for laks.

Velferd skal evalueres på individnivå, noe som kommer klart frem av «lov om dyrevelferd». Dette gir egne utfordringer når man forholder seg til store dyregrupper, slik tilfellet er her, spesielt ettersom dyret befinner seg i et annet medium enn hva vi gjør. Det vil ikke være mulig å forholde seg til alle dyrene enkeltvis, men ta utgangspunkt i et utvalg som man har grunn til å tro representerer hele gruppen.



Figur 2 Eksempler på kjente tiltak som fisk kan igangsette dersom de ikke har tilgang til mat over lengre perioder, samt noen konsekvenser dette kan ha (Foto: Christian Koren).

1.1 Målsetting

Prosjektets hovedmål er å finne grensene for hvor lenge det er velferdsmessig forsvarlig å lagre levende torsk etter fangst uten fôring, og hvordan slik lagring påvirker produktkvaliteten. Dette er en sentral problemstilling for mange av aktørene innen FBA-torsk og Mattilsynet, og er særlig aktuelt nå som torskebestanden og kvotene er på et historisk høyt nivå. Hold av torsk i merd uten fôring kan gjøres av fisker uten konsesjon og vil utløse 50 % kvotebonus. I et lengre perspektiv med «normale» bestandsstørrelser vil strategien også inkludere tradisjonell hold (oppfôring), men også da vil disse kriteriene for når lagret fisk må slaktes være viktige. Derfor er det også viktig å ha med grupper av torsk som fôres, de vil være forsøkets kontrollgruppe.

Det er stor politisk vilje til å øke mengden levende lagret torsk. Vi ønsker å bidra til dette gjennom å vise at fisk som er lagret levende har et prispotensiale som ligger svært mye høyere enn det som oppnås gjennom konvensjonell produksjon.

2 Materiale og metode

Aktivitetene i forsøket er gjennomført på Havbruksstasjonen i Tromsø, Senter for marin akvakultur, på Kraknes, Kvaløya, samt hos næringsaktøren Sjøfisk AS, lokalisert i Leirvika på Bjarkøy. Fiskegruppene som er benyttet vil bli beskrevet i sammenheng med de enkelte forsøkene.

2.1 Forsøk 1: Velferd og kvalitet hos villfanget torsk under lagring med og uten tilgang til fôr

Forsøket gikk over en periode på 24 uker fra fisken var fanget til forsøket ble avsluttet. Fisken ble fanget med snurrevad med båtene «Kloegga» og «Fuglefjord» utenfor Finnmarkskysten (Nordkapp) i uke 20 og etter restituering om bord ble den satt i mottaksanlegg i Nordvågen. Dette er ungtorsk som normalt skal ha store energilager etter beite på lodde (loddetorsk). Det gikk tre uker fra fangst, via restitusjon i mottaksanlegg og transport fra Nordvågen til Havbruksstasjonens sjøanlegg, til fisken var flyttet til og fordelt på forsøkskarene. I forsøket var 695 fisk fordelt på fire sirkulære kar á 4.5 m i diameter og 1.5 meter vannndybde; totalt ca. 24 m³ vannvolum per kar. Karene ble fordelt på to grupper, der en gruppe ble fôret i overskudd daglig med lodde, mens den andre gruppen ikke fikk mat over en periode på 20 uker. Etter 20 uker fikk begge gruppene lodde daglig i 4 uker før forsøket ble avsluttet. Ved oppstart av forsøket hadde fisken en gjennomsnittsvikt på 3.2 kg, ca. 175 fisk per kar hver med en biomasse på rundt 550 kg. Fisken var individmerket med Floy Tag i forkant av fremre ryggfinnebasis, for å kunne følge vektutviklingen hos enkeltindivider gjennom forsøket. Ved merking, måling og veiing av fisken, ble fisken bedøvet med MS-222 (40 mg/L) til den var immobilisert. Ved avsluttende prøvetaking ble fisken avlivet med et slag i hodet, tilstrekkelig til å akselerere hjernen slik at denne ødelegges, hvoretter fisken ble bløgget forskriftsmessig for utblødning i rennende vann i minimum 30 minutter før den ble lagt på is frem til videre prøvetaking. Dette er viktig for senere evaluering av kvalitet på fiskemuskel. Gjennom forsøket tok vi ut 15 fisk fra hvert kar for sampling hver annen uke, fisk som ble tatt ut ble fortløpende avlivet med et slag i hodet før den ble bløgget og lagt til utblødning i rennende vann i 30 minutter. Fisken ble så lagt i kasser med is frem til videre prøvetaking og analyser. Ved oppstart ble 10 fisk samlet på samme måte. Veterinær var til stede på alle samlinger og bisto prøvetakingen og gjorde også en løpende evaluering av fiskens tilstand.

Ved prøvetakingen ble tre av 15 fisk benyttet til histologiske undersøkelser av tarm og muskel. De histologiske prøvene ble tatt ut fortløpende ved uttak, ettersom vevsprøvene er bioaktive og må fikses raskt etter at fisken er død (Knudsen et al., 2007). Tarmprøvene ble tatt av midt-tarmen, standardisert i henhold til tarmlengden, mens muskelprøvene ble tatt like under sidelinjeorganet i rett linje opp fra forkant av fremre gattfinne. De øvrige 12 ble benyttet til gravimetrisk målinger på kroppsstørrelse samt analyser av sentrale indre organer. Disse målingene ble gjennomført samme dag som uttaket. Før fisken ble sløyd ble den undersøkt for ytre tegn til skade i henhold til egen Operational Welfare Index protocol (Noble et al., 2012), som avslører slitasje og skade som antas ikke være forenelig med god individuell velferd. Fisken ble så lagret på is under standardiserte forhold i en uke før kvaliteten ble evaluert med en indekseringsmetode utviklet ved Nofima (Quality Index Method – QIM Akse et al., 1997).

2.2 Forsøk 2: Kvalitet og vekttap hos korttidslagret torsk

Dette forsøket ble gjennomført ute hos næringsaktøren Sjøfisk AS, på Bjarkøy. Levendelagring av kjønnsmoden torsk er vanligvis kortvarig, 3-4 uker, for å unngå vekttap som følge av gyting. Slik lagring gir likevel fordeler, da produksjonen er forutsigbar og fisken er godt restituert. I dette forsøket ble vekt- og kvalitetsendring beskrevet gjennom en levendelagringsperiode på fire uker der fisken ikke tilbys fôr. I tillegg holdt vi igjen en gruppe fisk noe lengre for å få tall på vekttap i forbindelse med gyting.

Torsken ble fanget med snurrevad på utsiden av Bleik, Andøya (Langnesegga) i slutten av februar 2014. Fisken ble landet på Bjarkøy og restituert hos Sjøfisk AS i Leirvåg. Etter en uke (07.03.2014) ble 150 fisk individmerket (floy tag) og lengde (cm) og vekt (g) registrert. Denne fisken ble satt i en egen merd ved mottaksanlegget. Ved merketidspunktet ble 15 umerkede fisk avlivet for prøvetaking. Denne fisken ble bløgget og håndtert etter standard rutiner hos Sjøfisk, men i tillegg ble lengde og vekt (rund) samt vekt av gonader (til beregning av GSI) og lever (til beregning av HSI) registrert. Fisken ble så pakket på is, sløyd med hodet på og sendt til Nofima, Tromsø. Etter 7 dagers lagring på is evaluerte vi filetindeks og QIM (Martínsdottir et al., 2003; Akse et al., 2007; Bogdanovic et al., 2012). Den merkede fisken i anlegget ble fulgt opp med ukentlige uttak av 15 fisk i tre uker, der uttakene ble gjennomført på samme måte som beskrevet over. Etter uttaket fire uker etter merking ble fisken lagret videre frem gjennom gyting og forsøket avsluttet med en sluttmåling den 24 April.

Resultatene vil gi svar på vekttap hos denne fiskegruppen ved korttids levendelagring og effekter på kvalitet. Den kortvarige levendelagringen vil ventelig kun ha begrenset betydning for fiskens velferd. I tillegg er perioden noe kort for å kunne si noe om heling av sår og finneskader.

2.3 Forsøk 3: Kvalitet og fangstskade hos korttidslagret torsk med hovedvekt på blødninger i filét

I et forsøk gjennomført ved Sjøfisk AS, Bjarkøy, fikk vi anledning til å følge fisken fra landing og frem til dag 42. Ettersom en kunne forvente de største endringene i blodfeil fra 2 til 5 uker etter fangst ble prøvene tatt hver 3-4 dag. Fisken som inngikk i dette forsøket ble fanget den 24.04.15 av «Olagutt», fangstdyp 70-90 meter, bølgehøyde ca. fire meter men slakke bølger. Totalt var fangsten på seks tonn, hvorav 80 % gikk til levendelagring. Fangsten var levert etter ett døgn ombord. Temperaturen i sjøen var 4-5°C. Standard prosedyre for hiving av sekk er normal fart opp (3.1 min per kveil) til det er to kveiler igjen, så halveres farten. Dette er sannsynligvis viktig for at fisken skal få tid til å kvitte seg med gass som er lekket ut i bukhulen etter punktering av svømmeblæra.

Fisk ble tatt ut jevnlig (Figur 3), bløgget i henhold til standard metode på Sjøfisk AS, blank-iset og sendt til Tromsø for nærmere sjekk av blødninger i buk og muskel.

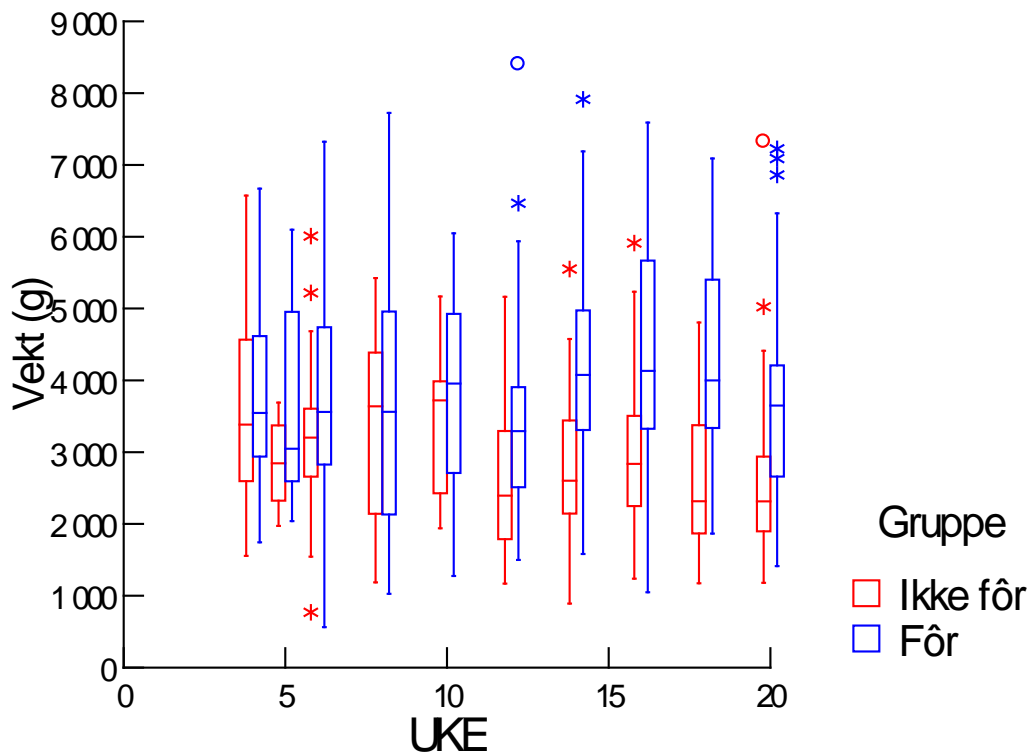
April														Mai																																																																															
Uke 17							Uke 18							Uke 19							Uke 20							Uke 21							Uke 22							uke 23																																																			
F	L	S	M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T	F	L	S	M	T	O	T																																						
24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7																																																	
T0							T1							T2							T3								T4													T5													T6													T7													T8												

Figur 3 Uttak av torsk fra levendelagringsanlegg. Fisken ble fanget den 24 april, satt i merd den 25 (T0). 10 tilfeldige fisk ble så plukket ut ved 9 ulike tidspunktet (T0-T8) for kontroll av blodfeil i filét.

3 Resultater og Diskusjon

3.1 Velferd og kvalitet hos villfanget torsk under lagring med og uten tilgang til fôr

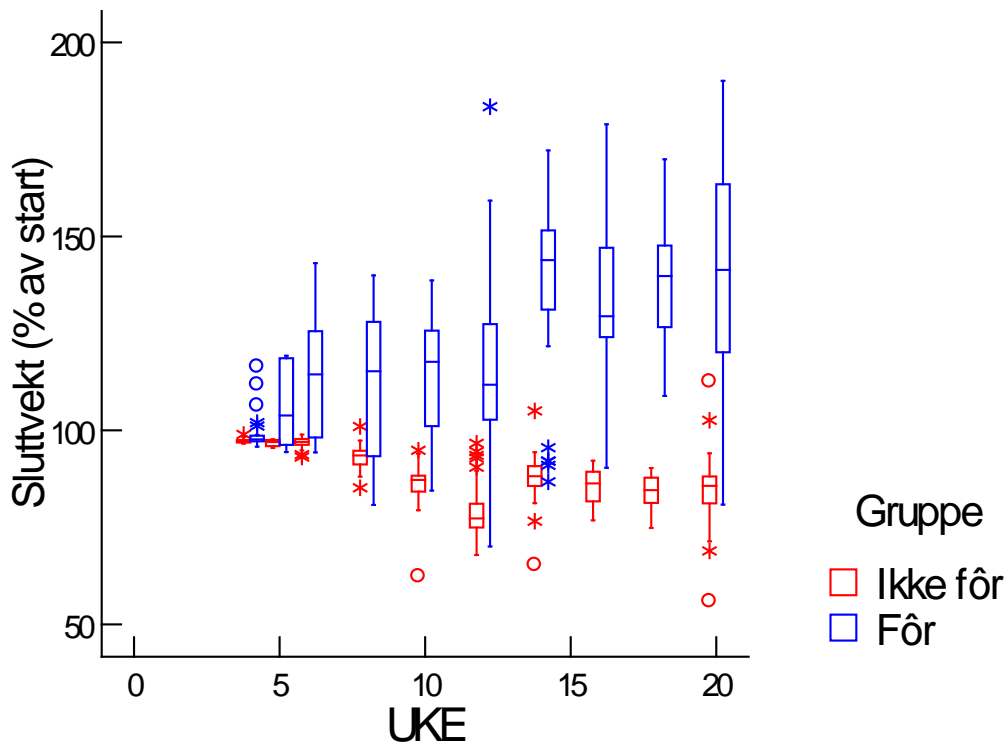
Fiskevekten endret seg i begge gruppene gjennom forsøket. Ettersom det var relativt stor variasjon i vekt på fisken, er denne vektendringen lite fremtredende (Figur 4). Da fisken var individmerket, kan vi beregne vektendringen for hver enkelt fisk, og relatere denne til vekta på fisken ved merking.



Figur 4 Vektutvikling på villfanget torsk holdt i merd med eller uten tilgang til fôr over en periode på 20 uker. Variasjonsmål oppgitt som 25 % kvartiler og 95 % konfidensintervall.

Ettersom de individuelle vektene ikke følger hva vi kaller en normalfordeling (også kalt Gauss-kurve), vil bruk av gjennomsnittsverdier og standard avvik ikke gi korrekt bilde av størrelsesfordelingen. Grafen ovenfor er derfor et boks-plot, midtpunktet er medianverdien (den midterste verdien i datasettet), og 50 % av populasjonen vil befinne seg innenfor «boksen» (rektangelet). Variasjonsmålene på utsiden av boksen dekker 95 % av populasjonen, og kalles gjerne 95 % konfidensintervall. Dersom datamaterialet faktisk var normalfordelt vil median og gjennomsnitt være like, og spredningen på data fordele seg likt på begge sider av disse.

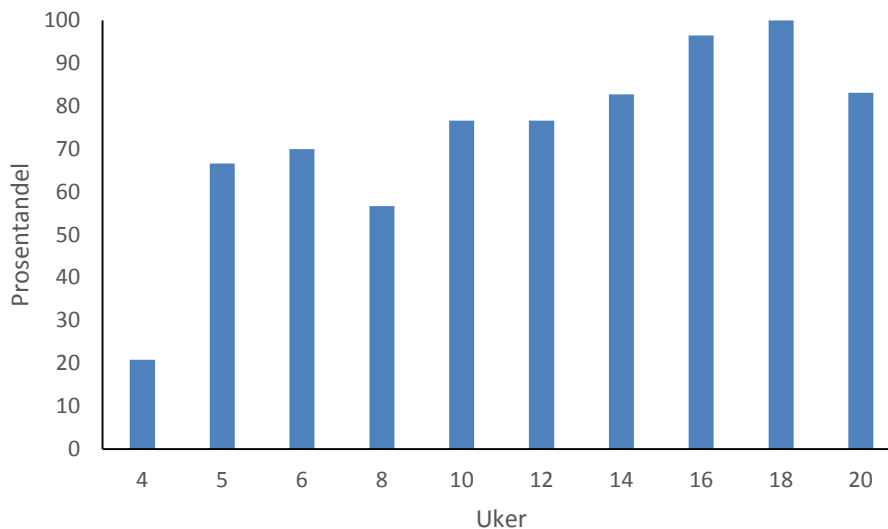
Fisken som ikke fikk mat tapte vekt gjennom hele forsøket. Dette kommer ikke helt klart frem av figuren over ettersom vi måtte avlive fisk underveis ved prøvetakingen, og dermed ikke kunne følge vektetapet til enkeltindivider gjennom hele forsøket. Da all fisken var individmerket er det likevel mulig til å fremstille reelt vektetap ved å relatere individvekten ved prøvetaking til individvekt ved forsøksstart. Når en sammenligner vektendring angitt i prosent av utgangsvekt i de to gruppene kommer forskjellene tydelig fram (Figur 5).



Figur 5 Vektendring hos villfanget torsk holdt i kar med eller uten fôring. Vektendring angitt i prosent av utgangsvekt. Variasjonsmål angitt som 50 % kvartil og 95 % konfidensintervall.

I den sultede gruppen er vekttapet relativt beskjedent de første ukene, og fisken evner å opprettholde vekten frem mot uke 8, før den reduseres frem til uke 12. Fra uke 12 og ut forsøksperioden synes vekttapet å stagnere, og fisken opprettholder kroppsvekten på ca. 85 % av vekt ved merking de siste 8 ukene, til tross for at den ikke får mat. Våre resultater tyder på at dette skyldes at fisken erstatter fiskemuskel med vann (Figur 27). Den reelle muskellmassen går dermed ned (målt i tørrstoff), mens vanninnholdet går opp. Dette har også konsekvenser for produktkvaliteten. I denne gruppen var det totalt fire fisk (en ved uttaket etter 8 uker, en etter 14, og to ved sluttmålingen) som er registrert med en vektøkning (disse hadde en startvekt fra 3132 til 4178g). Det er også seks individer vi ikke kan gjøre rede for i forsøket, hvilket betyr de er merket inn i forsøket men ikke registrert igjen ved måling eller som dødfisk. To av disse var i gruppen som fikk fôr, mens fire var i gruppen som ikke fikk fôr. Disse hadde en vekt mellom 1106 og 3190 gram og skilte seg ikke ut som spesielt små. Årsaken til at de ikke finnes igjen, kan være mangelfull journalføring av dødfisk eller at de har blitt spist av annen fisk, noe som i tilfelle kan forklare tilveksten hos de fire fiskene i sultgruppen. Gjennom forsøket hadde vi kun ett tilfelle av dokumentert kannibalisme, da fisk nr. 25 (vekt ved merking 4474 g) hadde spist fisk nr. 116 (926 g), dette kunne dokumenteres ved at vi fant fiskemerket og ørebeinet i magesekken. Fisk nr 25 hadde likevel ikke positiv tilvekst gjennom forsøket, men den hadde kun et moderat vekttap (0.1 %) i perioden fra merking 12.06 til avlaving 10.09. Fisken som hadde tilgang til mat økte vekten med rundt 40 % i løpet av forsøksperioden. Spredningen i vekt er stor mellom enkeltindivid, helt opp til nær dobling av vekten hos noen individer. Det ble brukt sløydvekt, og disse ble dermed korrigert for mageinnhold. Ved enkelte uttak var det fisk som hadde spist i overkant av 25 % av egen kroppsvekt i et enkelt måltid. Det er derfor viktig å ta hensyn til eventuelt mageinnhold dersom man skal beregne tilvekst hos levendefanget torsk som fôres. Den raskeste vektøkningen synes å komme i perioden mellom uke 12 og 16. Imidlertid er det en del fisk som ikke spiser, eventuelt spiser veldig lite, i denne gruppen, og de har tapt vekt gjennom forsøksperioden. Andelen som har spist nok til å ha tilvekst er relativt stabilt stigende allerede etter uke fem (to uker med fôring), med en tendens til økning mot

slutten av forsøket (Figur 6). Ved uttaket i uke 18 hadde all fisken som ble tatt ut spist, mens på sluttmålingen, da all fisk ble veid, var andelen som spiste 83 %. Dette bidrar til å forklare den skjeve fordelingen i individvekt i den fôrede gruppen. I tidligere vekstforsøk er det rapportert om tilsvarende andel spisere etter hhv. 6 og 9 uker (Sæther et al. 2012), og også der var det en antydning til økning i andel fisk som spiste utover i forsøket.



Figur 6 Andel villfanget torsk med positiv tilvekst gjennom et forsøk på 20 uker, og som dermed må ha spist i forsøksperioden. Fisken ble tilbudt hel lodde.

Etter at sultforsøket var avsluttet fikk den gjenværende fisken tilbud om mat over en periode på fire uker. Fisken som fikk fôr gjennom hele forsøket fortsatte sin vektutvikling med en tilvekst på 0.46 % av kroppsvekten per dag (85 % av fisken vokste og må dermed ha spist). Fisken som tidligere var sultet i 20 uker kom raskt i gang med spisingen og hadde etter fire uker vokst tilsvarende 0.97 % av kroppsvekten per dag (97 % av fisken med vektøkning). Det var dermed tydelig at fisken var i stand til å restituere seg selv etter 20 uker uten mat.

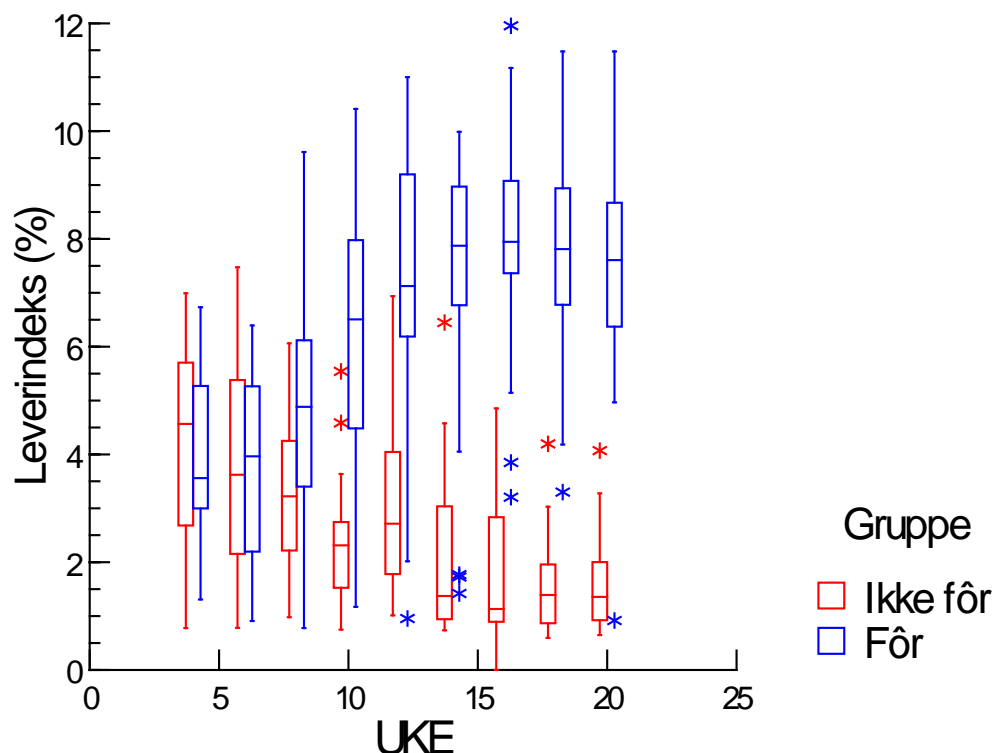
3.1.1 Leverindeks

Leveren er torskens viktigste energilager, og en torsk i godt hold kan ha en leverprosent på over 10, men det er vanlig at indeksen varierer med sesong. Fisken vi benyttet i dette forsøket forventes å ha relativt store energireserver, da det er fisk som normalt har hatt god tilgang på mat samtidig som den ikke blir kjønnsmoden. Dette var nok ikke tilfellet med fisken vi fikk inn, da den hadde en leverindeks på rundt fire % bare tre uker etter fangst. Dette har vi observert et par år nå; fisken har noe større gjennomsnittsvekt men den har mindre fettlager i leveren. De 6-8 første ukene etter fangst er leverindeksen relativt stabil i gruppen som ikke har tilgang til fôr (Figur 7). Fisken som har tilgang til fôr viser en noe klarere økende tendens etter uke seks. Fra vektkurvene vet vi at denne fisken har lagt på seg en del muskel allerede og at økningen i energilager er noe forsinket. Fett inneholder mye energi per vektenhet, mens muskel i tillegg binder opp vann. Dermed øker kroppsvekten med 5 gram for hvert gram muskel fisken bygger, mens vektøkningen per gram fett er 1:1. Etter uke 8 synes leverindeksen å falle mer markert hos fisken som ikke får mat, og flate ut på nivå rundt 1-15 % av kroppsvekten.

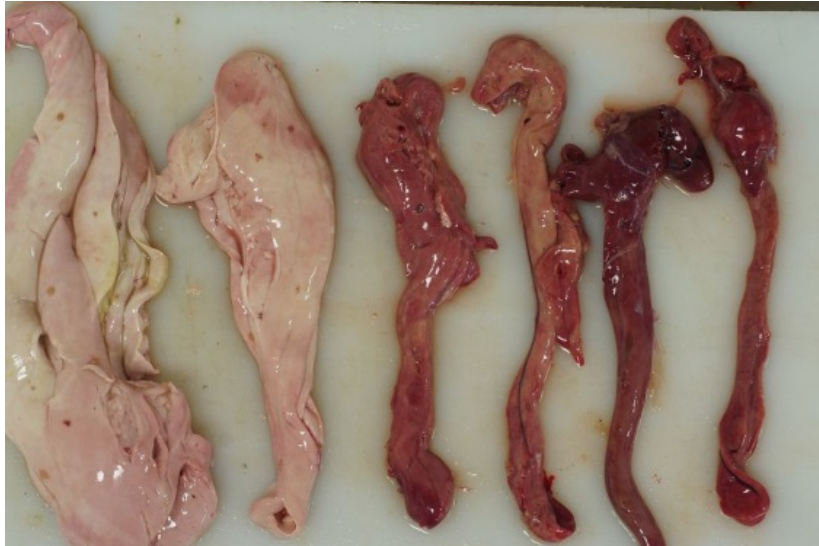
Levervekten er stabil på dette nivået fra uke 14, noe som tyder på at fettreservene i leveren er brukt opp, og det kun er funksjonelt levervev tilbake (Figur 8). Variasjonen i levervekt reduseres i denne perioden sannsynligvis som følge av at fisken som i utgangspunktet hadde størst fettlager i leveren bruker lengre tid på å bruke dette opp. Forholdet mellom kondisjonsfaktor, lagringstid uten mat og leverindeks kan beskrives med følgende modell ($F_{2,213}=74.616$; $P<0.001$):

$$\text{Log Leverindeks} = (-0.165 + (2.257 \times \text{Kondisjonsfaktor}) - (0.071 \times \text{uke})).$$

Fasen med raskest endring i leverindeks er mellom to og fire prosent ettersom det er størst forandring i denne perioden, med reduksjon nær 0.2 prosentenheter per uke. Har fisken en leverindeks på fire prosent vil det ta mellom fem og seks uker før den er på tre prosent. Dette er kun veiledende tall for denne perioden, og det er viktig å være klar over at dette er basert kun på datamateriale fra en enkelt fangst og type fisk.



Figur 7 Leverindeks hos villfanget torsk holdt i kar med ellet uten fôring. Leverindeks angir vektprosent lever av fiskevekt. Variasjonsmål angitt som 50 % kvartil og 95 % konfidensintervall.



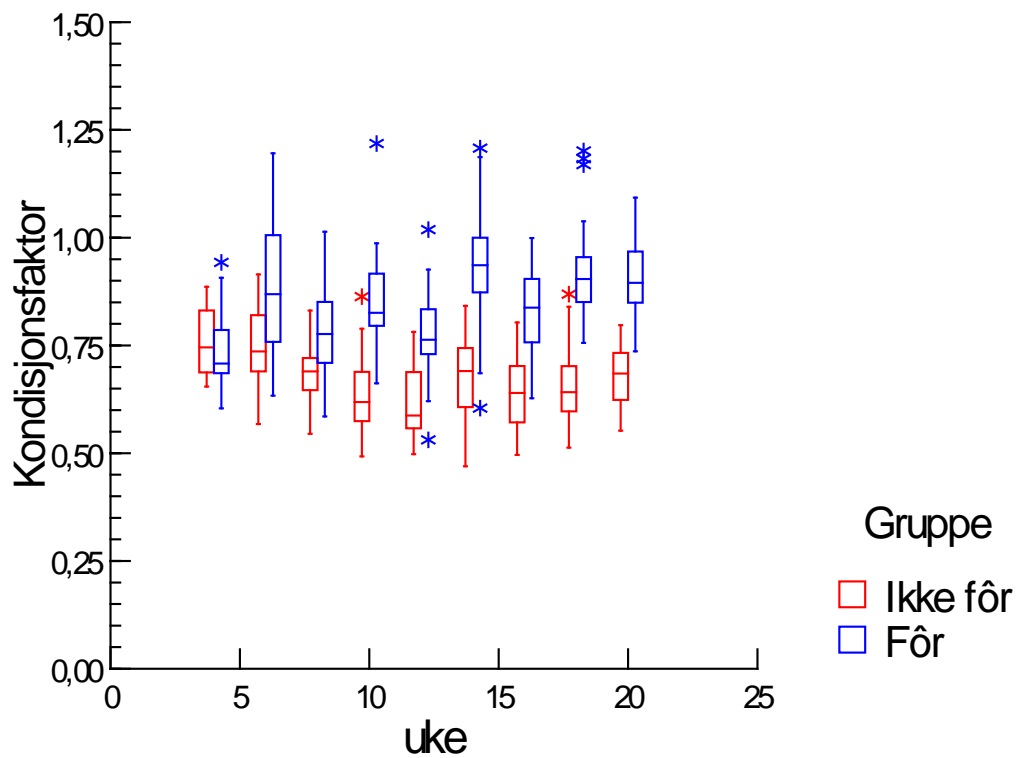
Figur 8 Eksempler på lever med ulik størrelse fra villfanget torsk. Leveren helt til venstre er fra en fisk som har fått fôr i noen uker og utgjorde anslagsvis 5-6 % av kroppsvekten. Leveren helt til høyre er fra en fisk som er sultet over flere uker til stabil vekt, der alle fettreserver er borte (leverindeks ca. 1 %). (foto: Christian Koren).

Kondisjonsfaktor er en annen måte å evaluere hvor godt hold enkeltfisk er i. Fordelen med kondisjonsfaktor sammenlignet med eksempelvis leverindeks er at man kan beregne denne bare med bakgrunn i fiskens lengde og vekt. Den kan dermed benyttes på levende fisk. Metoden er basert på at fiskens vekt endrer seg i forhold til lengde med et fast forhold (Fultons kondisjonsfaktor)

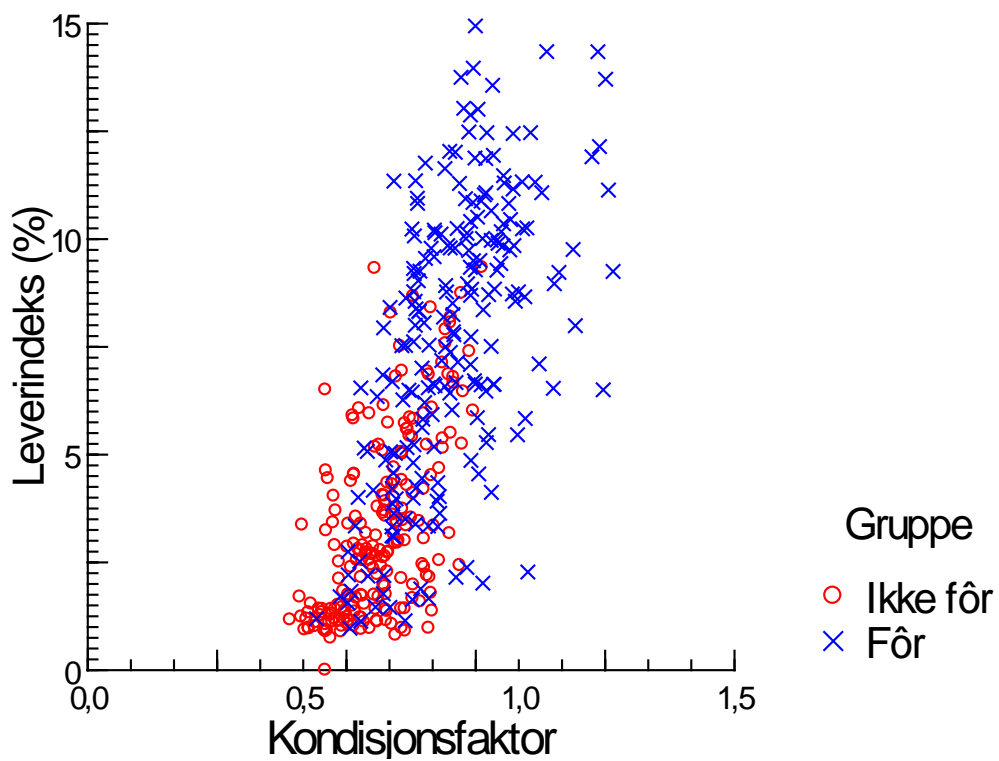
$$K = \text{Vekt} / \text{lengde}^3$$

Dersom vekten øker raskere vil kondisjonsfaktoren øke, mens dersom vekten øker saktere vil kondisjonsfaktoren reduseres. En feit fisk vil dermed ha høyere kondisjonsfaktor enn en mager fisk. Fisken i forsøket var relativt mager for årstiden, vi hadde forventet at den skulle ha spist betydelig mer fôr den ble fanget. Dermed var kondisjonsfaktoren i utgangspunktet på rundt 0.75. Figur 9 viser hvordan kondisjonsfaktoren utvikler seg gjennom forsøket hos fisken i begge gruppene. Fisk som har tilgang til mat viser tendens til økt kondisjonsfaktor allerede etter 2 uker.

Det er en signifikant sammenheng mellom kondisjonsfaktor og leverindeks hos torsken ($F_{1,417} = 147.5$; $P < 0.001$; $r^2 = 0.65$) (Figur 10). Det er i utgangspunktet ikke noen forskjell mellom gruppen som har fått mat med den som ikke har fått det (ikke forskjellig skjæringspunkt; $F_{1,417} = 1,421$; $P = 0.234$), men tar man hensyn til lagringstid er det en signifikant forskjell mellom gruppene ($F_{1,417} = 88.8$; $P = 0.004$). Fisken som har tilgang til fôr har en økende leverindeks over tid, men forholdet mellom kondisjonsfaktor og leverindeks endres ikke. I dette prosjektet er det fokus på effekter av sult over tid. Der vi på gruppen som holdes uten fôr isolert, så er det en fortsatt en signifikant sammenheng mellom kondisjonsfaktor og leverindeks ($F_{2,251} = 113.5$; $P < 0.001$; $r^2 = 0.48$), med fallende nivå på leverindeks over tid ($t = -7.88$; $P < 0.001$), men sammenhengen mellom kondisjonsfaktor og leverindeks endres ikke. Ser vi på forklaringsgraden er denne redusert til 0.48 (r^2), hvilket betyr at variasjonen i kondisjonsfaktor kun forklarer knappe 50 % av variasjonen i leverindeks. Det er med andre ord flere andre faktorer som spiller inn her, en av dem kan være reduksjonen i vekt tap utover i forsøksperioden som skyldes at muskel erstattes med vann. Individuer som har brukt opp alle sine fettreserver i leveren, kan likevel bremse nedgang i kondisjonsfaktor ved at muskel som forbrukes, erstattes med vann.



Figur 9 Kondisjonsfaktor hos villfanget torsk holdt i kar med ellet uten fôring. Variasjonsmål angitt som 50 % kvartil og 95 % konfidensintervall.



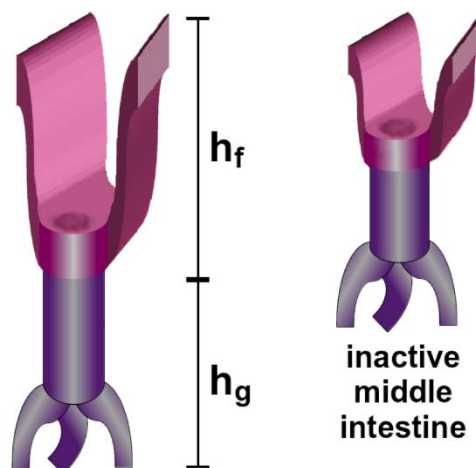
Figur 10 Sammenhengen mellom kondisjonsfaktor og leverindeks hos to grupper levendelagret torsk.

3.1.2 Histologiske undersøkelser

Tarm

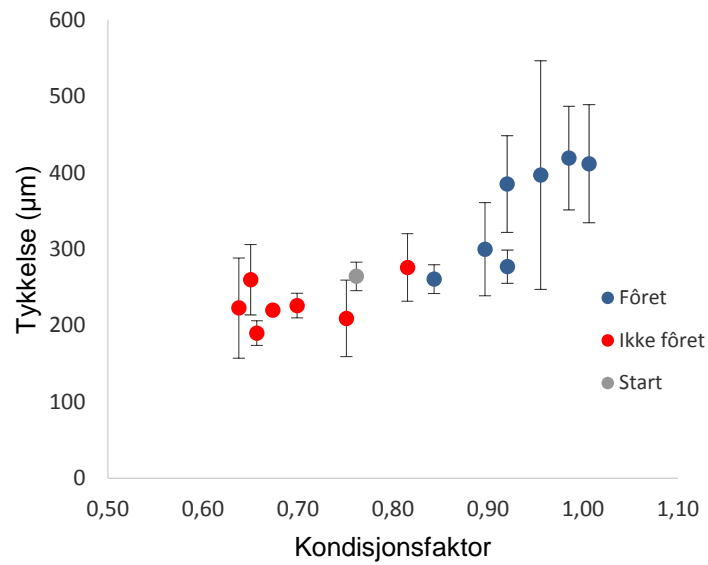
Tarmvevet kan være særlig aktivt og kreve mye energi. Fiskearter som har stor sesongvariasjon i tilgangen til mat sparer energi ved å redusere aktiviteten i fordøyelsessystemet i lengre perioder uten føde (Jobling, 1994). Trolig kan fisk uten tilgang på føde dessuten mobilisere næringsstoffer gjennom å redusere tarmslimhinnaes størrelse ved å øke avstøtingen av tarmepitelceller som så fordøyes (Abolfathi et al., 2012).

Torskefisk har en særegen oppbygging av tarmslimhinna med et kjertellag under den delen av slimhinna der næringsopptaket skjer (Wilson & Castro 2010). Arealet av slimhinneoverflaten er økt som følge av innbuktninger og folder. Kjertellaget har derimot ikke overflate mot tarmlumen. I bunnen av innbuktningene danner epitelet rørformede strukturer som en overgang mot epitelet i kjertlene. I prinsippsskissen i Figur 11 er overflatearealet mot tarmlumen tilnærmet proporsjonalt med tykkelsen h_f . Men i tillegg til innbuktningene finnes det også større folder i slimhinna som øker overflatearealet, spesielt i baktarmen. Dessuten har epitelceller mikrovilli (børstesøm) på den delen av celleoverflata som vender mot tarmlumen (vi undersøkte ikke ultrastruktur i denne studien). Det virkelige overflatearealet er derfor betydelig mer komplekst enn det Figur 11 viser.

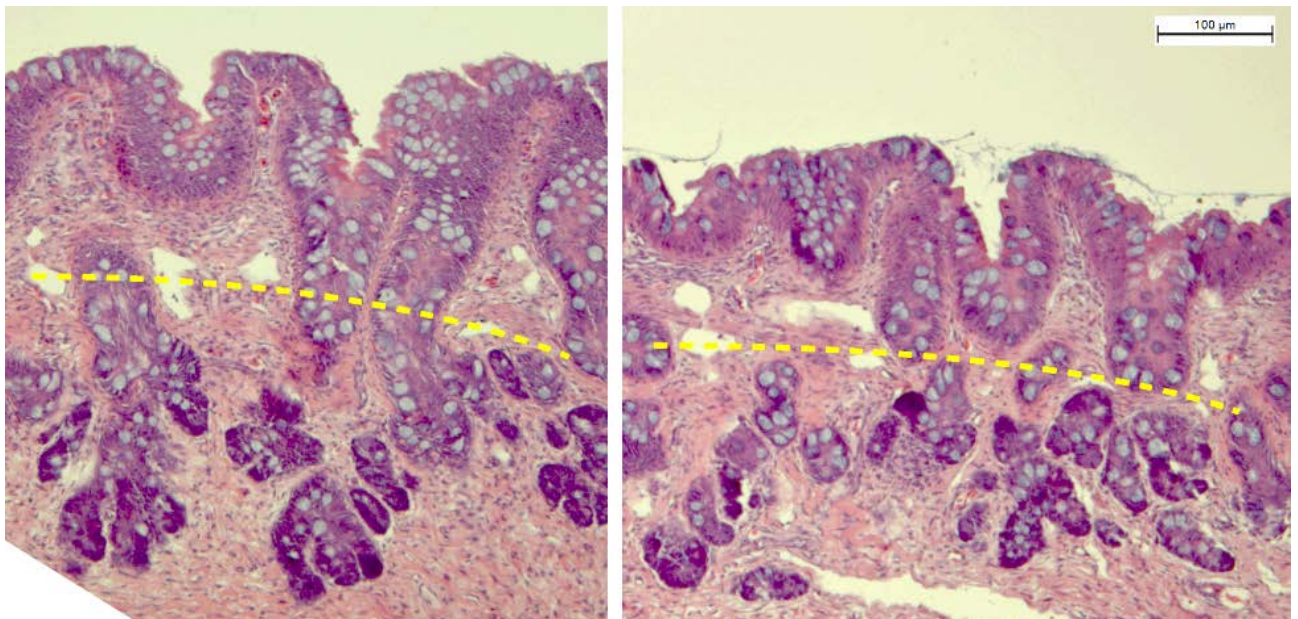


Figur 11 Prinsippsskisse som viser den tredimensjonale strukturen av tarmepitelet hos torsk. d = avstand mellom folder, h_f = tykkelsen av øvre lag, h_g = tykkelsen av kjertellag.

Det var betydelige forskjeller i kondisjonsfaktor mellom gruppene (Figur 9), og dette falt sammen med variasjon i tykkelsen av det øvre laget og dermed også overflatearealet der næringsopptaket skjer (Figur 12). Ved kondisjonsfaktor lavere enn 0.75 var tykkelsen omkring 220 μm og tilsynelatende uavhengig av forskjeller i kondisjonsfaktor (bunnplata). For kondisjonsfaktor 0.75-0.85 var tykkelsen rundt 270 μm , for så å øke mot 440 μm for fisk med høyt fôrøpptak og kondisjonsfaktor opp mot 1. De histologiske snittene fra midttarm viste typiske forskjeller i slimhinna hos torsk lagret med og uten tilgang til fôr (Figur 13). Vi fant størst tykkelse av det øvre laget i første del av fôringsperioden. Dette kan skyldes økt aktivitet og celleantall (hyperplasi) i tarmslimhinna som en tilpasning til kompensasjonsvekst etter den foregående sultperioden (fra fangst til fôringen startet). Liknende variasjoner er også påvist hos andre fiskearter (Abolfathi et al., 2012).



Figur 12 Tykkelsen av det øvre laget i midttarmens slimhinne i forhold til kondisjonsfaktor hos villfanget torsk lagret med eller uten tilgang til fôr. Merk: startpunktet er 3 uker etter fangst.



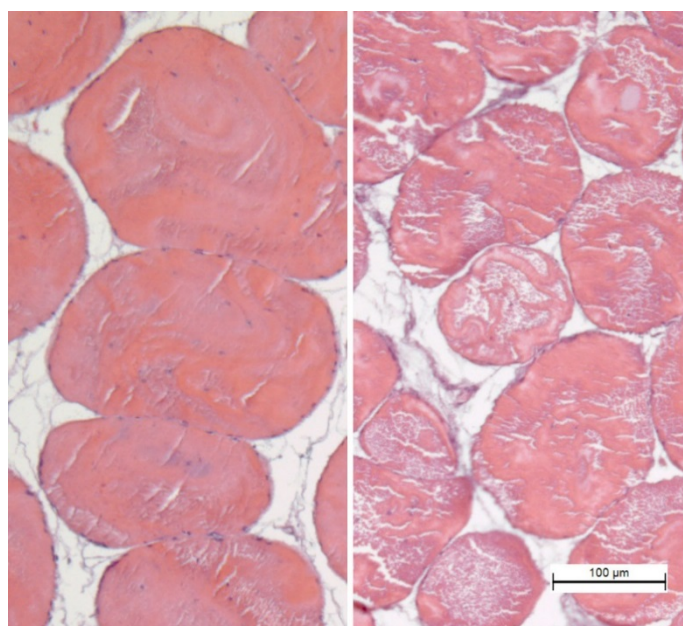
Figur 13 Histologiske snitt av slimhinne i midttarm fra fôret (venstre) og ikke fôret (høyre) torsk 18 uker etter fangst. Den stiplede linja angir skillet mellom øvre lag og kjertellaget slik det omtrentlig kan påvises ved hjelp av lymfekarene som ligger nettopp i denne delen av slimhinna (lymfekarene vises som hull i vevet). (Foto: Gunhild S. Johansson).

Muskel

Fisk som ikke spiser vil gradvis bruke opp fettene som er lagret i leveren. Etter hvert må fisken hente energi fra andre vev, i første rekke hvit muskel, mens rød muskel i større grad vil bevares (Black og Love 1986). Prioriteringen av rød muskel forklares med at denne er aktiv hele tiden og nødvendig for de mindre svømmebevegelsene som holder fisken i posisjon i vannet, mens hvit muskel brukes særlig i korte perioder med rask svømming og flukt.

Ut fra dette forventet vi at fisk med lav leverindeks ville ha mest nedbrutte muskelceller og at de største forandringene ville være i hvit muskel. Vi undersøkte prøver av muskelceller preparert som histologiske snitt (tverrsnitt av muskelfibrene). Denne metoden skilte ikke klart mellom forandringer i muskelcellene som følge av at celleinnholdet (sarkoplasma) brytes ned for å skaffe energi og forandringer med andre årsaker, f.eks. skader av klem, slag og stress ved fangst og håndtering. Snittene er dessuten stikkprøver fra en svært liten del av muskelmassen.

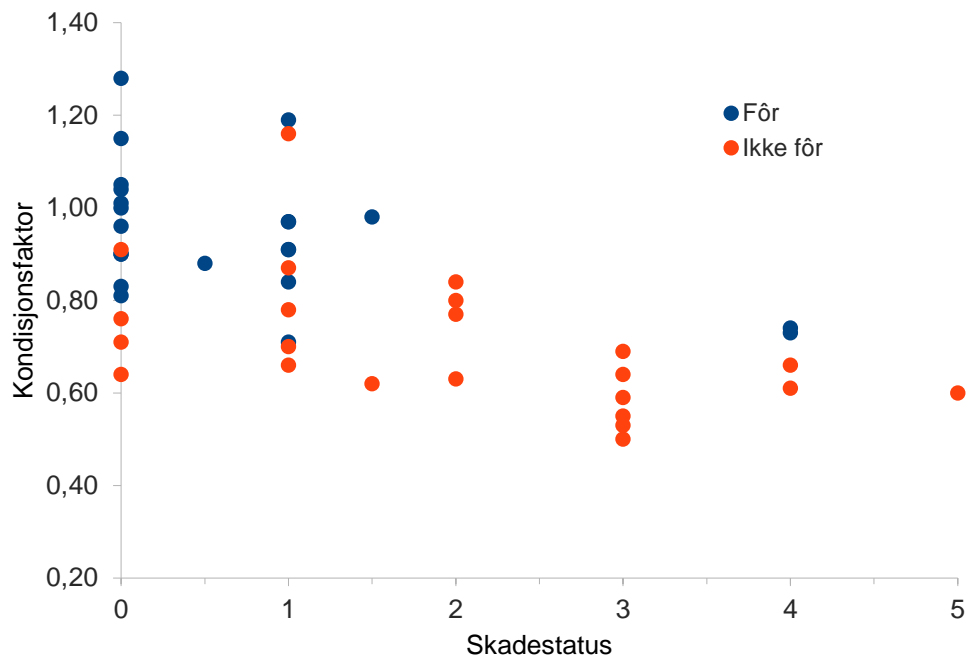
Forandringene i muskelcellene ble vurdert og gitt score 0 for ikke sikkert påvist forandringer, deretter gradert 1-3 der henholdsvis mindre deler, større deler eller det meste av celleinnholdet var fragmentert (Figur 14) (0.5-2 for rød muskulatur som har mye mindre celletverrsnitt og generelt viste mindre uttalte forandringer). Vi målte også andelen av cellenes tverrsnittareal som viste fragmentering av celleinnholdet. Dette ble sammenholdt med kondisjonsfaktor, som i store trekk samvarierer med leverindeks (Figur 10).



Figur 14 Eksempler på histologisk snitt av muskel. Hvit muskel med score 1 til venstre og score 2 til høyre (Foto: Gunhild S. Johansson).

Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor for fisk med score 0 i hvit muskel var 0.90 (n=32, derav fôret 16 og ikke fôret 13) mot 0.73 for fisk med påviste muskelcellforandringer (score ≥ 1 , n=37, derav fôret 9 og ikke fôret 21). Tilsvarende verdier for rød muskel var 0.86 (n=44, derav fôret 26 og ikke fôret 14) mot 0.76 (score ≥ 0.5 , n=35, derav fôret 9 og ikke fôret 20). Dette gjelder prøver tatt ut under hele forsøket og tendensene er som forventet, men ikke svært uttalte. Forskjellene mellom fôret og ikke fôret gruppe

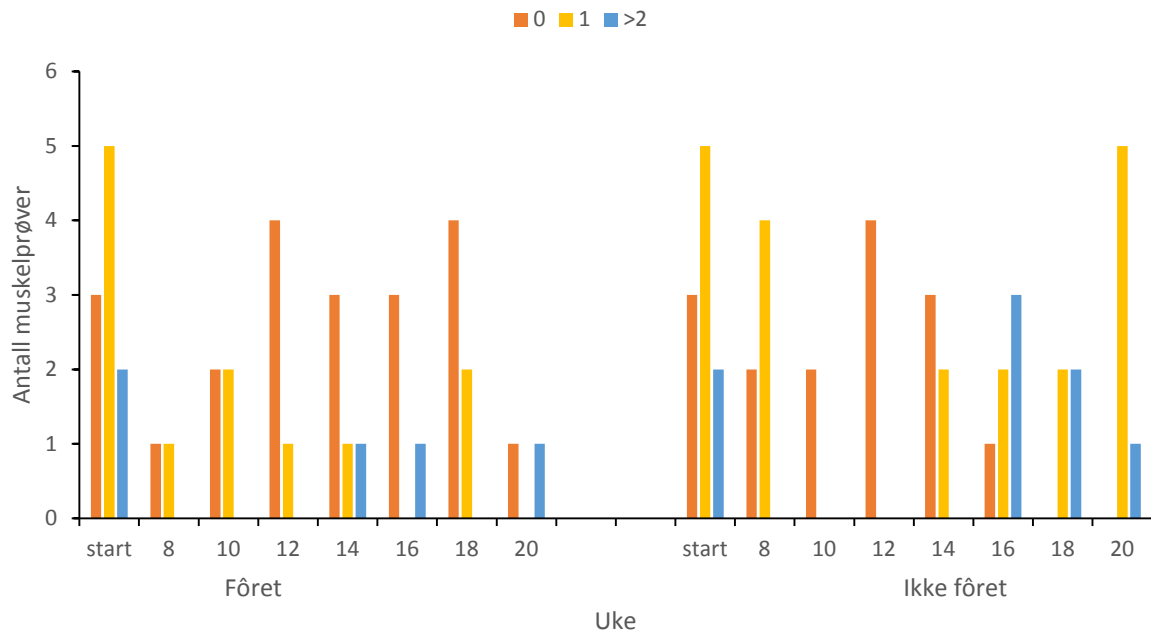
var størst mot slutten av forsøket. Figur 15 viser sammenhengen mellom kondisjonsfaktor og summert score for hvit og rød muskel i uke 14 - 20. For kondisjonsfaktor ≥ 0.9 er det ingen fisk med betydelige muskelskader (maks summert score 1). En enkel trendlinje for den ikke fôrede gruppen indikerer at skadestatus på 1 vil svare en kondisjonsfaktor på mellom 0.7-0.8. Dette tilsvarer en leverindeks på 3 til 4 %.



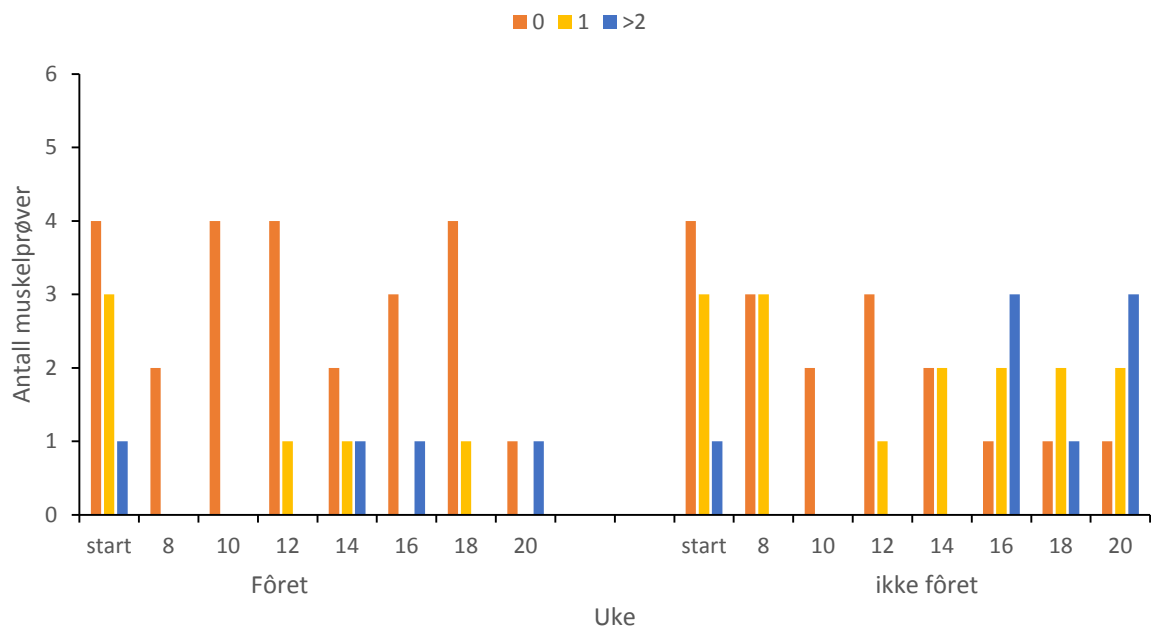
Figur 15 Samlet skadestatus (rød og hvit muskel) korrelert til diskens kondisjonsfaktor for uttakene i uke 14 – 20. Dette er perioden med størst endring i muskelcellene.

Graden av muskelforandringene (score 1-3) forklares bare for en liten del av kondisjonsfaktor og dette gir grunn til å tro at andre ikke klarlagte faktorer spiller en betydelig rolle (Figur 15). Det var en helt tilsvarende svak sammenheng mellom kondisjonsfaktor og muskelforandringene målt som fragmentert areal. Når vi samtidig bare hadde snitt fra inntil 6 fisk pr. gruppe pr. uttak svekker dette muligheten for å bruke muskelsnittene i en tidsstudie.

Figur 16 og Figur 17 viser hvordan graden av muskelforandringer endret seg gjennom forsøksperioden. Mot slutten av lagringsforsøket, fra uke 14, er det en økning i andel alvorlige muskelskader i gruppen som ikke ble tilbudt fôr. Dette kan delvis skyldes bruk av muskel som energikilde. Vi kan ikke påvise noen forskyving i tid mellom mobilisering av rød og hvit muskel. Vi ser også en liknende tendens, men svakere, i muskelprøvene fra fisken som fikk fôr. Vi kan ikke forklare dette. Skjevheter i utvalg av prøver eller forhold under oppstalling av fisken i kar er mulige teorier. En tilsynelatende reduksjon av alvorlige muskelskader i første del av forsøket (til uke 12) er tilsvarende vanskelig å tolke. Vi utelukker ikke at heling etter fangst- og håndteringsskader kan ha bidratt.



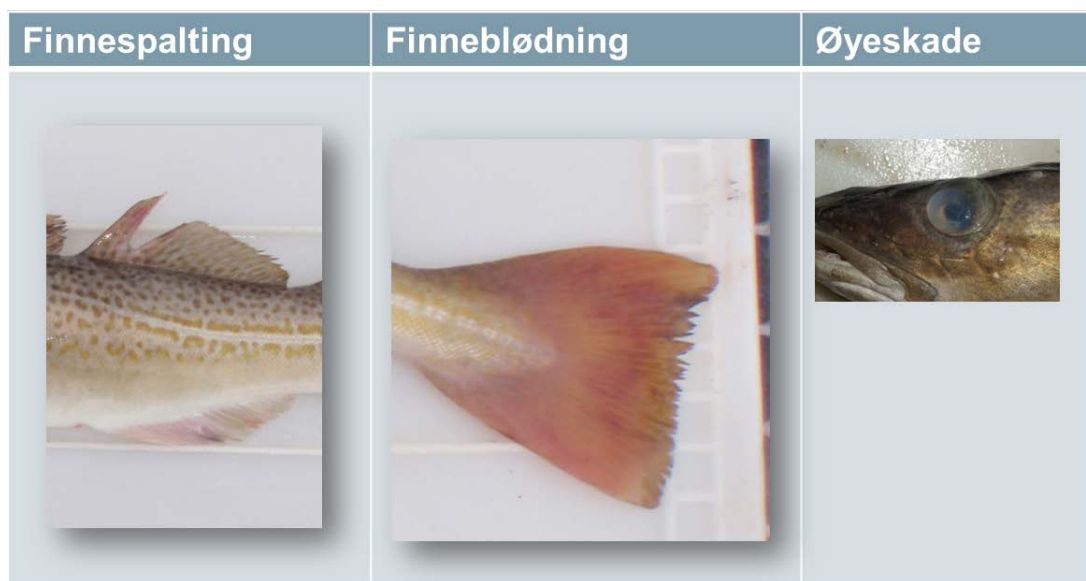
Figur 16 Antall muskelsnitt av hvit muskel hos villfanget torsk med ulike score for forandringer i sarcoplasma (muskelnedbryting). Fisk som ble tilbudt fôr til venstre og sultet fisk til høyre.



Figur 17 Antall muskelsnitt fra rød muskel hos villfanget torsk med ulike score for forandringer i sarcoplasma (muskelnedbryting). Fisk som ble tilbudt fôr til venstre og sultet fisk til høyre.

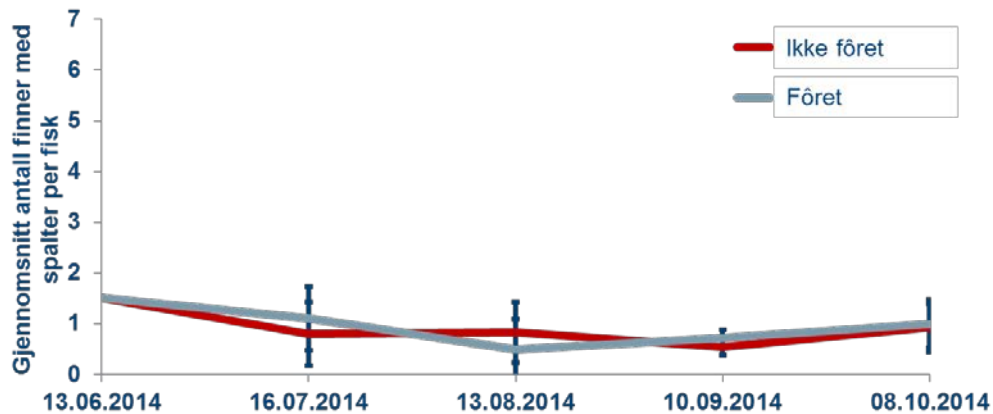
3.1.3 Operative velferdsindikatorer

Med operative velferdsindikatorer mener vi metoder for å evaluere fiskens velferd uten at den avlives og fortrinnsvis ute på anlegg. Finneskader brukes som praktisk velferdsindikator både innen akvakultur og fiskeri (Noble et al., 2012). Økt antall finneskader kan være en indikasjon på aggresjon, konkurranse om fôr, redusert vannkvalitet, men også håndtering. Det er kjent at frekvensen av finneskader øker hos oppdrettstorsk dersom den underfôres (Hatlen et al., 2006), og det er også benyttet som velferdsindikator i fiskeri og fangstbasert akvakultur ved sammenligning av ulike fangstredskaper og bruken av disse (Humborstad et al., 2013). I dette forsøket registrerte vi derfor finnespalting, finneslitasje og blødninger på alle finner med unntak av bukfinner. I tillegg ble eventuelle øyeskader, skade på munn og hud registrert (Figur 18). Disse registreringene ble gjennomført på all fisk fra begge grupper når den ble merket og når den ble tatt ut ved prøvetaking/avslutning.

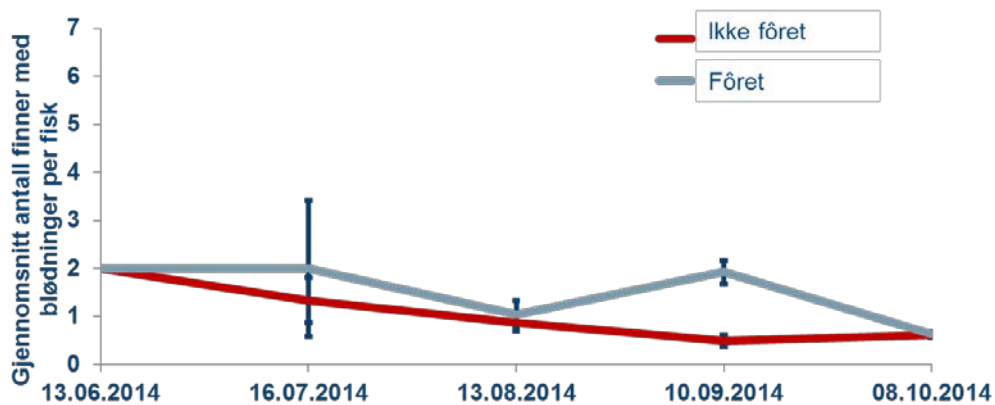


Figur 18 Eksempler på ytre velferdsparametere som ble registrert på fisken gjennom forsøket. Til venstre en spaltet ryggfinne, i midten blodutredelser på spord, til høyre øyeskade som følge av gassutfelling. (Foto: Chris Noble).

Mindre enn 5 % av fisken hadde noen form for øyeskade, og det var ingen forskjell mellom gruppene. Det var nærmest ingen finneslitasje på fisken gjennom forsøket, og resultatene viser at færre enn to finner per fisk hadde spalter (Figur 19). Det var ingen forskjell mellom gruppene.

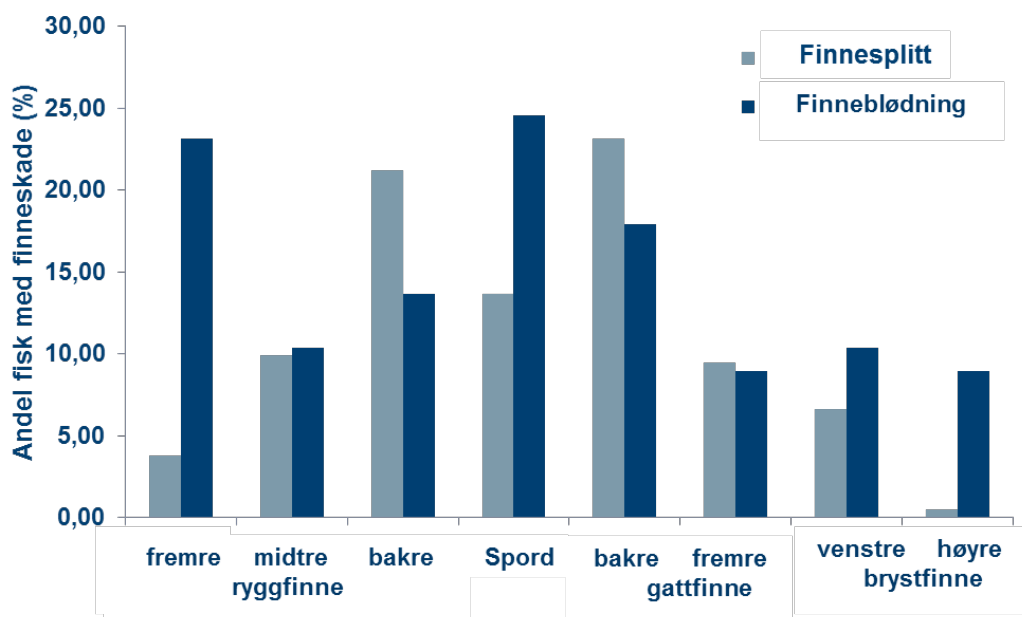


Figur 19 Andel villfanget torsk med finnespalting i et forsøk der en gruppe fikk tilbud om mat, mens den andre ikke fikk mat over en periode på totalt 20 uker. Variasjon angitt som standard avvik fra gjennomsnitt.



Figur 20 Andel villfanget torsk med finneblødning i et forsøk der en gruppe fikk tilbud om mat, mens den andre ikke fikk mat over en periode på totalt 20 uker. Variasjon angitt som standard avvik fra gjennomsnitt.

Som for spalting var det også færre enn to finner per fisk med blødning. Her var det tendens til forhøyet nivå hos fisk som fikk fôr, men det var ingen forskjell ved forsøkslutt. Tilgang til mat, spesielt om den er begrenset, kan føre til økt aggresjon (Hatlen et al., 2006). Fisken fikk ikke begrensede rasjoner i dette forsøket, men tilgang til mat kan bidra til å forklare tendensene vi ser her. Selv uten endringer i aggresjon kan slike tilstander kanskje skyldes økt generell aktivitet hos fisk i fangenskap.



Figur 21 Andel med finneskade hos villfanget torsk holdt levende i kar over en periode på 20 uker. Det var ikke forskjell mellom gruppene, og resultatene er slått sammen.

For skadetype finnesplitt var bakre ryggfinne og spord mest utsatt, mens finneblødninger opptrådte oftest på fremre ryggfinne og spord (Figur 21). De samlede resultatene viser at færre enn 25 % av fisken hadde noen form for finneskade, og de skadene som opptrådte var moderate.

Resultatene fra bruk av ytre skade og slitasje på finner, øyne og hud viser at frekvens og omfang av skader var moderate. Det var ingen klar effekt av sulting, og finne-, øye- eller hudskade synes derfor ikke være noen god indikator for hvordan sult påvirker velferd hos villfanget torsk i perioder inntil 20 uker.

Kvalitet

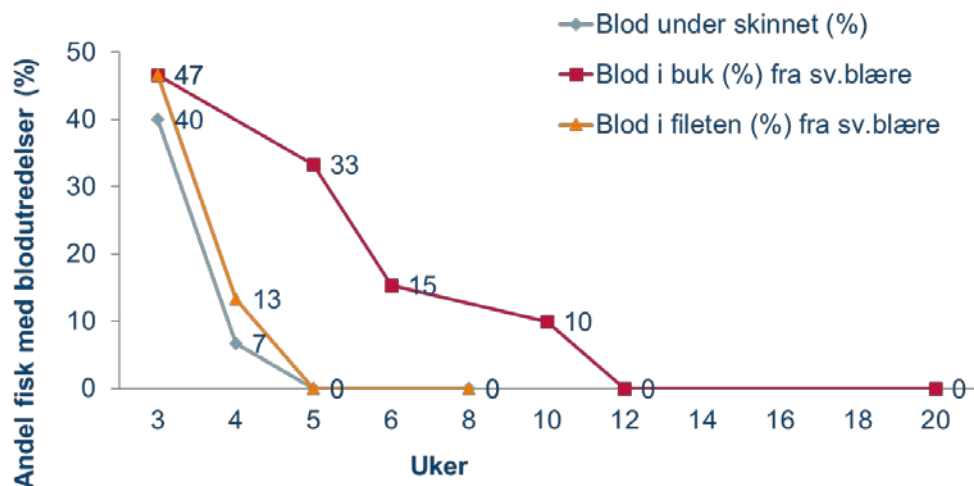
Gjennom forsøket dokumenterte vi kvalitetsendringer ved torsken, spesielt med tanke på blodflekker/blødning og filetkvalitet. Filetkvaliteten ble evaluert etter metode beskrevet av Akse et al. (1997). Dette er en indekseringsmetode der ulike kvalitetsaspekter gis en score fra 1-9, hvorefter de ulike kriteriene sammenstilles i en enkelt indeks verdi. En lav verdi indikerer god kvalitet. Fisken som ble tatt ut underveis i forsøket ble lagret på is i en uke før den ble filetert og gikk gjennom en QIM-evaluering. All fisk ble evaluert av tre ulike dommere.

Blødninger i buk og blodflekker i muskel er relativt vanlig etter fangst. Fisken her er evaluert etter 3 uker, slik at vi ikke har oversikt over hvordan frekvensen av blødning og skade var like etter fangst. Vi har fokusert på tre typer blødninger; blod under skinnen, blod i buk og blod i filéten. Blødninger under skinnen oppstår vanligvis under fangst og håndtering og er en følge av slag- eller klemskade. Blødning i bukhule og i filét oppstår gjerne når svømmeblæren punkterer. Eksempler på slike skader er vist i Figur 22. Blødning under skinn og i filét kan være vanskelig å oppdage før pakking, og kan som følge av det være en vanlig årsak til reklamasjoner fra kunder. Ettersom fisken lagres levende vil fisken selv redusere omfanget og til slutt fjerne blodrestene etter slike skader. Det er derfor en fordel å holde fisken i live slik at disse blodrestene blir borte. Resultatene våre viser at 3 uker etter fangst hadde mellom 40 og 50% av fisken fortsatt disse lytene. Blod under skinn og blod i filét var imidlertid borte

etter 5 ukers lagring. Blodet i buken brukte fisken lengre tid på å bli kvitt, og først etter 12 ukers levendelagring var andelen av fisk med blod i buken redusert til 0 (Figur 23). For denne fangsten var det dermed en kvalitetsmessig fordel å lagre fisken levende i minimum 5 uker etter fangst. Blodet i buken tok lengre tid for fisken å fjerne, sannsynligvis fordi det ikke ligger i vev med blodsirkulasjon og dermed har fisken redusert mulighet til å fjerne det. For industrien er imidlertid dette blodet et mindre problem ettersom det kan vaskes bort.

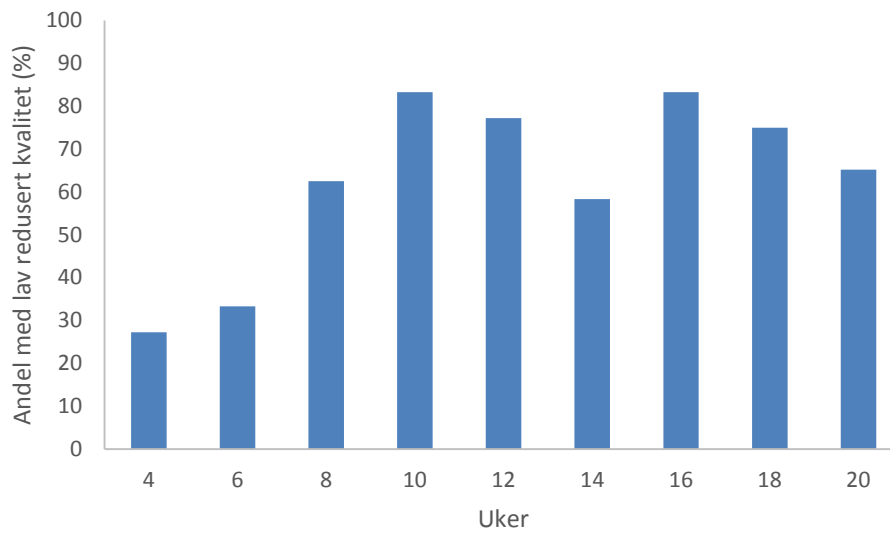


Figur 22 Eksempler på blødninger i buken hos snurrevadfanget torsk. De to øverste bildene viser blod i bukhole etter punktering av svømmeblære. Det nederste bildet viser hvordan blodet kan lekke innover i fileten; i verste fall er det blod tvers gjennom tykkfisken.



Figur 23 Andel villfanget torsk med restblod under skinn, i buk og i filét etter levendelagring inntil 20 uker.

Ettersom levendelagring uten tilgang til fôr over tid vil føre til at fisken bryter ned egen muskulatur, som jo i hovedsak er filéten, vil dette på et tidspunkt måtte redusere råvarekvaliteten og begrense potensielle bruksområder. For torsk bør kondisjonsfaktoren for sløyd fisk være over 0.65 for at den skal egne seg til filét produksjon. Som det fremgår av Figur 24 blir denne andelen relativt høy allerede mellom 6 og 8 uker ut i lagringen. Dersom man velger å lagre denne fisken i 12 uker uten fôr vil andelen med redusert kvalitet være rundt 80 %. Her er det viktig å presisere at disse resultatene har fremkommet etter lagring av en fisk som i utgangspunktet hadde moderat lever. Det er rimelig å anta at kvaliteten vil kunne opprettholdes betydelig lengre dersom man tar utgangspunkt i fisk som har større energilagre.



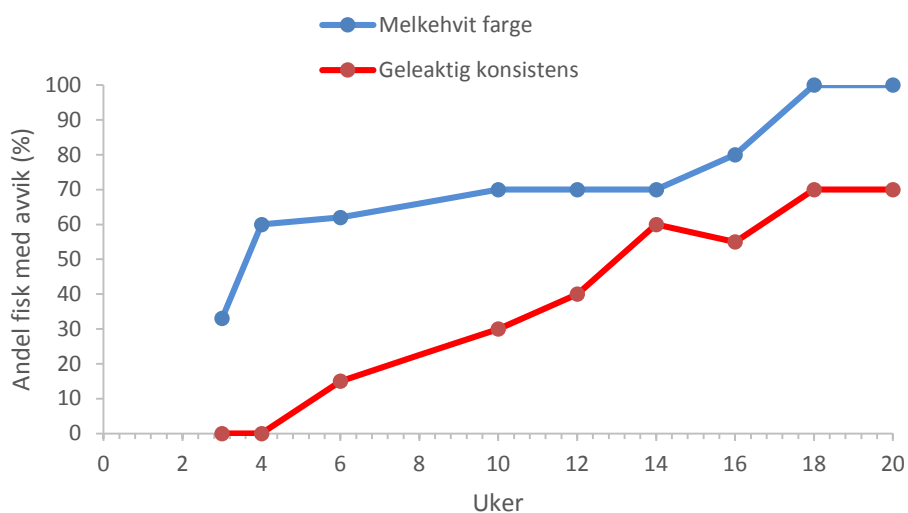
Figur 24 Andel villfanget torsk levendelagret uten fôring som har kondisjonsfaktor under 0.65, og dermed er for mager for filétproduksjon.

I tillegg til redusert kondisjonsfaktor utviklet den sultede fisken etter hvert også avvikende farge (Figur 25) og konsistens. Filétfarge ble evaluert undervegs (tre kategorier) og andel fisk med høyeste score, som tilsier tydelig avvikende farge, økte fra rundt 30 % etter 3 uker til 100 % etter 18 uker sult (Figur 26). Fisk som hadde tilgang til fôr gjennom forsøket viste ingen slik endring.



Figur 25 Eksempel på avvikende filétfarge hos villfanget torsk som har vært levendelagret i 20 uker. Fisken til venstre hadde ikke tilgang til fôr i forsøket, mens fisken til høyre ble fôret med hel lodde (Foto: Torbjørn Tobiassen).

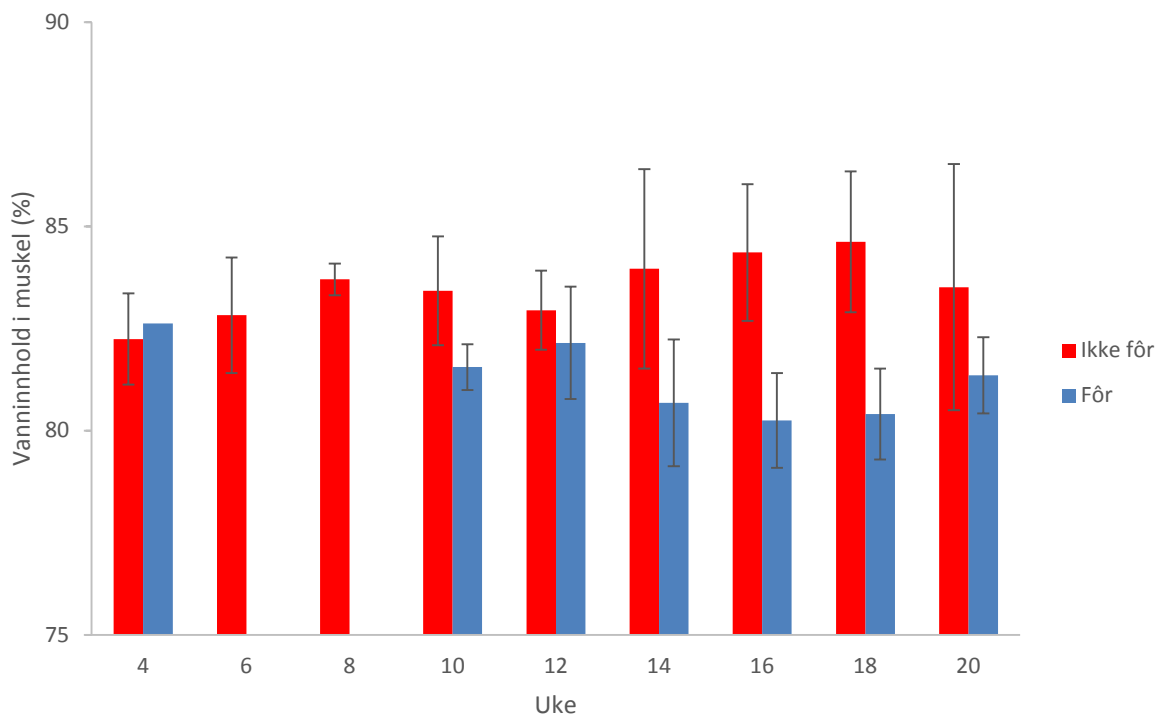
Konsistens på filéte ble kategorisert ved hvert enkelt uttak. Filéten hos fisk som sultet endret gradvis konsistens, og ender til slutt opp med hva som best kan beskrives som geléaktig konsistens. Figur 26 viser hvordan andelen fisk med avvikende konsistens øker gjennom forsøket, fra 0 etter 4 uker til 70 % etter 18 uker uten mat. Endringen skjer gradvis frem til rundt uke 14, hvoretter nivået er relativt stabilt mellom 60 og 70 %.



Figur 26 Andel villfanget torsk levendelagret uten fôring som har avvikende farge og konsistens.

Endringene i filétkvalitet utover i forsøksperioden kan sannsynligvis knyttes til nedbryting av muskel etter hvert som fettlagrene går tomme. De histologiske undersøkelsene (referanse til resultater på histologi av muskel) av muskelvevet viser at det skjer en gradvis nedbryting av muskulaturen der proteinet som forbrukes i stor grad erstattes med vann (Figur 27). Fisk som har tilgang til mat bygger

opp muskel gjennom forsøket, mens fisk som sultes viser en redusert proteinkonsentrasjon med dertil økning i vanninnhold.



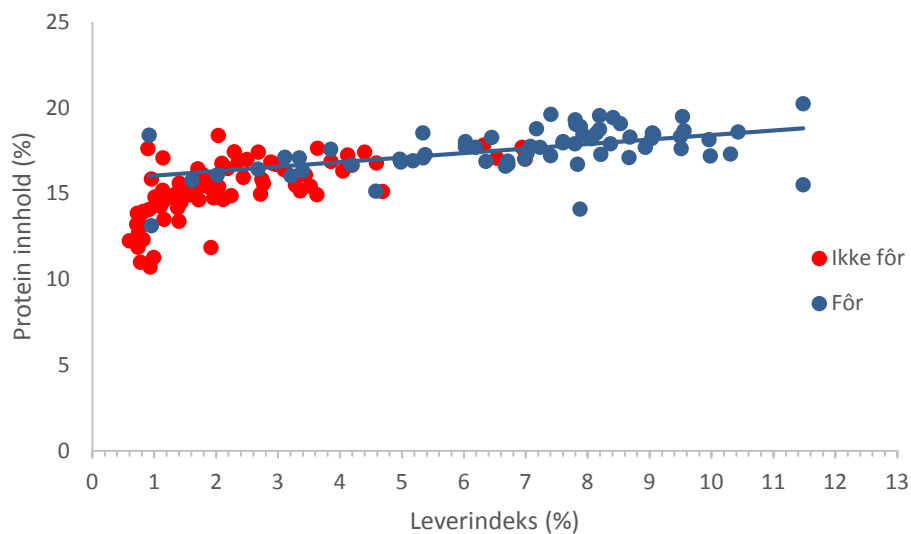
Figur 27 Vanninnhold i muskel målt i prosent hos villfanget torsk levendelagret i kar over en periode på 20 uker.

Ettersom fettinnholdet er svært lavt i torskemuskelen kan man i slike sammenhenger se bort fra dette. Askeinnholdet kan variere noe, men er likevel relativt stabil; av alle 161 analysene gjennomført her var gjennomsnittlig askenivå i filéten 1.11 % av våtvekt, med et standard avvik fra gjennomsnitt på 0.09. Endringene i sammensetning av fiskefiléene, som vises gjennom forsøket, skyldes derfor i all hovedsak nedbryting av proteiner som igjen erstattes av vann. Nedbryting av protein forventes å tilta når fettreservene i leveren er borte. Det er god sammenheng mellom størrelse på lever (leverindeks), som er det viktigste fettlageret hos torsk, og proteininnhold i fiskemuskelen (Figur 28). Proteininnholdet er nær uavhengig av leverstørrelse hos gruppen som har tilgang til fôr. Det er riktignok en statistisk signifikant sammenheng, men en endring i leverindeks forklarer ikke mer enn 20% av endringen i proteininnhold. Fra gruppen som ikke har fått mat er endringen i proteininnhold nær identisk som kontrollgruppen helt ned til en leverindeks på rundt tre, men de store forandringene i proteininnhold kommer ikke før leverindeksen har flatet ut på rundt 1 % og fettlageret er borte. Forløpet i denne figuren tar ikke hensyn til tiden fisken har vært i forsøk (og dermed sultet for den ene gruppen). Det er en statistisk sammenheng mellom proteinkonsentrasjon, leverindeks og lagringstid, og denne er noe forskjellig for fisk som får mat sammenlignet med fisk som ikke får mat:

Fôr: $\text{Prot} = 13,954 + 0,439a + 0,72b$

Ikke fôr: $\text{Prot} = 16,027 - 0,005a - 0,186b + (0,061a)b$

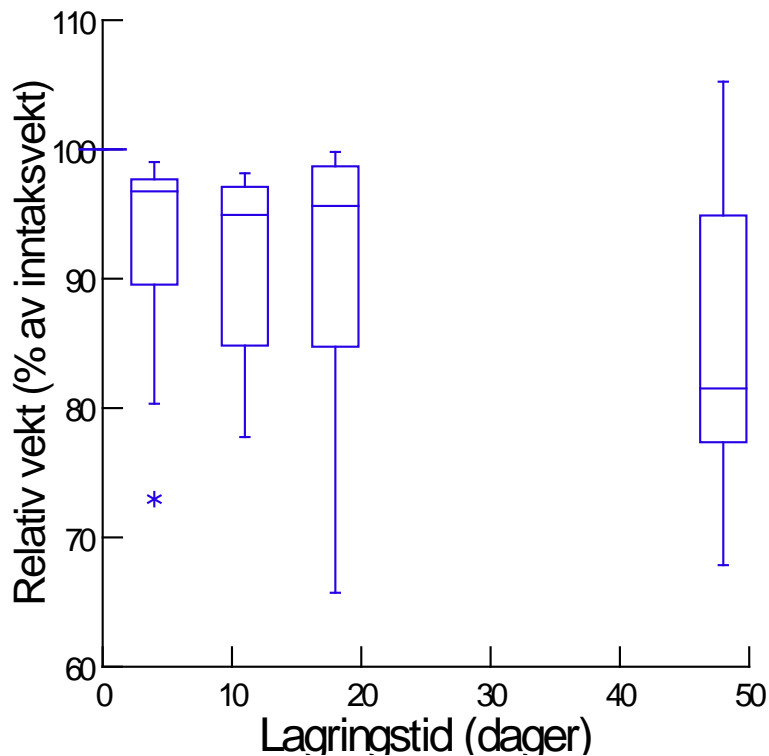
Der a er HSI og b er antall uker. Disse ligningene er utledet av en samlet statistisk modell der variasjonen i HSI, uke og gruppetilhørighet beskriver 63 % av variasjonen i proteininnhold ($r^2 = 0.630$).



Figur 28 Sammenhengen mellom leverindeks og proteinkonsentrasjon i muskel hos villfanget torsk som har vært lagret med eller uten tilgang til fôr.

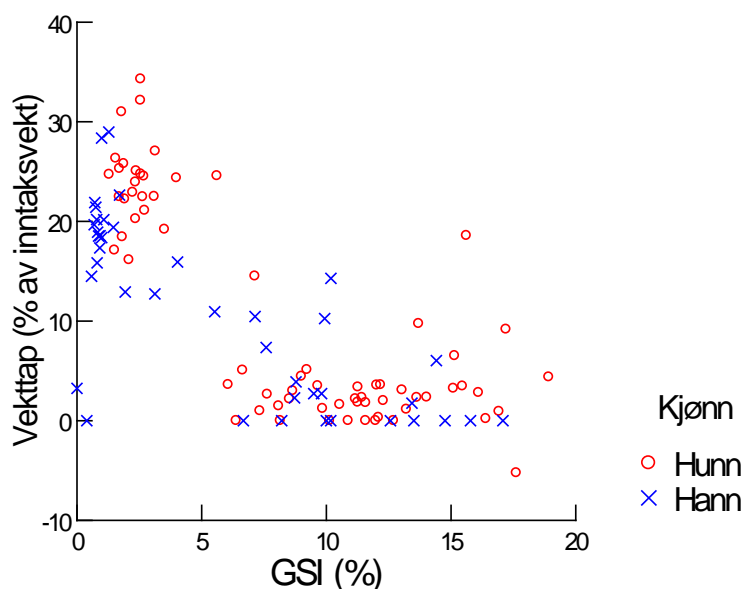
3.2 Kvalitet og vekttap hos korttidslagret torsk

Det var stor variasjon i vekttap hos fisken som inngikk i forsøket. Dette skyldes nok i hovedsak kjønnsmodningen, og at fisken gyttte til ulike tidspunkt gjennom forsøket. Allerede en uke etter merking hadde enkeltindivider tapt mye vekt, ettersom spredningen strekker seg ned mot 80 %. Denne trenden fortsetter utover i forsøket, men medianvekten holder seg relativt stabil og faller lite (ca. 4-5 %) de første ukene etter fangst (Figur 29). Vanlig praksis i næringen er å omsette denne fisken i løpet av denne perioden, eventuelt å kjøpe den etter gyting, for å unngå dette tapet. Etter 48 dagers lagring, som strekker seg langt inn i gyteperioden for denne fisken, er vekttapet rundt 20 %, men enkelte har tapt mer enn 30 % av vekten. Mye av dette er mindre gonade, og tapet skyldes at fisken har gytt. Imidlertid ser vi at noen henger igjen og taper lite vekt. Dette er sannsynligvis fisk som ikke har gytt ennå, ettersom det kun er noen få individer som har lav GSI ved slakt og som ikke har tapt mye vekt (Figur 30). Resultatene er i tråd med tidligere observasjoner som har vist tilsvarende vekttap på rundt fire % per måned, med mindre det er snakk om kjønnsmoden fisk der tapet hos enkeltindivider kan være så høyt som 20 % allerede etter en uke. For denne fiskegruppen må man forvente et vekttap på rundt 20 % dersom den lagres levende til etter gyting. Fettlagrene hos fisken, målt som leverindeks, var noe lavere hos hanfisken sammenlignet med hunfisken ved starten av lagringen (medianverdier på hhv. 4.3 og 5.8; Figur 31). I uttakene mellom dag 4 og 18 varierte nivåene noe, spesielt hos hunfisken, men dette syntes å ha mer med utvalgene av fisk å gjøre. Ved avslutningen av forsøket hadde nivåene nærmet seg hverandre, da begge kjønn lå på rundt fire prosent, men med betydelig spredning. Enkelte individer var helt nede på nivåer der man må forvente at alle fettreservene er brukt opp fra leveren (en prosent, se Forsøk 1 Velferd og kvalitet hos villfanget torsk under lagring med og uten tilgang til fôr).

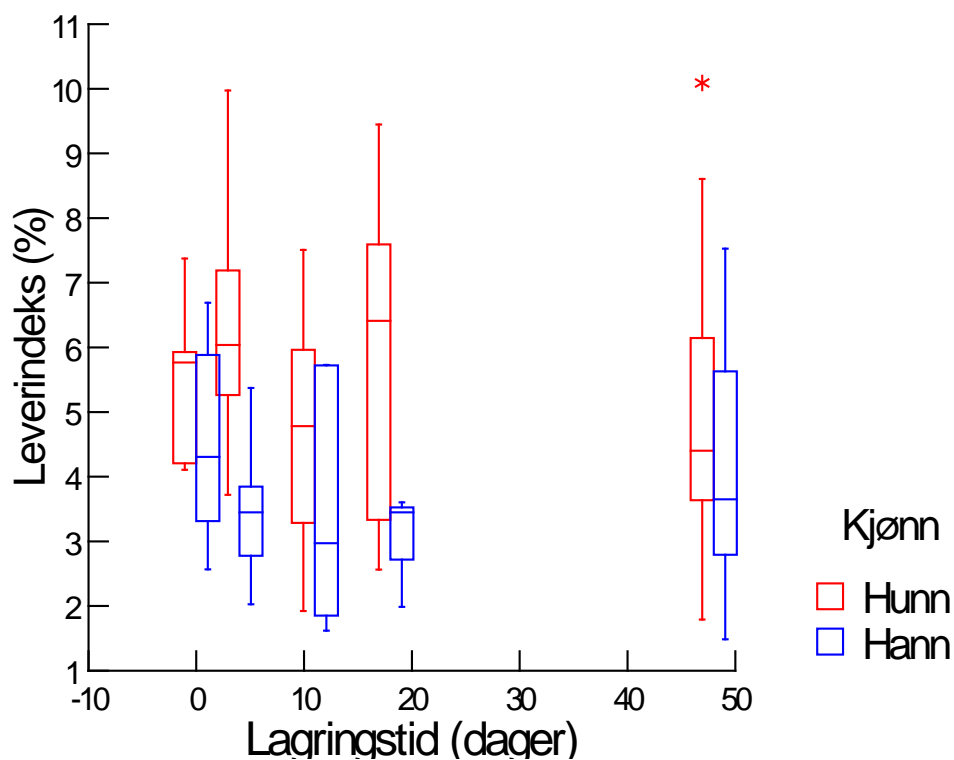


Figur 29 Vekttap hos villfanget torsk som er levendelagret uten fôring over en periode på 48 dager. Dette er fisk fanget i Vesterålen på et tidspunkt man vanligvis får torsk på gytevandring. Grafen viser medianverdi, med 50 % av alle individene innenfor boksen. De vertikale strekene viser 95 % konfidensintervall.

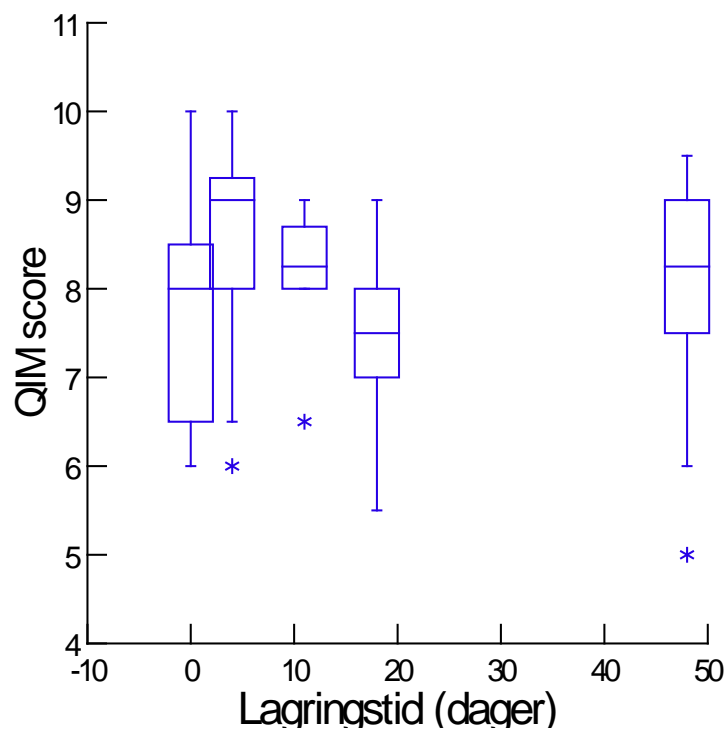
Kvaliteten på fisken, målt med QIM metoden, varierte en del gjennom lagringsperioden, men med medianverdien relativt stabil mellom score på 8 og 9 (Figur 32). Denne verdien er summen av flere ulike kvalitetskriterier, og en samlet score på rundt 8 indikerer en generell bra kvalitet. Det var heller ingen spesifikke kriterier som skilte seg ut i negativ retning. Det er dermed lite om tyder på at levendelagringen har hatt negativ effekt på fiskens kvalitet målt etter QIM metoden.



Figur 30 Forhold mellom gonadevekt (GSI) og vekttap hos levendelagret torsk, sortert på hun- og hanfisk, etter 48 dagers lagring uten fôr.



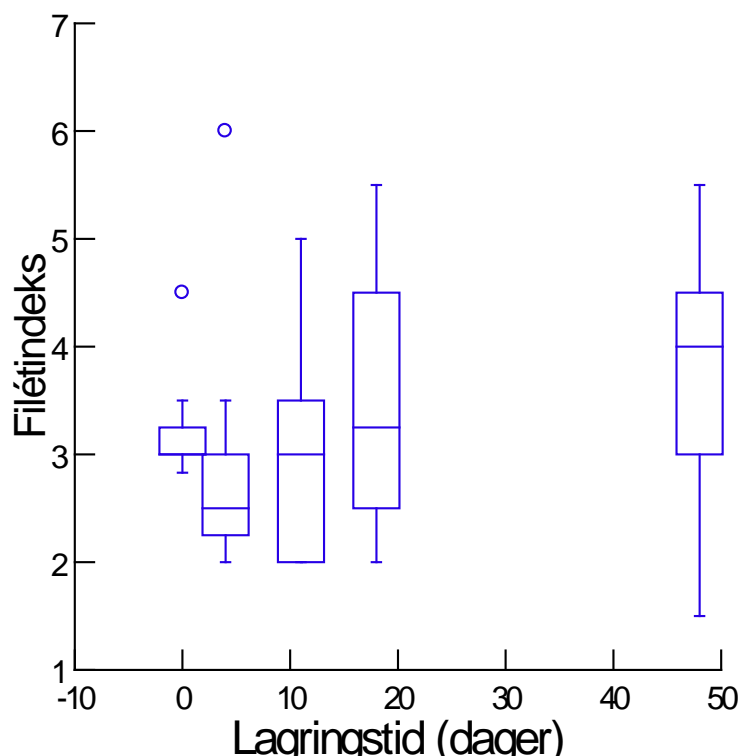
Figur 31 Leverindeks hos levendelagret torsk holdt uten fôr inntil 48 dager. Medianverdier og 95 % konfidensintervall.



Figur 32 Kvalitet på sløyd fisk evaluert etter QIM metoden. Villfanget fisk levendelagret over en periode på 48 dager.

Kvaliteten på fileten ble evaluert ved hvert uttak. Indeksen som beskriver flere kriterier knyttet til kvaliteten viser bare en moderat økning ved lengste lagringstid (Figur 33). Det er likevel grunn til å tro at lagringstid som ferskvarer kan være noe redusert som følge av den forlengede sultperioden, og ser

man på sammenhengen mellom fiskens kondisjonsfaktor og filéindeks så er det en signifikant lineær sammenheng, med lavere filéindeks (og dermed lengre restlagringstid) med høyere kondisjonsfaktor ($F_{1,65} = 16,3$; $P < 0.001$). Imidlertid forklarer fiskens kondisjon bare knappe 22 % av variasjonen i filéindeks ($r^2 = 0.215$). Fra spredningen ved 18 dagers lagring, ser vi at enkeltindivider har forhøyet filéindeks, og to av tre høyeste nivåer her har kondisjonsfaktor på 0.7 eller lavere. Kjønnsmoden torsk kan dermed ha betydelig vekttap allerede etter en ukes lagring, selv ved fangst relativt tidlig i sesongen. Det er likevel først ut i gyttesesongen at vekttapet blir av vesentlig betydning. Kvaliteten holder seg relativt stabil gjennom lagring i rundt tre uker (18 dager her), men vi ser også at fisk med lav kondisjonsfaktor har noe kortere lagringstid som ferskvarer (ingen fisk med kondisjonsfaktor over 0.8 som har en filéindeks over 4.5).

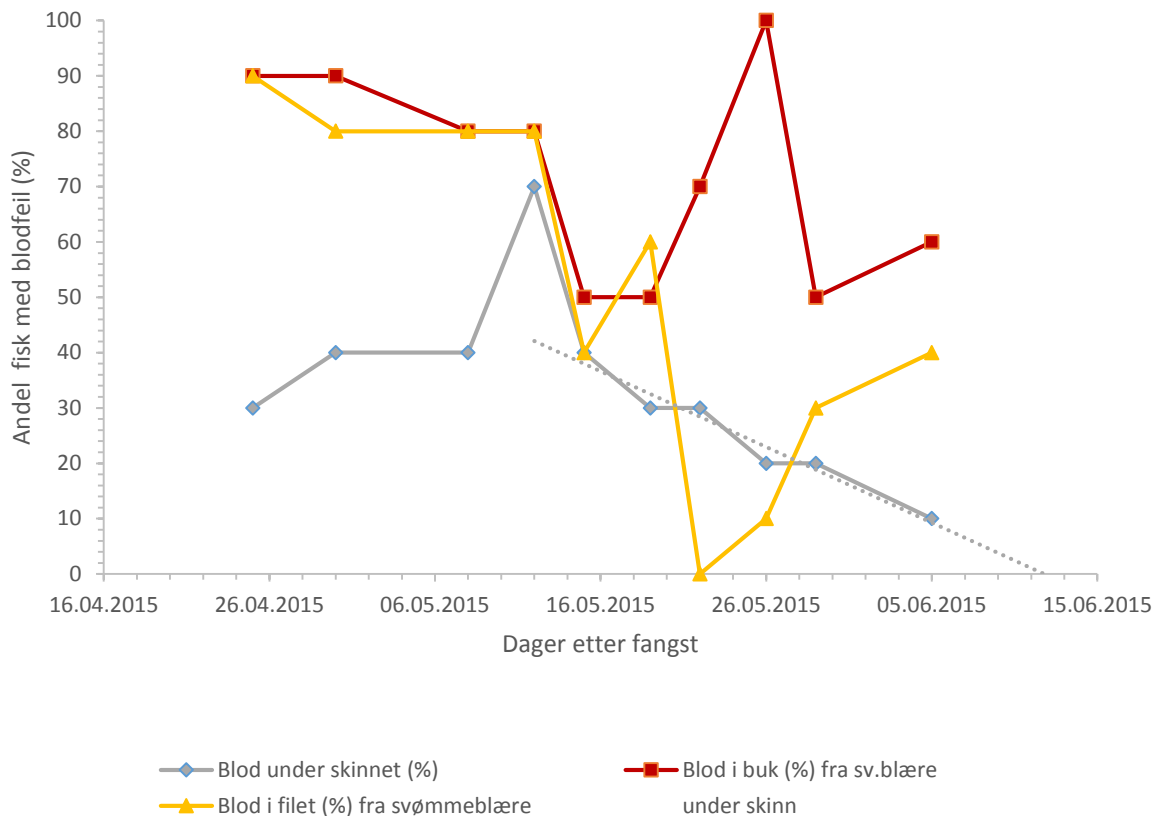


Figur 33 Filéindeks hos villfanget torsk som er lagret levende i inntil 48 dager uten fôr. Fisken er evaluert etter 7 døgns lagring på is. Medianverdier med variasjon angitt som 95 % konfidensintervall.

3.3 Kvalitet og fangstskade hos korttidslagret torsk med hovedvekt på blødninger i filét

Graden av fangstskade vil variere fra fangst til fangst, avhengig av fiskens tilstand, fiskedyp, vær, redskap og bruken av redskap. Det finnes lite systematisk informasjon rundt dette, men enkelte utøvere har mye erfaring som gjør at de kan foreta kvalifiserte valg med bakgrunn i forventninger til fangstskade og heling. Ettersom blodfeil er en vesentlig årsak, kanskje den viktigste, til reklamasjoner, er det viktig å kjenne til tiden det tar å hele ulike skader som gir blødninger i filét. Blod i filét kan kun fjernes av fisken selv mens den er i live, og den innledende tiden i levendelagringen er dermed avgjørende for at fisken skal ha tid til dette. Tidligere studie (se Figur 22) viste at fisken, gitt den beskrevne fangsten, behøvde opp mot seks uker for å fjerne blod fra muskulatur.

I store trekk bekrefter resultatene denne gang funnene fra tidligere (jfr. Figur 22), ved at det tok mellom 6 og 7 uker før blod i filét under skinn og etter punktering av svømmeblæra var fjernet (Figur 34). Variasjonen mellom uttakspunktene tyder på at det er vanskelig å gjøre uavhengige uttak når fisken står i merd. I tillegg kom uttakene relativt tett i tid, med ventelig lite endring mellom hvert målepunkt. Den innledende perioden, de første 3-4 uttakene, er det relativt liten endring i skadestatus. Dette var forventet ettersom vi registrerer blodrester som følge av skade og ikke reparasjon av skade *per se*. Etter 3-4 uker er det tegn til endring i skadestatus, men det er stor variasjon i andel fisk med blodfeil ut over i lagringsperioden. Både blod i bukhulen og blod i filéten synes å øke ved gjentatte målinger etter fire ukers lagring. Det er ingen grunn til å forvente at dette skulle skje, med mindre fisken har vært utsatt for et trykkfall som har ført til ny punktering av svømmeblære og påfølgende blødning. Blodrester under skinn, som ofte kan relateres til håndtering, tyder ikke på at fisken har vært usatt for ny håndtering i denne perioden, og det er heller ikke opplyst om noen slike fra mottaksanlegget. Den tilsynelatende økningen i blodfeil i buk og loins kan dermed ikke forklares på annen måte enn at det er en metodisk skjevhet i uttakene av fisk, eksempelvis ved at denne fisken over tid blir mer påkjent av skadene og dermed lettere å få tak i ved uttakene.



Figur 34 Andel villfanget torsk med restblod under skinn, i buk og i filét etter levendelagring 6 uker.

4 Konklusjon

Som beskrevet innledningsvis vil levendelagring av torsk, uten at fisken tilbys mat, påvirke fiskens velferd og kvalitet. Torsk er fra naturens side tilpasset variasjon i mattilgang gjennom året, og har mekanismer som gjør den i stand til å klare seg i lange perioder uten mat. Til tross for slike tilpassinger vil mangel på mat over tid påvirke fisken negativt, og både kvalitet og velferd kan forringes. Resultatene fra dette prosjektet har bidratt til et bedre kunnskapsbasert grunnlag for hvordan man kan lagre levende torsk sett i forhold til etiske, biologiske og økonomiske hensyn.

Atlantisk torsk gjennomgår regelmessig lange perioder med lite mat i naturen, spesielt i vintermånedene (Volkhoff et al., 2009). For at fisken skal kunne håndtere perioder uten mat må den mobilisere næringsstoffer fra kroppsvev, inkludert, men ikke begrenset til, fett fra leveren samt hvit glykolytisk muskel (Black & Love, 1986; Bealieu og Guderley, 1998). Fangstbasert akvakultur kan gjøre nytte av egenskapene til å motstå perioder uten mat og mobilisering av opplagsnæring. Med utgangspunkt i resultatene fra dette prosjektet synes det som uproblematisk å lagre villfanget torsk med opplagsnæring tilsvarende leverindeks ned til tre prosent, noe som tilsvarer en kondisjonsfaktor på rundt 0.7, uten at det påvirker fiskens velferd eller har betydelig effekt på fiskens kvalitet. Data som ligger til grunn er basert på fisk som i utgangspunktet hadde lavere fettreserver enn forventet for denne type fisk og årstid. Ettersom fisken i hovedsak vil forbrenne fett før den går løs på egen muskel, er det rimelig å anta at en større lever i utgangspunktet vil forlenge perioden fisken forbrenner fett og at den dermed kan lagres tilsvarende lengre i mottaksanlegg før de negative kvalitets- og velferdsendringene beskrevet her gjør seg gjeldene. Resultatene viser at grensen på fire uker før fisken tilbys mat ivaretar fiskens velferd tilfredsstillende, mens ønsket fra næringen om å lagre inntil 12 uker uten mat i noen tilfeller vil føre til redusert produktkvalitet. Torsk har et svært dynamisk energilager i leveren, ventelig en tilpasning til stor variasjon i fødetilgang gjennom året. Fett kan imidlertid ikke dekke alle fiskens behov, og i sultperioder vil den måtte bryte ned noe muskulatur for å dekke behovet for proteiner. Dette vil være en del av dynamikken i fettlager, mens når fisken tærer hovedsakelig på egen muskulatur kan man anta at den har passert området som kan tilskrives dynamisk tilpasning. Med bakgrunn i resultatene fra de histologiske undersøkelsene av muskulatur, leverindeks, proteinkonsentrasjon i muskelen og filetkvalitet anbefaler vi at man bruker en leverindeks på tre prosent som nedre grense for lagring uten tilgang til fôr, noe som tilsvarer en kondisjonsfaktor på 0.7 hos fisken i dette forsøket. Ettersom det er stor variasjon i en fiskegruppe, vil mange individer kunne befinne seg betydelig høyere enn denne grenseverdien når den magreste fisken passerer den. For lagring av sei i steng benyttet Fiskeridirektoratet en grenseverdi på fire prosent, og ikke mer enn 40 % av fisken kunne ha en lavere leverindeks enn dette. Ettersom vi har tatt utgangspunkt i et nivå der vi påviser kvalitetsendringer, men ellers ikke mistenker at velferden er kompromittert, foreslår vi at man tar utgangspunkt i medianverdi. Dette er den midterste verdien i utvalget og tilsvarer en grenseverdi der 50 % av fisken skal ha en leverindeks på 3 % eller høyere. Dersom utvalget er normalfordelt, vil en gjennomsnittsverdi si nøyaktig det samme, men for å bruke denne bør fordelingen av data undersøkes nærmere.

Vi finner ikke grunnlag for bruk av sår og skade på hud og finner som indikatorer på fiskens tilstand eller velferd under lagring uten fôring inntil 12 uker. Det er kjent at fisk kan bli mer aggressiv når den sulter, noe som kan gi seg utslag i økt skade på fisken (Hatlen et al., 2006). Våre resultater tyder ikke på at dette var tilfelle her, men vi føret heller ikke fisken begrenset. Når den ikke hadde tilgang til mat i det hele tatt, brukte den tilsynelatende ikke energi på å være aggressiv. Her kan det være verdt å tillegge at vi har ett bekreftet tilfelle, og fire mistanker, om kannibalisme, noe som vel må kunne

karakteriseres som aggressiv adferd. Imidlertid finner vi ikke tegn til økning i aggressiv adferd (herunder også forsøk på kannibalisme) i form av skade på enkeltfisk hos fisk som sultet sammenlignet med fisk som fikk mat.

For kjønnsmoden gyteklar fisk er det klart at tiden den bør lagres helt avhenger av gytetidspunktet. Våre resultater viser at enkeltfisk har tapt 20 % av kroppsvekten allerede etter en ukes lagring, noe som skyldes gyting. Imidlertid var andelen som hadde startet gytingen tidlig i Mars lav, og den holdt seg lav frem til 25 Mars. Den 24 April hadde dette snudd, og det meste av fisken hadde gytt. Kvaliteten på fisken viste seg fortsatt å være god, til tross for at en stor andel var utgytt. Imidlertid var vekttapet betydelig. Dersom man planlegger oppfôring er utgytt torsk en interessant settefisk, ettersom den vil ha et betydelig potensiale for kompensasjonsvekst. Dette betinger imidlertid at fisken kjøpes etter at den har gytt for å unngå at kompensasjonsveksten går med til å erstatte tapt biomasse under gytingen. Etter gyting bør som hovedregel fisken ha tilgang til mat så raskt som mulig, og om man ønsker en mest mulig effektiv kompensasjonsvekst anbefales et fôr med høyt proteinnivå og relativt mindre fett (Johansen et al., 2001). Mekanismene bak kompensatorisk tilvekst er ikke fullt ut forstått, men sannsynligvis er fiskens fettinnhold viktigere enn fiskevekt for hvor lenge fisken kompenserer. Dersom dette er riktig vil man kunne opprettholde en rask tilvekst lengre dersom fisken får et magert fôr og dermed kan den vokse seg større, sammenlignet med fisk som får et fôr med høyt fettinnhold.

Levendelagring av torsk bidrar også til å redusere kvalitetsfeil som blod i muskulatur og under skinnen. Blodfeil er det kvalitetsavvik som fører til flest reklamasjoner fra kunder (Geir Johnsen, Sjøfisk AS, pers. komm.), og som samtidig er vanskelig å sortere ut ettersom man ofte må filetere eller skinne fisken før skadene blir synlige. Dette er kvalitetsavvik som bare kan repareres av fisken selv mens den er i live, noe som man kan nyttiggjøre seg ved levendelagring. Resultatene fra 2014 viser at fisken var uten slike feil etter fem ukers levendelagring. Andelen fisk med slike skader vil variere med fiskedyp, værforhold og redskapsbruk, med typisk flere og mere langvarige skader dersom været er dårlig og fisken blir mye trent i redskap. Vi gjentok studiet av denne typen skader i 2015 på fisk fra en ny fangst og et annet fiskefelt. Resultatene var mindre entydige denne gangen, med en nedgang kun som forventet på skader under skinn. Denne gangen gikk det ca. 6 uker før blodfeilen var helt borte. Dette gjenspeiler sannsynligvis variasjon som skyldes forhold beskrevet ovenfor, men her er det nødvendig med flere undersøkelser før disse kan settes i nærmere sammenheng. For fangster der vær og fiskedyp ligger godt til rette vil ventelig utfordringer med blødninger være mindre og i tillegg heles raskere.

5 Referanser

- Abolfathi M., Hajimoradloo R., Ghorbani R., Zamani A. (2012). Compensatory growth in juvenile roach *Rutilus caspicus*: effect of starvation and re-feeding on growth and digestive surface area. *Journal of Fish Biology* 81: 1880-1890.
- Akse L., Midling K. (1997). Live capture and starvation of capelin cod (*Gadus morhua* L.) in order to improve the quality. *Developments in Food Science* 38, 47-58.
- Akse L., Tobiassen T., Midling K.Ø., Aas K. (2007) Pre-rigor filetering av levendefanget torsk – I Filetkvalitet – vill torsk restituert I merd etter fangst, uten fôring. NOFIMA Report 3/2007. ISBN: 978-82-7251-5, 16 pp.
- Beaulieu M.A., Guderley H. (1998). Changes in qualitative composition of white muscle with nutritional status of Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Comp. Biochem. Physiol.* 121, 135–141.
- Black D., Love R.M. (1986). The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *Journal of Comparative Physiology* 156B:469-479.
- Bogdanović T., Šimat V., Marković K. (2012) Development and application of quality index method scheme in a shelf-life study of wild and fish farm affected bogue (*Boops boops*, l.). *Journal of food science*. 77: 99-106
- 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.
- Hatlen B., Grisdale-Helland B., Helland S.J. (2006) Growth variation and fin damage in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) fed at graded levels of feed restriction. *Aquaculture* 261:1212–1221
- Haugen T.O., Knight C., Rosten T., Karlsson A., Kristensen T. (2008) Velferdsmessige aspekter av fôrrestriksjon for villfanget torsk. Norsk Institutt for Vannforskning, Rapport L.Nr. 5780-2009 ISBN 978-82-577-5515-7
- Hovland K. S. (1985). "Norske seilskuter på Islandsfiske", (pp 97-103) Universitetsforlaget 1980, ISBN 82-00-01995-0.
- Humborstad O.B., Isaksen B., Nilsson J., Rindal L., Pedersen R., Enerhaug B., Midling K.Ø., Noble C., Evensen T. (2013). Teknologitviking for fangst, fôring og håndtering av levende villfanget torsk. Rapport fra Havforskningen nr. 20-2013. Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Huntingford F.A., Adams C.E., Braithwaite V.A., Kadri S., Pottinger T.G., Sandoe P., Turnbull J.F. (2006). Current issues in fish welfare. *J. Fish Biol.* 68, 332–372.
- 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.
- Johansen S.J.S., Ekli M., Stangnes B., Jobling M. (2001). Weight gain and lipid deposition in Atlantic salmon, *Salmo Salar*, during compensatory growth: evidence for lipostatic regulation? *Aquaculture Research* 32: 963-974.
- Knudsen D., Uran, P. Arnous, A., Koppe, W., Frokiaer H. (2007). Saponin-containing subfractions of soybean molasses induce enteritis in the distal intestine of Atlantic salmon. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55: 2261-2267
- Martinsdóttir E., Luten J.B., Schelvis-Smit R., Hylding G. (2003) Developments of QIM—past and future. In: Luten J.B., Oehlenschläger J., Olafsdóttir G. (Eds.), *Quality of fish from catch to consumer*, Wageningen, Academic Publishers, pp. 265-272.

- Noble C., Jones H. A. C., Damsgård B., Flood M. J., Midling K. Ø., Roque A., Sæther B.-S., Cottee S. Y. (2012). Injuries and deformities in fish: their potential impacts upon aquacultural production and welfare. *Fish physiology and biochemistry* 38(1), 61-83.
- Olsen R. E., Sundell K., Ringø E., Myklebust R., Hemre G. I., Hansen T., Karlsen Ø. (2008). The acute stress response in fed and food deprived Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Aquaculture* 280(1), 232-241.
- Takama K., Love R.M., Smith G.L. (1985). Selectivity in the mobilization of stored fatty acids by maturing cod, *Gadus morhua* L. *Comparative Biochemistry and Physiology* 80B: 713-718.
- Volkoff H., Xu M., MacDonald E., Hoskins L. (2009). Aspects of the hormonal regulation of appetite in fish with emphasis on goldfish, Atlantic cod and winter flounder: notes on actions and responses to nutritional, environmental and reproductive changes. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology* 153, 8-12.
- Wilson J.M., Castro L.F.C. (2010). Morphological diversity of the gastrointestinal tract in fishes. In: Grosell M, Farrell AP, Braunaer CJ, editors. *Fish physiology: the multifunctional gut of fish*. San Diego: Academic Press. p1–55.

