

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet  
Institutt for Husdyr -og akvakulturvitenskap,  
IHA

Masteroppgave 2014  
30 stp

## **Proteinbehovet til liten laks (*Salmo salar L.*) etter utsett i sjø**

Protein requirement for small salmon (*Salmo salar L.*) after transfer to sea

Jørn Henrik Gjul

## Forord

Studietida er nå over og jeg ser tilbake på utrolig mange fine opplevelser i løpet av årene her på Ås og UMB. Det har vært ei flott og lærerik tid i et fint studiemiljø.

Jeg bestemte meg for å studere akvakultur etter min første sommerjobb på fiskeoppdrett, ved Straumsnes Settefisk. Lakseproduksjon og de enorme mulighetene innen akvakultur, har interessert meg fra første stund. Derfor var denne masteroppgaven med Kjell-Arne Rørvik på Nofima et enkelt valg. Deltagelsen i dette prosjektet og forsøket på Averøy er noe jeg ikke ville vært foruten, det var utrolig lærerikt og spennende.

Nå som masteroppgaven er ferdig og studietida er over er et mange som skal ha en stor takk. Først og fremst vil jeg takke veilederen min, Kjell-Arne Rørvik for god og profesjonell veiledning og at jeg fikk ta del i dette spennende prosjektet. Deretter fortjener hjelpeveileder og gammel medstudent Jens-Erik Dessen en stor takk for all den uvurderlige hjelpen og støtten med masteroppgaven. Jeg vil også rette en stor takk til Rúni Weihe og Havsbrún for at jeg fikk delta på prosjektet deres.

Den som fortjener en minst like stor takk er tidligere medstudent Claus Liland for å få bo i kollektivet på «Herumveien» mens jeg har fullført masteroppgaven. Dette har bidratt sterkt i positiv retning for å fullføre masteroppgaven på en god måte og jeg har alltid sett veldig fram til skriveturene til Ås.

Takk til mine gode klassekamerater og kontornaboer for diverse hjelp, konstruktive diskusjoner og flotte studieår: Alexandar Marinkovic, Samuel Yitbarack, Saeid Dadras, Martha Perez og spesielt Sebastiaan Lemmens for god hjelp med layout. Jeg vil også takke tidligere studiekompiser: Martin Harsvik, Andreas Brunstad og Ane Nytrø.

Til slutt vil jeg gi en stor takk til Bjørn Reidar Hansen, Bjørn Frode Eriksen og Harald Støkken for alle de hyggelige besøkene, interessante lunsjdiskusjonene, godt samarbeid som i tida som vaktmann og i ulike prosjekter vi har gjort på fiskelabben opp gjennom årene her på UMB. Jeg har alltid følt meg velkommen på fiskelabben!

Ås, april 2014

## Sammendrag

Tidligere forsøk har vist at en reduksjon i laksens kroppsfett som følge av redusert fôrtilgang eller fôring med magert, proteinrikt fôr, gir påfølgende lipostatisk regulert kompensasjonsvekst, når fôr igjen blir tilgjengelig. Videre er det kjent at 1+ post smolt øker muskelfettnivået betydelig, på fallende daglengde, første høst i sjø.

Målet med forsøket var å undersøke om vekst og biologisk prestasjon på 1+ post smolt kunne økes med magrere, mer proteinrikt fôr, første sommer og høst i sjø.

1+ smolt med snittvekt på 95 gram ble satt i sjøen 29. mars 2012. Fire fiskegrupper fikk høyproteinfôr (HP) og fire grupper fikk lavproteinfôr (LP). Høyproteinfôret hadde 2% høyere proteininnhold enn gjennomsnittet for kommersielle laksefôr av samme størrelse mens lavproteinfôret hadde 2% lavere proteininnhold enn gjennomsnitt. Begge fôrtypene hadde lik fordøyelig energi. Alle gruppene fikk fri tilgang på fôr gjennom fire måltider om dagen og ca. 10% overfôring.

Som forventet resulterte dette i lik snittvekt for fisk gitt HP og LP fôr i juli men HP fiskene hadde nå signifikant lavere muskelfett. Ved fallende daglengde utover høsten fikk de magrere HP fiskene signifikant høyere fôrinntak, fettakkumulering og vekst og endte opp på signifikant høyere kroppsvekt og muskelfettnivå 24. september, sammenlignet med LP fiskene.

Biologisk fôrfaktor var upåvirket av fôrtype. Fisk gitt høyproteinfôr fikk signifikant lavere fôrfaktor på sløyd fisk, lavere innvollsmasse- visceral somatic index (VSI) og høyere muskelfettnivå. Det indikerer høyere slakteutbytte og at de lagret mesteparten av fett i den spiselige muskelen, sammenlignet med LP fiskene som antagelig lagret mesteparten av fett i de uspiselige innvollene.

Forsøket viser at 1+ smolt gitt mer proteinrikt fôr ble magrere på sommeren, uten å tape tilvekst og hadde dermed økt vekstpotensial. Full overkompensasjonsvekst ble oppnådd av HP fiskene ved fallende daglengde på høsten. Det er dermed mulig å fremprovosere en økt vekst uten sulting, men ved å endre fettinnholdet i fisken ved hjelp av mer proteinrikt fôr.

## Abstract

Previous experiments have shown a reduction in the salmon's body fat, caused by reduced feeding or feeding lean protein-rich feeds. This gives a following lipostatically regulated compensation growth when the feeding is restarted. Furthermore, it is known that 1+ post-smolt increases muscle fat levels significantly at falling photoperiod, the first fall in seawater.

The aim of this study was to investigate whether growth and biological performance of 1+ post smolt could be increased when fed leaner, more protein-rich feed, the first summer and autumn in the sea.

1+ smolt (95g) was put to sea on 29 March 2012. Four fish groups were fed high protein feed (HP) and four groups were fed low protein feed (LP). The high protein feed had 2% higher protein content than the average commercial salmon feed of the same size. And the low protein feed had 2% lower protein content than average. Both diets had similar levels of digestible energy. All groups were given free access to feed through four meals a day and about 10% overfeeding was permitted.

As expected, this resulted in similar average weight in July, for the fish fed HP and LP. HP fed fish did, however, have significantly lower muscle lipid content. By decreasing photoperiod during autumn the leaner HP fish got significantly higher feed intake, fat accumulation and growth. These ended up at a significantly higher body weight and muscle fat level on September 24, compared with LP fishes.

Biological feed conversion ratio (FCR) was unaffected for both diets. Fish given high protein feed had significantly lower FCR of gutted fish, lower intestinal mass-visceral somatic index (VSI) and a higher muscle lipid level. This indicates higher harvest yield and that they stored most of the fat in the edible muscle, compared with low protein fed fish that probably stored most of the fat in the inedible intestines.

The experiment shows that 1+ smolt given high protein feed was leaner in the summer without losing growth and thus had greater growth potential. Full overcompensation growth was achieved by HP fishes at decreasing photoperiod in the fall. It is thus possible to provoke an increased growth without starvation, but by changing the fat content of the fish using high protein feed.

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Teori og bakgrunn .....</b>	<b>8</b>
2.1	<i>Lipostatisk regulering .....</i>	8
2.2	<i>Smoltifisering og osmoregulering.....</i>	10
<b>3</b>	<b>Materiale og metode .....</b>	<b>14</b>
3.1	<i>Forsøksbetingelser.....</i>	14
3.1.1	<i>Generelt- Nofima Averøy.....</i>	14
3.1.2	<i>Lokaliteten .....</i>	14
3.1.3	<i>Forsøksfasiliteter .....</i>	15
3.1.4	<i>Forsøksfisken .....</i>	16
3.1.5	<i>Forsøksfôr .....</i>	18
3.2	<i>Forsøksopplegg.....</i>	19
3.2.1	<i>Mål.....</i>	19
3.2.2	<i>Forsøksdesign .....</i>	19
3.2.3	<i>Fôring.....</i>	20
3.2.4	<i>Tid og periodeinndeling .....</i>	20
3.2.5	<i>Datainnsamling .....</i>	21
3.3	<i>Registreringer/databehandling.....</i>	22
3.3.1	<i>Registrerings og analysemetoder.....</i>	22
3.3.2	<i>Kalkulasjoner .....</i>	25
3.3.3	<i>Statistiske analyser:.....</i>	26
<b>4</b>	<b>Resultater.....</b>	<b>27</b>
4.1	<i>Produksjons og kvalitetsdata for hver av de tre periodene med ulik pellet størrelse. 27</i>	
4.1.1	<i>Produksjons og kvalitetsdata for 3mm perioden 28. mars – 11. juni.....</i>	27
4.1.2	<i>Produksjons og kvalitetsdata for 4mm perioden 12. juni–23. juli .....</i>	29
4.1.3	<i>Produksjons og kvalitetsdata for 6mm perioden 24. juli – 24. september.....</i>	30
4.2	<i>Produksjons og kvalitetsdata oversikt over utvikling gjennom forsøksperioden. ....</i>	32
4.2.1	<i>Muskelfett og SFR.....</i>	32
4.2.2	<i>Kroppsvekt og TGC.....</i>	33
4.2.3	<i>VSI og muskelfett.....</i>	34
4.2.4	<i>FCR<sub>(biologisk)</sub> og FCR<sub>(sløyd)</sub> .....</i>	35

4.3	<i>Produksjonsdata totalt for hele forsøket</i> .....	36
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b> .....	<b>37</b>
5.1	<i>Metode</i> .....	37
5.2	<i>Resultater</i> .....	38
5.2.1	<i>Fett og fôrinntak</i> .....	38
5.2.2	<i>Vekst og kroppsvekt</i> .....	40
5.2.3	<i>FCRs</i> .....	40
5.3	<i>Hva kan gjøres videre?</i> .....	41
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>43</b>

# 1 Innledning

Laks ble oppdrettet i sjø for første gang i verdenshistorien i 1970 av Grøntvedt-Brødrene på Hitra. Siden den gang har oppdrett av laks utviklet seg betraktelig og i dag oppdrettes laks i mange land rundt om i verden.

I 2013 ble det eksportert 960 000 tonn laks fra Norge og i tillegg har Norge i en årrekke vært verdens største produsent av atlantisk laks (Sjømatrådet 2014).

Lakseoppdrett har fortsatt stort potensiale i Norge og i 2012 publiserte Det Kongelige Norske Videnskabers Selskab (DKNVS) og Norges Tekniske Vitenskapsakademi (NTVA) en rapport som antydte at norsk lakseproduksjon har potensiale til å femdobles innen 2050 (Olafsen & Almås 2012). Det blir ofte hevdet at lakseoppdrett og akvakultur er blant det Nordmenn kommer til å leve av når oljeeventyret går mot slutten. Det er derfor viktig at oppdrettsnæringen får muligheten til å vokse kontrollert, skape verdier og trygge framtidsrettede arbeidsplasser.

Lakseproduksjon i Norge har nådd taket innenfor dagens rammevilkår. Nåværende produksjon reguleres av konsesjoner som angir den maksimalt tillatte biomasse som er lov å ha stående i sjøen til enhver tid. Videre økning i produksjonsvolum er svært utfordrende uten nye konsesjonstildelinger. Myndighetene har gjentatte ganger signalisert at nye konsesjoner ikke vil bli gitt før dagens miljøproblemer i oppdrettsnæringen er løst. Dette har resultert i sterkt fokus på å få mest mulig produksjon og økonomi ut av konsesjonene man allerede har tilgjengelig.

Bedre fôr og fôringsregimer kan gi raskere vekst og dermed økt produksjon innenfor samme konsesjonsvolum og derigjennom økt økonomisk overskudd.

Fôr med høyt energiinnhold gir generelt bedre vekst og lavere fôrfaktor. Protein er en vesentlig del av fôrkostnaden mens fett er generelt en billig energikilde. Trenden har derfor i lengre tid vært høyere og høyere fettinnhold og lavere proteininnhold i laksefôret, for å oppnå bedre vekst og redusert fôrpris.

Det er imidlertid usikkert om mer fett i fôret i forhold til dagens nivå er det beste for å gi bedre vekst.

Det er kjent at sesong/årstids variasjoner påvirker både veksten og fettakkumulering gjennom året. Det er vist at både vekst og fettakkumulering øker på fallende daglengde for 1+ smolt, første høst i sjø (Alne et al. 2011; Lysfjord et al. 2004; Mørkøre & Rørvik 2001).

Tidligere studier viser at en reduisering i laksens muskelfett gir påfølgende økt fôrintak og vekst når fôr er tilgjengelig, såkalt lipostatisk regulert fôrintak. Fullstendig kompensasjonsvekst har blitt observert (Jobling & Johansen 1999; Johansen et al. 2001; Johansen et al. 2002; Johansen et al. 2003). Disse forsøkene ble gjort på 24 timers kontinuerlig lysregime.

Målet med forsøket var å undersøke om vekst og biologisk prestasjon på 1+ post smolt kunne økes med mer proteinrikt fôr, første sommer og høst i sjø.



## 2 Teori og bakgrunn

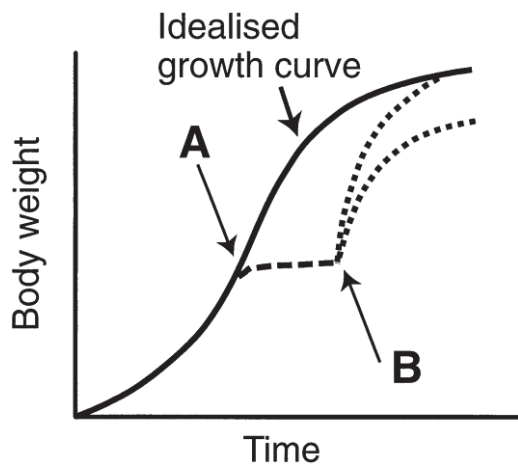
### 2.1 Lipostatisk regulering

Lipostatisk regulering bygger på en teori (Kennedy 1953), hvor endringer i fettreservene hos rotter vil kunne fremkalle en kompenserende endring i matinntak, som følge av en negativ tilbakekoblingskontroll. For eksempel vil en periode med begrenset tilgang på mat eller energi, som resulterer i en nedgang i kroppsfett eller vekt, føre til at rotter også vil spise mer når mat/energi blir tilgjengelig (ofte referert til som hyperphagisk). Det økte fôrinntaket vil opprettholdes inntil nivået av fett er gjenopprettet, slik at den negative tilbakekoblingskontrollen er tilbake til det normale. Dette gjelder tilsynelatende også for laks etter flere studier i senere år (Jobling & Johansen 1999; Johansen et al. 2001; Johansen et al. 2002; Johansen et al. 2003; Kennedy 1953).

Under kompensasjonsvekst regenererer fisken fettnivået relativt til kroppsstørrelsen, og vekstkompensasjonen stopper omtrent når fettnivået er tilbake på normal. Både delvis og fullstendig vekstkompensasjon har blitt observert (Fig. 2.1) (Jobling & Johansen 1999; Johansen et al. 2001).

I perioder med begrenset fôrtilgang, blir fettlagrene brukt og redusert, dersom fisken ikke får i seg nok energi til å dekke det daglige behovet. Dermed blir det mindre energi til overskudd og lagring og dette fører til en magrere fisk.

Røye utsatt for restriktiv fôring i april-juni reduserte kroppsfett og mistet kroppsvekt, men ved full fôring, vokste raskere og delvis kompenserte for vekttapet innen august. Forskjellen i prosentvis kroppsfett var helt utjevnet allerede i august og appetittreduksjonen når fettprosenten var kommet opp på normalnivå i august er sterk indikasjon på at fôrinntak og energi homeostase i røye er lipostatisk regulert. Videre antas at kompensasjonsprosessene prioriterer gjenoppbygging av fettreserver fremfor kroppsmasse (Frøiland et al. 2012). Dette synes å være sammenfallende med kunnskapen man har om laks (Jobling & Johansen 1999; Johansen et al. 2001; Johansen et al. 2002; Johansen et al. 2003).



**Figur 2.1** Idealisert vekstkurve for normal laks. Stiplede linjer er vekstavvik for laks i perioder med reduksjon i fettnivå og «catch up» kompensasjon eller «recovery» vekst. Fettreduksjon mellom tidspunkt A og B, full fôrtilgang med påfølgende økt vekst etter B. (Jobling & Johansen 1999).

Full kroppsvektkompensasjon er mulig etter en reduksjon i kropps fett, det har blitt vist i forsøk at laks kan ta igjen og oppnå en numerisk høyere kroppsvekt enn laks som ikke var utsatt for reduksjon i kropps fett (Johansen et al. 2001).

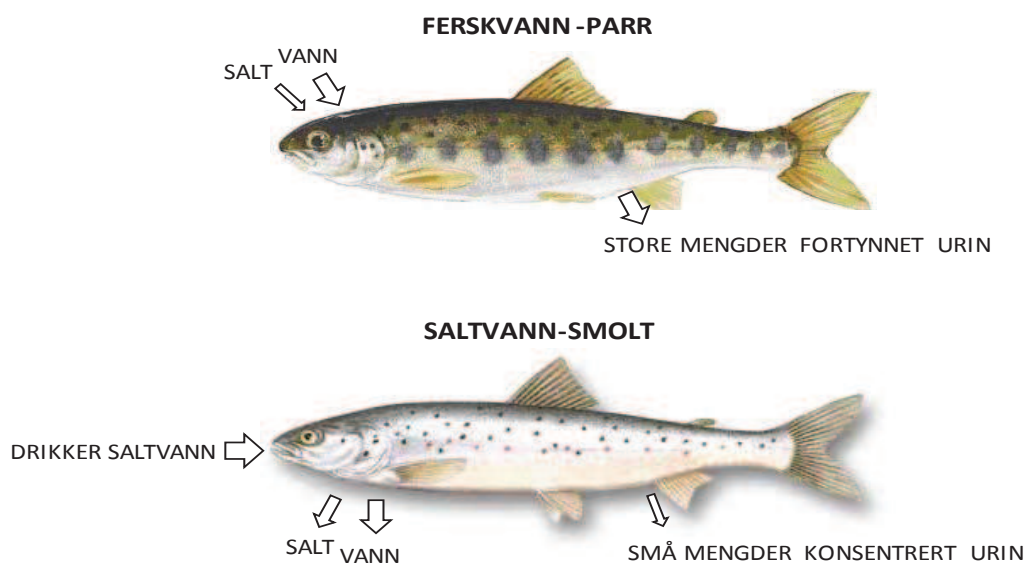
Laks som får redusert kropps fett, vil spise seg opp for å gjenvinne fettnivået sitt relativt til kroppsvekt og den vokser dermed mer siden den får i seg mer fôr. Fisken har med andre ord et fortsatt vekstpotensialet inntil den når sitt ønskede fettnivå (Johansen et al. 2001).

Mager fisk har høyere fôrinntak enn feit fisk. Fisken spiser mer av magert fôr i en periode med kompensasjonsvekst, antatt fordi den trenger mer av det magre fôret for å dekke energi og ernæringskravene sine. Økende fettnivå i fôret er antatt å senke fôrinntaket fordi fisken får i seg nok fett uten å spise mye fôr (Johansen et al. 2002).

## 2.2 Smoltifisering og osmoregulering

De fleste fiskearter er avhengige av en normal væskebalanse for at de fysiologiske funksjonene skal fungere som normalt. Laksefisk er osmoregulatorer og holder osmolaliteten i blodplasmaet sitt innenfor en snever grense (290-340 mmol/l) avhengig av saliniteten i vannet den oppholder seg i (McCormick & Saunders 1987). Ulike osmoreguleringsprosesser holder væskebalansen i orden. Osmoreguleringsprosessene sørger for at det osmotiske trykket inni fiskekroppen er normalt selv om vannet har et annet osmotisk trykk. Ionene som bidrar mest til osmotisk trykk er Natrium ( $\text{Na}^+$ ) og klorid ( $\text{Cl}^-$ ) og osmoreguleringsprosessene dreier seg derfor mest om disse ionene (Salte 2002).

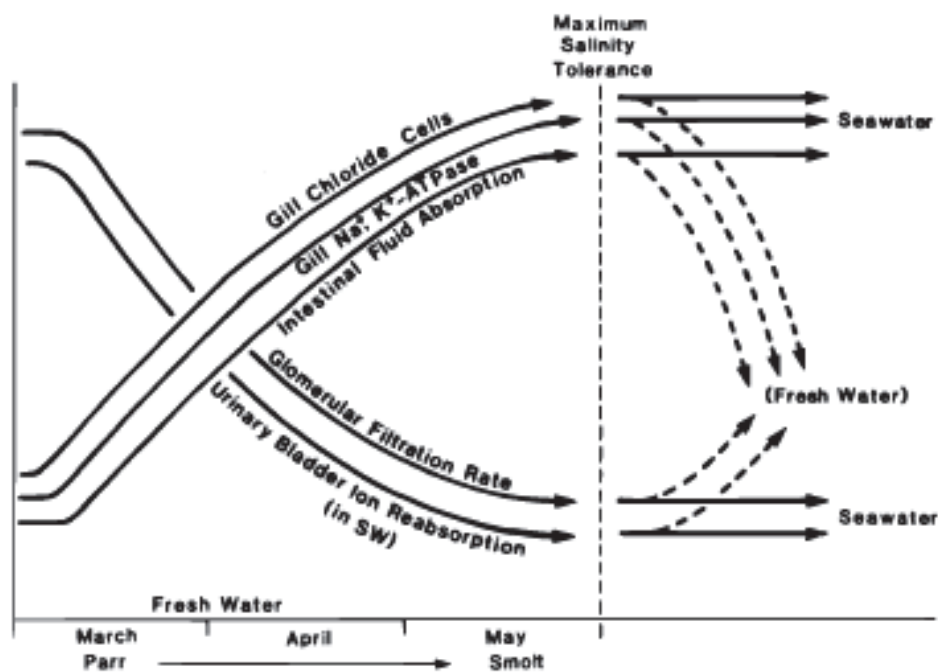
Fisk i ferskvann har høyere osmotisk trykk inni kroppen enn omgivelsene (Figur 2.2) laksefisk i ferskvann har en relativt konstant ionekonsentrasjon i blodplasma (Hoar 1988). Hos lakseparr i ferskvann er normal konsentrasjon av  $\text{Na}^+$  133-155 millimol pr. liter (mM/l) og  $\text{Cl}^-$  111-135 mM/l (Folmar & Dickhoff 1980). Fisken er da hyperosmotisk, vann diffunderer inn og ioner ut av fiskekroppen, da vann trekkes fra lav mot høyere ionekonsentrasjon. For å unngå fortynning av blodet og vevsvæskene skiller fisken ut store mengder vann og tynn urin fra nyrene (Foskett et al. 1983). Noe salt går dermed tapt, fisk i ferskvann driver derfor aktivt opptak av  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$  over gjellene og i tarmen fra føret.



**Figur 2.2** Osmoregulering hos laks i ferskvann og saltvann. (Modifisert fra (Dessen 2011))

I saltvann blir vann trukket ut av fiskekroppen (Figur 2.2) siden saltvannet har mye høyere osmotisk trykk enn inni fisken.

For å kompensere for vanntapet drikker fisken store mengder saltvann. For å spare vann skiller fisken ut svært konsentrert urin via nyrene, med overskuddet av di og trivalente ioner som magnesium ( $Mg^{2+}$ ), sulfat ( $SO_4^{2-}$ ) og fosfationer ( $PO_4^{3-}$ ) fra saltvannet. Overskuddet av monovalente ioner som  $Na^+$  og  $Cl^-$  blir derimot aktivt transportert ut over gjellene vha. kloridcellene. Organsystemene som deltar i å sørge for en normal væskebalansen er nyrene, urinblæra, tarmen, gjellelokkene, gjellene (Salte 2002).



**Figur 2.2.** Endring i de viktigste organene i osmoreguleringa under smoltifiseringsprosessen (McCormick et al. 1987).

Omdannelsen fra et liv i ferskvann til et liv i sjøvann kalles med et samlebegrep smoltifisering, og er en synkronisert prosess av morfologiske, atferdsmessige, fysiologiske og biokjemiske forandringer som er hovedsakelig under hormonell kontroll styrt av miljøpåvirkninger (Hoar 1988; McCormick & Saunders 1987) Fotoperioden er den viktigste miljøfaktoren i smoltifiseringsprosessen (Kavaliers 1980), og naturlig lys er antatt mer effektivt for å påvirke smoltifisering enn kunstig belysning. De ulike prosessene i smoltifiseringen synkroniseres vha. informasjon om lysnivå/fotoperiode fra fotoreseptorer i øynene (retina) og pinealorganet på hjernen. Pinealorganet driver

lysinnhibert og mørkestimulert utskillelse av hormonet melatonin. Melatonin hemmer bl.a. smoltifisering. Etter en lengre mørkeperiode (vinter) med mørkestimulert melatoninutskillelse vil en påfølgende lysperiode (sommer) med lysinnhibert melatonin utskillelse vil fravær av melatonin starte opp smoltifiseringsprosessene: indukere fysiologiske endringer, bedre osmoregulering og forandret adferd (Kavaliers 1980).

Vanntemperatur påvirker hastigheten på smoltifiseringa som igjen øker hastigheten i de hormonelle prosessene. Økt temperatur kan gi en raskere smoltifiseringsprosess men kan samtidig gi et smalere smoltvindu pga. raskere desmoltifisering. Fisk med ytre smoltkarakter behøver ikke være en fysiologisk funksjonell smolt. Smoltifiseringsprosessen kan utsettes dersom initierende miljøfaktorer mangler men kun for en periode, tilslutt vil laksens egen endogene rytme tvinge fram smoltifisering (Eriksson & Lundqvist 1982). I grupper av lakseparr vil noen alltid vokse raskere enn andre, når de største fiskene når stor størrelse kan de utvikle karakteristiske ytre smoltkjennetegn før miljøforhold initierer smoltifiseringsprosessen. Fisk med slike størrelsesrelaterte smoltkjennetegn osmoregulerer ikke nødvendigvis eller har tilstrekkelig saltvannstoleranse til å leve i saltvann.

Smoltstørrelsen er en viktig faktor for saltvannstoleranse. Smolten bør ha en viss størrelse for å ha god nok saltvannstoleranse til å leve i saltvann (Hoar 1988) Stor smolt har mindre overflate i forhold til kroppsvolumet enn mindre smolt, dermed bruker den relativt sett mindre energi på osmoregulering i saltvann, stor smolt har derfor bedre saltvannstoleranse. God størrelsessortering og homogen fiskestørrelse før man starter miljøstyring mot smoltifisering av en gruppe fisk, gir mer synkronisert smoltifisering med færre/ingen fisk under minstemålet for smoltifisering og færre store men ufunksjonelle fisk med størrelsesrelaterte smoltkjennetegn (Storebakken 2011, pers. kom.).

For at laksen skal kunne tilpasse seg et liv i saltvann, utvikler laksen såkalte hypo-osmoregulatoriske mekanismer ved at den forandrer funksjonen til de ulike osmoregulatoriske organene som nevnt tidligere (McCormick & Saunders 1987; Salte 2002).

Smoltifisering og overgang til saltvann er en energikrevende prosess som også innebærer økt lengdevekst og krever store ressurser fra fisken. I denne perioden kan det skje at lakseyngelen ikke får dekket energibehovet sitt fra fôret og bruker av egne energireserver. Økt lengdevekst og forbruk av egne energireserver gjør at kondisjonsfaktoren går ned på fisk som smoltifiserer, fisken får en slankere kroppsform (Hoar 1988) spesielt 1+ smolt sjøsatt på økende daglengde og kalde sjøtemperaturer på våren bruker mye energi og reduserer kondisjonsfaktor de første ukene etter sjøsetting.

Saltvannstoleransen bedres når ionetransportkapasiteten økes og nyre glomerulær filtrasjonshastighet og reabsorpsjon av ioner fra urinblæra reduseres. Loddrett stiplede linje i figur 2.2 angir tidspunktet da smolten har best saltvannstoleranse og er best forberedt til et liv i saltvann. Tidsrommet rundt dette tidspunktet kalles «smoltvinduet» og varer så lenge smolten osmoregulerer godt nok til å takle overføring til saltvann. Smolt som ikke kommer i saltvann etter å ha nådd optimal saltvannstoleranse begynner å desmoltifisere dvs. reversere endringene fra smoltifiseringsprosessen og tilpasse seg et fortsatt liv i ferskvann. Laksens evne til osmoregulering undersøkes tradisjonelt vha. sjøvannstest, ved å overføre smolt til sjøvann i 24 timer og deretter å undersøke om smolten har klart å redusere  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$  konsentrasjonene i plasma til normalnivå. Disse nivåene er ofte brukt som en indeks for smoltstatus (Staurnes et al. 2001). Tidsrommet hvor smolten er godt tilpasset overføring til saltvann er noe smalt, et par uker varighet, mens tidsrommet hvor smolten overlever overføring til saltvann er lengre, opptil 1.5 måneder.

## **3 Materiale og metode**

### **3.1 Forsøksbetingelser**

#### **3.1.1 Generelt- Nofima Averøy**

Forsøket ble gjennomført på Nofimas forsøksstasjon på Ekkilsøy (63°N, 7,6°Ø) i Averøy kommune. Forsøksstasjonen er bygget for fiskeforsøk i sjø og er godt utrustet med fasiliteter og utstyr for å drive forsøksvirksomhet. Stasjonen har stålanlegg med gangbane rett ut fra stasjonsbygningen med seks piler med 10 eller 12 forsøksmerder hver. I tillegg anlegg med større plastmerder, gode innendørsanlegg for fiskeundersøkelser, fullverdig laboratorium kjøle- og fryserom, boligbygning og dyktige ansatte.

Hver forsøksmerd er 5 meter lang, 5 meter bred og 5 meter dyp og alle merdene i anlegget har av erfaring relativt like miljøforhold, dette er et mye benyttet anlegg i mange forsøk gjennom de siste 40 år.

#### **3.1.2 Lokaliteten**

Stasjonen ligger på Nordmørskysten på yttersida av Averøya og området hvor stasjonen ligger står nesten direkte i kontakt med Atlanterhavet rett utenfor og har stor og rask vannutskiftning mot havet (Figur 3.1). I tillegg er det er ingen større elver som tilfører ferskvann til området. Stasjonen har derfor jevn og god vannkvalitet året rundt, nær opp mot det vi finner ute på Norskehavet med lite ferskvann, temperert vintertemperatur og litt kjølige sommertemperaturer. Det er få andre oppdrettsanlegg i samme område som kan forringe vannkvaliteten eller øke smittepresset av sykdom og parasitter.



**Figur 3.1** Kart over Nordmørskysten med Nofima Averøy (Kartverket 2013).

### 3.1.3 Forsøksfasiliteter

I forsøket ble de 8 ytterste merdene på pir A benyttet (Figur 3.4). Forsøksmerdene hadde gangveg rett inn på stasjonen og strømtilkobling. Alle merdene hadde oppsamlingstrakt for fôrspill rett under foringsautomaten så alt uspist fôr ble samlet opp. Alle merdene hadde undervannsllys fra utsett til 29. mai.

Operasjoner som telling, veiing av levende fisk og annen prøvetaking kunne gjøres enkelt ute ved merdene.





**Figur 3.2** Pir A med forsøksmerdene (Foto: Jørn H Gjøl).

Undersøkelser og videre prøvetaking av avlivet fisk ble gjort innendørs i grovlaboratoriet. Laboratoriet hadde alt av nødvendig utstyr som arbeidsbenker av stål som lett kan vaskes rene, kniver, vekter, kjølerom, fryserom osv.

#### **3.1.4 Forsøksfisken**

Smolten var produsert av Straumsnes Settefisk på Eikrem i Tingvoll og levert som største sortering av årets 1+. Straumsnes settefisk er et gjennomstrømningsanlegg, og har naturlig temperatur på 1+ fisken. Fisken gikk på ferskvann men var godt smoltifisert ved transport og sjøsettingstidspunktet på Averøy.



**Figur 3.3** Hånd plukking av smolt på Straumsnes Settefisk (Foto: Jørn H Gjøl).

Det var ønskelig med robust smolt med jevn størrelse til forsøket, pga. tidlig utsett og lav sjøtemperatur. Derfor ble det håndplukket smolt fra det karret med størst 1+ smolt på Straumsnes Settefisk. Det ble valgt ut fisk med jevnest mulig størrelse, unormalt små og store fisk eller annen unormal fisk ble ikke tatt med.

Fisken ble transportert i lastebil med store vanntanker og var spesialbygd for transport av levende fisk.

Fisken ble veid og fordelt på tanker på lastebilen på en slik måte at alle tankene hadde samme antall og snittvekt.

Først ble 600 smolt av jevn størrelse plukka ut, veid og flytta til hver av tankene på lastebilen. Snittvekta ble registrert. Deretter ble fisk nærmest mulig snittvekta veid og fordelt gruppevis i tankene for å få 1 000 fisk med jevn snittvekt i hver av tankene.

Deretter ble smolten kjørt fra Straumsnes Settefisk til sjøsetting på Nofima Averøy. Hver tank ble overført til sin egen merd på Averøy. Ved utsett hadde smolten gjennomsnittsvikt 95 gram i alle merdene.

### 3.1.5 Forsøksfôr

I forsøket ble det brukt to fôrtyper: lav og høyprotein. Fôrtypene hadde 4 % forskjell i proteininnhold og lik fordøyelig energi. Høyere proteininnhold ble derfor kompensert med mindre fett i høyproteinfôret. Ellers var fôrkomposisjon og næringsinnhold så likt som mulig for begge fôrtypene for samme størrelse (Tabell 3.1).

Ettersom fisken vokste seg større gikk den opp i fôrstørrelse. Det ble brukt 3 fôrstørrelser i forsøket henholdsvis 3, 4 og 6mm. Forsøket startet med 3mm fôr og gikk deretter over på 4mm 11. juni og til sist og 6mm fôr 24. juli da all fisken var stor nok for disse fôrstørrelsene (Tabell 3.2).

Større fisk fikk mindre protein og mer fett i fôret, derfor ble proteininnholdet noe redusert og fettinnholdet økt i 4 og 6mm fôret men 4% forskjell i proteininnhold og lik fordøyelig energi i begge fôrtypene ble beholdt. Fettinnhold ble justert for å få teoretisk lik fordøyelig energi i begge fôrtyper i alle tre fôrstørrelser (Tabell 3.1).

3mm fôret hadde henholdsvis 44,4 og 48,3% protein i lav og høyproteinfôr.

4mm fôret hadde henholdsvis 41,3 og 45,2% protein i lav og høyproteinfôr.

6mm fôret hadde henholdsvis 39,0 og 44,1% protein i lav og høyproteinfôr.

Alt fôret var produsert av Havsbrunn på Færøyene.

**Tabell 3.1** Næringsinnhold for begge fôrtyper og alle tre fôrstørrelser.

Fôrstørrelse Fôrtype	mm	3		4		6	
		LAVPROTEIN	HØYPROTEIN	LAVPROTEIN	HØYPROTEIN	LAVPROTEIN	HØYPROTEIN
Tørrestoff	%	92.9	92.7	93.6	92.1	93.8	93.8
Protein	%	44.4	48.3	41.3	45.2	39.0	44.1
Fett	%	28.6	26.0	32.8	28.5	34.7	31.6
Aske	%	7.1	7.3	8.5	9.0	5.5	5.8
NFE	%	11	9	11.0	9.4	14.6	12.3
Fiber	g/100g	1.6	1.2	0.8	0.7	1.1	1.0
Stivelse	%	7.3	7.3	7.7	6.9	10.1	8.8
Ford. energi	MJ/kg	23.79	23.32	24.42	23.41	25.22	24.88

## 3.2 Forsøksopplegg

### 3.2.1 Mål

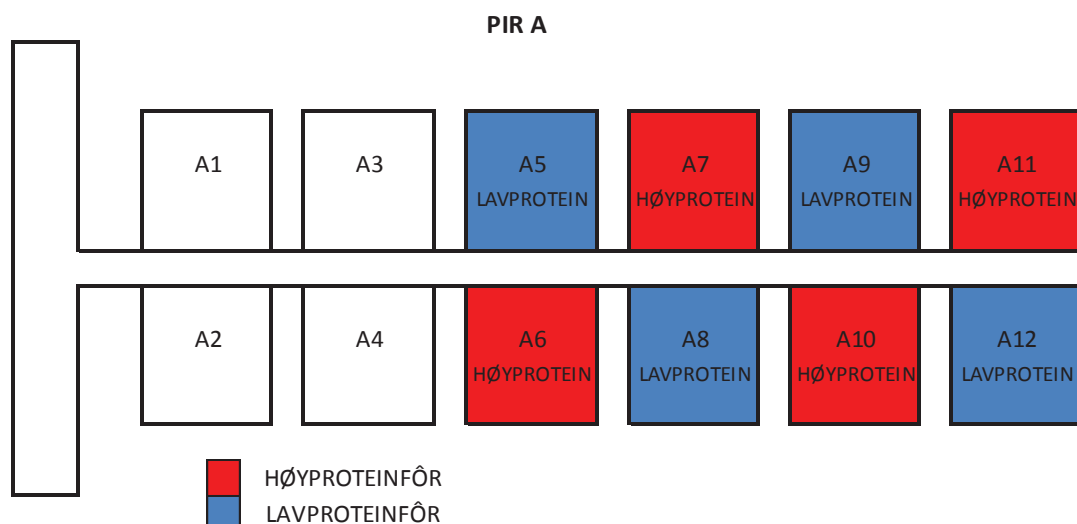
I dette forsøket ønsker vi å teste effekten av fôr med lik fordøyelig energi (FE) men høyere proteinnivå og lavere fettnivå til liten laks i sjø.

### 3.2.2 Forsøksdesign

Forsøksenheten var merd. Det ble benyttet 4 forsøksmerder med 1000 fisk i hver, pr fôrtype, totalt 8 merder og 8000 fisk. Forsøksmerkene var 5 meter lange, 5 meter brede og 5 meter dype og samlet på samme pir (Figur 3.4). Smolten hadde snittvekt på 95 gram ved utsett.

Forsøket ble lagt opp som et randomisert blokkforsøk med fire gjentak for hver av de to fôrtypene. Hvilken fôrtype som skulle gis de ulike merkene ble bestemt med loddtrekning, deretter ble høy eller lavproteinfôr gitt annenhver merd (Figur 3.4) så merder fra begge fôrtypene fikk samme påvirkning av ulike strømforhold på piren og mulige kanteffekter.

Merd 5 og 6 ble definert som uteliggere og tatt ut av forsøket for 3mm perioden fordi resultatene herfra var sterkt avvikende fra de andre merkene med samme fôrtype. Forsøksenheter kan defineres som uteliggere og tas ut av forsøk dersom data herfra ligger fire standardavvik eller mer fra gjennomsnittet, noe som også var tilfelle for merd 5 og 6. Årsaken til at disse merkene var så avvikende fra de andre er helt ukjent. Etter 4 mm perioden var merd 5 og 6 igjen nærme gjennomsnittet og ble igjen inkludert som forsøksenheter for resten av forsøket.



**Figur 3.4** Plassering av forsøksmerder på piren.

### 3.2.3 Fôring

Fisken fikk fire måltider hver dag. Gjennom hele forsøket var det ca. 10% overfôring hver dag, så all fisken hadde mulighet for å spise seg helt mett. Hver morgen ble uspist fôr pumpet tilbake fra oppsamlingstrakta i merda, silt ut, veid og registrert. Fôrintak for siste døgn ble beregna. Daglig fôrrasjon ble kalkulert etter siste døgnns fôrintak pluss ca. 10% overfôring og deretter fylt på automaten. For mer detaljer, se (Einen et al. 1999) og (Helland et al. 1996).

### 3.2.4 Tid og periodeinndeling

Forsøket startet ved utsett 28. mars og varte til 24. september. Forsøket ble delt opp i 3 perioder: 3mm, 4mm og 6mm perioden som varte så lenge hver av de tre fôrstorrelsene ble benyttet (Tabell 3.2).

**Tabell 3.2** Periodeinndeling og datoer for datauttak for forsøksperioden.

Periode	3mm	4mm	6mm	
Start-slutt dato	28.3-11.6	11.6-23.7	23.7-24.9	
Datauttak dato	28.3	11.6	23.7	24.9

### 3.2.5 Datainnsamling

Hver dag ble sjøtemperatur, oksygenmetning, fôrintak og eventuelle dødfisk med vekt registrert i hver merd.

Temperatur ble målt og logget døgnet rundt på 3 meters dyp ute på anlegget. Temperaturen blir oppgitt i snittemperatur per døgn eller per fôrperiode.

Løst oksygen ble målt og logget døgnet rundt på 3 meters dyp ute på anlegget.

Ved utsett og etter hver periode da vi skulle gå opp i fôrstørrelse ble all fisken telt og veid. Fisken ble håvet bulkvis fra merda til bedøvelses karret (Tabell 3.2).

Etter bedøving ble fisken telt en og en over på vekta og samtidig raskt undersøkt. Tapere, skadde eller kjønnsmodne fisk ble avlivet og tatt ut av forsøket. 10 fisk med snittvekt lik den aktuelle merda ble tatt fra hver merd for lengde, NKS, innvolls fettsscore og innvolls masse (VSI) undersøkelser. Fiskene ble bedøvd med MS222 og bløgget for avliving.

Kombinert med de daglige dataregistreringer (temperatur, O<sub>2</sub>, SFR og dødfisk) ble deretter produksjonsdata som Kondisjonsfaktor, SGR, FCR, TGC beregnet for hver merd. Gjennomsnittsverdier for begge fôrtypene ble beregna for hver periode vha. data for enkeltmerdene.

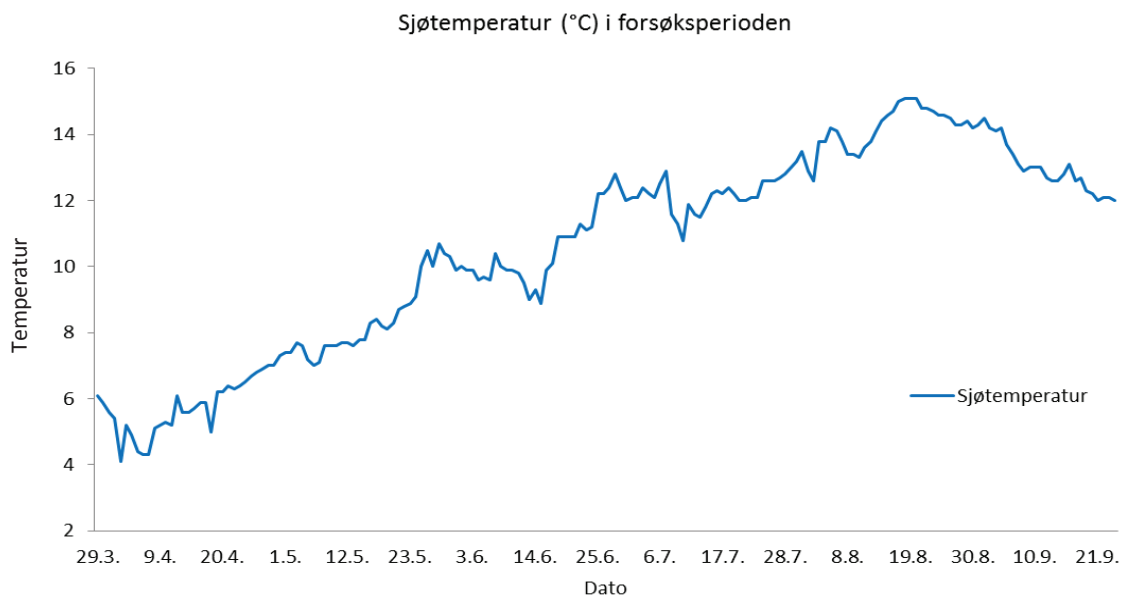
Databehandling av aktuelle produksjonsdata ble utført i Excel.

### 3.3 Registreringer/databehandling

#### 3.3.1 Registrerings og analysemetoder

##### Temperatur:

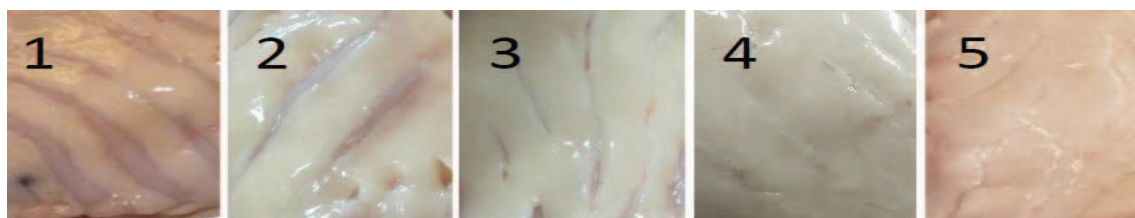
Maksimal temperatur var 15,1 °C den 19. august mens minimumstemperaturen var 4,1 °C den 2. april. Gjennomsnittstemperaturen for forsøksperioden var 10,6 °C.



**Figur 3.5** Sjøtemperatur på Pir A på Nofima Averøy gjennom forsøksperioden.

##### Innvollsfettscore:

Innvollsfett bedømmes visuelt og gis score fra 1 til 5 etter hvor mye av blindsekkene som er synlig mellom innvolls fett (Figur 3.6 og Tabell 3.3). Det ble gitt innvolls fettsscore i 10 fisk pr merd for hver periode. Gjennomsnitts innvolls fettsscore pr merd beregnes fra disse 10 fiskene.



**Figur 3.6** Skala for bedømming av innvolls fett i oppdrettslaks (Mørkøre et al. 2012)

**Tabell 3.3** Forklaring til skala for bedømming av innvollsfett i oppdrettslaks (Mørkøre et al. 2012).

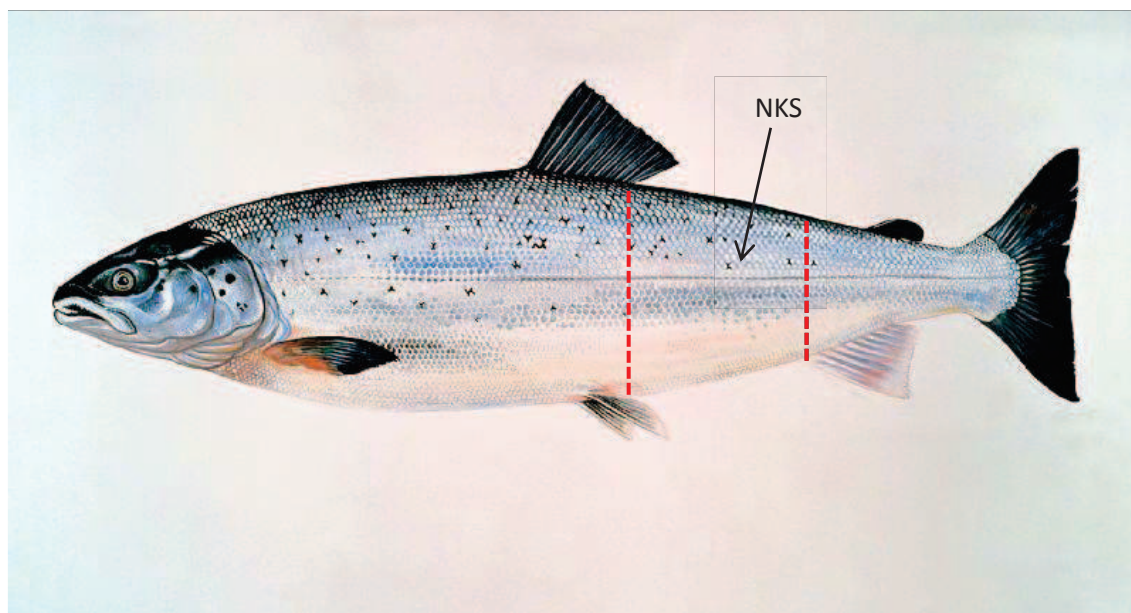
Innvollsfett Score	1	2	3	4	5
Forklaring	Godt synlig	Synlig	Sprekker	Synlig gjennom fettet	Ikke synlig gjennom fettet

**Lengde:**

Lengde måles fra nesetipp til midten av halefinnen. Det ble målt lengde av 10 fisk pr merd for hver periode. Gjennomsnittslengda pr merd beregnes fra disse 10 fiskene.

**NKS uttak:**

Norsk kvalitetssnitt (NKS) er laksekoteletten mellom bakenden av ryggfinnen og gattet, men tarmen og nyren tas ikke med i NKS (Figur 3.7). Blod og lignende ble tørket av NKS kotelettene og de ble fryst ned til -20 °C før de ble sendt til videre analyse.



**Figur 3.7** Norsk kvalitets snitt (NKS) (Modifisert fra: [www.kyst-norge.no](http://www.kyst-norge.no)).

**Muskelfettanalyse:**

Mengden muskelfett ble analysert i NKS. For 3 og 4mm perioden ble muskelfett analysert kjemisk i NKS på Nofimas laboratorium. Før analyse avskinner NKS og bein fjernes, (NS 9401 og NS 9402) deretter homogeniseres NKS. Fett i NKS bestemmes ved at prøven blir analysert på SOXTEC system HT6 og SOXTEC system 1047 Hydrolysing unit.



Metoden for å finne fettinnhold etter hydrolyse har tre trinn:

1. For ekstraksjon med petroleumseter.
2. Hydrolyse med 4M saltsyre.
3. Ekstraksjon med petroleumseter.

Løsningsmiddelet blir dampet av og deretter bestemmes fettmengden direkte.

For 6mm perioden ble muskelfettanalyse foretatt vha. Photo Fish måling. Photo Fish er et system for bildeanalyse av filetprøver av laks. Man legger venstre side av NKS inni en lystett kasse utstyrt med innvendig digitalkamera og standardiserte lys og fargeforhold. Bilde blir tatt og vha. bildeanalyse beregner dataprogrammet muskelfettprosent i filetbitene (Folkestad et al. 2008). NKS koteletten fra 10 fisk pr merd pr periode ble analysert for muskelfett prosent.

#### **Fôranalyser:**

Fôranalysene ble utført hos Eurofins. Alle tre fôrstørrelser av begge fôrtypene ble analysert for næringsinnhold (Tabell 3.1). Før analyse homogeniseres fôrprøven. Fettinnhold ble bestemt ved hjelp av samme metode som for muskelfett. Tørrstoffinnhold bestemmes ved veiing og tørking på 105 °C til konstant vekt. Aske innhold bestemmes ved brenning på varmeplate ved 550 °C til konstant vekt. Proteininnhold ble analysert som Nitrogen x 6,25 ved Kjeldahl metoden (Kjeltec Auto System, Tecator, Sverige). Stivelse ble analysert som glukose etter enzymatisk hydrolyse ved hjelp av Megazyme K-TSTA 05/06 totalt starch assay kit (Megazyme International Ltd, Irland). Til slutt ble energiinnhold bestemt ved hjelp av bombekalorimeter type Parr 1271.

### 3.3.2 Kalkulasjoner

#### Kondisjonsfaktor:

$$\text{Kondisjonsfaktor} = (V/L^3) \times 100$$

V = Vekt (g)

L = Lengde

#### Fôrinntak:

$$F_i = \left( \frac{(DR \times TS) - (FS \times TS_{FS} / REC_{FS})}{TS} \right)$$

F<sub>i</sub> = Fôrinntak

DR = Dagsrasjon

TS = Tørrstoff i fôr

FS = Fôrspill

TS<sub>FS</sub> = Tørrstoff i fôrspill

REC<sub>FS</sub> = Recovery av fôrspill

#### Snittvekt:

Snittvekt = Biomasse/antall.

#### Dagsrasjon:

DR = F<sub>i</sub> + 10 % overfôring

DR = Dagsrasjon

F<sub>i</sub> = Fôrinntak siste døgn.

#### Spesifikk fôrings rate (SFR):

$$\text{SFR} = \frac{(F_i / FD)}{(B_0 + B_1) / 2} \times 100$$

F<sub>i</sub> = Fôrinntak

FD = Antall fôringsdager

B<sub>0</sub> = Startbiomasse

B<sub>1</sub> = Sluttbiomasse

#### Biomasseøkning:

$$B_\emptyset = B_1 + V_d - B_0$$

B<sub>∅</sub> = Biomasseøkning

B<sub>0</sub> = Startbiomasse

B<sub>1</sub> = Sluttbiomasse

V<sub>d</sub> = Vekt dødfisk

#### Metode for databehandling:

Databehandling og alle kalkulasjoner ble gjort i Microsoft® Excel®. Statistiske analyser ble gjort i SAS og er beskrevet i kapittel 3.3.3

#### Biologisk Fôrfaktor (FCRb):

$$\text{FCRb} = F_i / B_\emptyset$$

F<sub>i</sub> = Fôrinntak

B<sub>∅</sub> = Biomasseøkning inkl. dødfisk

#### Fôrfaktor sløyd fisk (FCRs):

$$\text{FCRs} = F_i / B_{\emptyset S}$$

F<sub>i</sub> = Fôrinntak

B<sub>∅S</sub> = Biomasseøkning sløyd fisk inkl. dødfisk

#### Spesifikk vekstrate (SGR):

$$\text{SGR} = \sum (LNV_1 - LNV_0 / FD) \times 100$$

V<sub>0</sub> = Snittvekt start

V<sub>1</sub> = Snittvekt slutt

FD = Antall fôringsdager

#### Døgngrader:

$$\text{Døgngrader} = FD \times T_G$$

FD = Antall fôringsdager

T<sub>G</sub> = Gjennomsnittstemperatur

#### Termisk vekst faktor (TGC):

$$\text{TGC} = (V_1^{1/3} - V_0^{1/3} / \sum T) \times 1000$$

V<sub>0</sub> = Snittvekt start

V<sub>1</sub> = Snittvekt slutt

Σ<sub>T</sub> = Sum døgngrader

#### Dødfisk %:

$$\text{Dødfisk \%} = \frac{A_D \times 100}{A_S}$$

A<sub>D</sub> = Antall dødfisk

A<sub>S</sub> = Antall fisk start

### 3.3.3 Statistiske analyser:

Alle statistiske analyser er utført ved bruk av statistikkprogrammet «Statistical Analysis System» (SAS Institute) utgave 9,3 2013. Det ble brukt variansanalyse (ANOVA) og forutsetningen «General Linear Model» (GLM) for å påvise statistiske forskjeller mellom fisk gitt de to ulike fôrtypene.

Gjennomsnittsverdier for fôrtypene er beregnet vha. prosedyren «Least Square Means» (lsmeans). Variasjon/standardfeil er beregnet ved hjelp av «means» prosedyre. Resultatene er presentert som «gjennomsnitt ± standardfeil.».

#### Statistisk modell:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Responsvariabel

$\mu$  = Gjennomsnitt for alle observasjonene

$\alpha_i$  = Effekt av fôrtype  $i$ .

$\varepsilon_{ij}$  = Feilledd.

Antar at alle parameterne er normalfordelt med forventningsverdi  $\mu$ . Feilleddet antas uavhengig identisk fordelt med forventning lik 0. Merd er brukt som forsøksenhet. Det ble valgt å benytte statistisk testnivå  $P < 0.05$  for å påvise signifikante forskjeller. Trender er valgt å være ved  $0.05 < P < 0.1$ .

$R^2$  forteller hvor mye av den totale variasjonen i forklaringsvariabelen som forklares vha. modellen, dvs. hvor mye av variasjonen som kan forklares av fôrtype.  $R^2$ -verdiene sammen med P-verdier er oppgitt i teksten og i tabeller i resultatkapittelet.

## 4 Resultater

### 4.1 Produksjons og kvalitetsdata for hver av de tre periodene med ulik pellet størrelse.

#### 4.1.1 Produksjons og kvalitetsdata for 3mm perioden 28. mars – 11. juni.

Muskelfett, innvollsfettscore og kondisjonsfaktor gikk numerisk ned for fiskegruppene gitt både høyproteinfôr (HP) og lavproteinfôr (LP) i løpet av 3 mm perioden (28 mars – 11. juni). Det ble ikke observert signifikant forskjell mellom HP og LP for noen av de nevnte kvalitetsparameterne (Tabell 4.1).

Forinntaket (SFR) var numerisk lavere for HP enn LP uten signifikant forskjell, men en svak trend mot lavere SFR i HP gruppen ble observert ( $P=0.11$ ,  $R^2=0.52$ ) (Tabell 4.1). Høyproteinfôret gav signifikant lavere biologisk fôrfaktor (FCRb) enn lavproteinfôret (0.75 mot 0.80,  $P<0.01$ ,  $R^2=0.92$ ), og det samme ble observert for fôrfaktoren basert på sløydvekt (FCRs) (tabell 4.1). Vekstraten uttrykt både som specific growth rate (SGR) og thermal growth coefficient (TGC) var signifikant høyere for HP gruppen i denne perioden av forsøket.

Etter 3mm perioden hadde HP gruppen fått en signifikant høyere kroppsvekt enn LP gruppen (164g mot 160g,  $P<0.01$ ,  $R^2=0.95$ ).

**Tabell 4.1.** Produksjons og kvalitetsdata for 3mm perioden (28. mars – 11. juni). Biologisk fôrfaktor =FCRb, fôrfaktor sløyd fisk =FCRs.

Fôrtype Parametere / Merd	LAVPROTEIN			HØYPROTEIN			LAVPROTEIN	HØYPROTEIN	STAT	
	8	9	12	7	10	11	±S.E.M	±S.E.M	P-verdi	R <sup>2</sup>
Vekt utsett	95	95	95	95	95	95	95 ± 0.0	95 ± 0.0	-	0 %
Sluttvekt	159	160	160	163	164	164	160 ± 0.3	164 ± 0.3	< 0.01	95 %
SFR	0.56	0.55	0.57	0.53	0.55	0.55	0.56 ± 0.00	0.54 ± 0.01	0.11	52 %
FCRb	0.80	0.80	0.81	0.74	0.76	0.75	0.80 ± 0.00	0.75 ± 0.01	< 0.01	92 %
FCRs	0.94	0.95	0.95	0.87	0.88	0.86	0.95 ± 0.00	0.87 ± 0.01	< 0.01	15 %
SGR	0.71	0.71	0.71	0.74	0.74	0.74	0.71 ± 0.00	0.74 ± 0.00	< 0.01	99 %
TGC	1.57	1.57	1.57	1.65	1.65	1.66	1.57 ± 0.00	1.65 ± 0.00	< 0.01	100 %
Muskelfett utsett	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0 ± 0.0	5.0 ± 0.0	-	0 %
Muskelfett slutt	4.6	4.2	4.8	4.2	4.4	4.5	4.5 ± 0.2	4.4 ± 0.1	0.45	15 %
VSI slutt	12.4	13.2	12.4	12.6	12.1	11.6	12.6 ± 0.5	12.1 ± 0.5	0.26	0 %
Innv. fettscore utsett	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	-	0 %
Innv. fettscore slutt	1.3	1.5	1.2	1.7	1.4	1.4	1.3 ± 0.1	1.5 ± 0.1	0.28	28 %
Kond. faktor utsett	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30 ± 0.00	1.30 ± 0.00	-	0 %
Kond. faktor slutt	1.07	1.11	1.11	1.07	1.09	1.11	1.10 ± 0.01	1.09 ± 0.01	0.73	3 %
Dødelighet	0.1	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1 ± 0.1	0.0 ± 0.0	0.37	20 %

#### 4.1.2 Produksjons og kvalitetsdata for 4mm perioden 12. juni–23. juli

Gjennomsnitts muskelfett, innvollsmasse: visceral somatic index (VSI) og kondisjonsfaktor økte numerisk gjennom 4mm perioden (12. juni-23. juli) for fiskegruppene gitt både høyproteinfôr (HP) og lavproteinfôr (LP) (Tabell 4.2).

Muskelfett var signifikant lavere for HP gruppen enn LP gruppen (4.7 % mot 5.7 %,  $P=0.03$ ,  $R^2=0.6$ ). Det ble observert en trend til signifikant lavere VSI hos HP men på kondisjonsfaktor ble ingen signifikant forskjell observert mellom HP og LP (Tabell 4.2)

Innvollfettsscore gikk numerisk ned for både HP og LP gjennom 4mm perioden og var signifikant lavere for HP enn LP ( $P=0.01$ ,  $R^2=0.69$ )

Ingen signifikant forskjell ble observert mellom HP og LP på SFR, FCRb, FCRs, SGR, TGC eller kroppsvekt (Tabell 4.2).

**Tabell 4.2.** Produksjons og kvalitetsdata for 4mm perioden (12. juni–23. juli). Biologisk fôrfaktor =FCRb, fôrfaktor sløyd fisk =FCRs.

Fôrtype Parametere / Merd	LAVPROTEIN				HØYPROTEIN				LAVPROTEIN	HØYPROTEIN	STAT	
	5	8	9	12	6	7	10	11	±S.E.M	±S.E.M	P-verdi	R <sup>2</sup>
Startvekt	163	159	161	160	157	163	161	161	161 ± 0.9	161 ± 1.3	0.88	1 %
Sluttvekt	282	288	283	283	286	283	293	289	284 ± 1.4	288 ± 2.2	0.19	27 %
SFR	0.97	1.05	1.00	1.01	1.07	0.98	1.03	1.02	1.01 ± 0.02	1.02 ± 0.02	0.48	9 %
FCRb	0.72	0.74	0.73	0.73	0.74	0.73	0.73	0.74	0.73 ± 0.00	0.73 ± 0.00	0.26	20 %
FCRs	0.91	0.89	0.87	0.90	0.87	0.88	0.88	0.90	0.89 ± 0.01	0.88 ± 0.01	0.37	4 %
SGR	1.37	1.48	1.41	1.42	1.50	1.38	1.45	1.41	1.42 ± 0.02	1.43 ± 0.03	0.71	2 %
TGC	2.38	2.57	2.44	2.45	2.60	2.41	2.52	2.45	2.46 ± 0.04	2.49 ± 0.04	0.56	6 %
Muskelfett start	4.9	4.6	4.2	4.8	4.1	4.2	4.4	4.5	4.6 ± 0.2	4.3 ± 0.1	0.12	35 %
Muskelfett slutt	6.0	5.7	5.6	5.5	3.8	5.1	5.2	4.7	5.7 ± 0.1	4.7 ± 0.3	0.03	60 %
VSI slutt	14.4	12.9	12.9	13.7	11.7	13	12.5	12.6	13.4 ± 0.4	12.5 ± 0.3	0.08	78 %
Innv. fettsscore start	1.1	1.3	1.5	1.2	1.4	1.7	1.4	1.4	1.3 ± 0.1	1.5 ± 0.1	0.13	34 %
Innv. fettsscore slutt	1.3	1.5	1.3	1.3	0.6	1.0	1.1	1.0	1.4 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.01	69 %
Kond. faktor start	1.1	1.07	1.11	1.11	1.09	1.07	1.09	1.11	1.10 ± 0.01	1.09 ± 0.01	0.73	3 %
Kond. faktor slutt	1.12	1.11	1.11	1.15	1.05	1.14	1.13	1.11	1.12 ± 0.01	1.11 ± 0.02	0.53	7 %
Dødelighet	1.3	0.7	1.2	1.1	2.8	1.4	1.2	1.1	1.1 ± 0.1	1.6 ± 0.4	0.23	23 %

#### **4.1.3 Produksjons og kvalitetsdata for 6mm perioden 24. juli – 24. september.**

SFR var i 6mm perioden signifikant høyere for fiskegruppene gitt høyproteinfôr (HP) mot lavproteinfôr (LP) ( $P=0.05$ ,  $R^2=0.50$ ) (Tabell 4.3).

Biologisk FCR (FCRb) var ikke signifikant forskjellig mellom HP og LP og heller ingen trend til forskjell men FCR for sløyd fisk (FCRs) var signifikant lavere for HP mot LP (0.93 mot 0.98,  $P=0.01$ ,  $R^2=0.59$ ) (Tabell 4.3).

Vekst uttrykt som SGR og TGC var begge signifikant høyest for HP gruppen i perioden. SGR for HP mot LP gruppen (1.92 mot 1.78,  $P<0.01$ ,  $R^2=0.94$ ) mens TGC for HP mot LP gruppen (3.82 mot 3.46,  $P<0.01$ ,  $R^2=0.95$ ) (Tabell 4.3).

Muskelfett var ved starten av 6mm perioden signifikant lavest i HP (4.7 % mot 5.7 %) men ved slutten av perioden var muskelfett signifikant høyest i HP (13.5 % mot 11.6 %,  $P<0.01$ ,  $R^2=0.95$ ) (Tabell 4.3).

VSI var signifikant lavest for HP gruppen etter 6mm perioden (12.6 mot 14.3,  $P<0.01$ ,  $R^2=0.97$ ).

Innvollfettsscore viste en trend til lavere verdi for HP (Tabell 4.3).

Kondisjonsfaktor var signifikant høyest for HP etter perioden (1.45 mot 1.39,  $P=0.02$ ,  $R^2=0.65$ ) (Tabell 4.3)

Kroppsvekt ved starten av 6mm perioden var ikke signifikant forskjellig mellom gruppene men ved slutten av perioden var kroppsvekta signifikant høyest for HP gruppen (946g mot 836g,  $P<0.01$ ,  $R^2=0.94$ ) (Tabell 4.3).

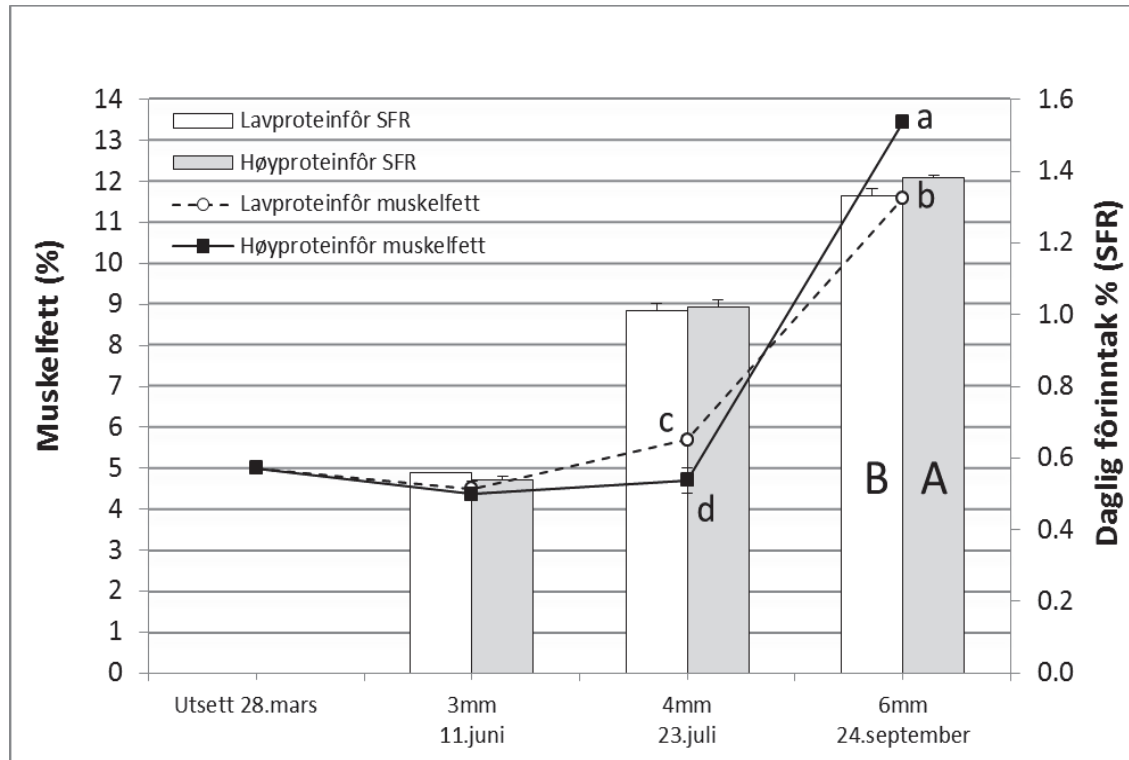
**Tabell 4.3.** Produksjons og kvalitetsdata for 6mm perioden (23. juli – 24. september). Biologisk fôrfaktor =FCRb, fôrfaktor sløyd fisk =FCRs.

Fôrtype Parametere / Merd	LAVPROTEIN				HØYPROTEIN				LAVPROTEIN	HØYPROTEIN	STAT	
	5	8	9	12	6	7	10	11	±S.E.M	±S.E.M	P-verdi	R <sup>2</sup>
Startvekt	282	288	283	283	288	284	283	283	284 ± 1.4	285 ± 1.2	0.79	1 %
Sluttvekt	818	867	827	833	946	935	953	948	836 ± 10.7	946 ± 3.8	< 0.01	94 %
SFR	1.28	1.33	1.33	1.37	1.39	1.38	1.36	1.38	1.33 ± 0.02	1.38 ± 0.01	0.05	50 %
FCRb	0.80	0.81	0.82	0.84	0.81	0.80	0.80	0.81	0.82 ± 0.01	0.80 ± 0.00	0.12	36 %
FCRs	0.95	0.98	0.99	1.01	0.94	0.93	0.93	0.93	0.98 ± 0.01	0.93 ± 0.00	0.01	59 %
SGR	1.74	1.80	1.79	1.80	1.92	1.92	1.92	1.91	1.78 ± 0.01	1.92 ± 0.00	< 0.01	94 %
TGC	3.37	3.53	3.46	3.48	3.82	3.81	3.83	3.81	3.46 ± 0.03	3.82 ± 0.00	< 0.01	95 %
Muskelfett start	6.0	5.7	5.6	5.5	3.8	5.1	5.2	4.7	5.7 ± 0.1	4.7 ± 0.3	0.03	60 %
Muskelfett slutt	11.2	11.9	11.7	11.6	13.7	13.5	13.4	13.2	11.6 ± 0.2	13.5 ± 2.4	< 0.01	95 %
VSI slutt	13.9	14.6	14.4	14.4	12.8	12.5	12.8	12.2	14.3 ± 0.2	12.6 ± 0.1	< 0,01	17 %
Innv. fettscore start	1.3	1.5	1.3	1.3	0.6	1.0	1.1	1.0	1.4 ± 0.1	0.9 ± 0.1	0.01	67 %
Innv. fettscore slutt	2.6	2.4	2.8	3.0	2.5	2.5	2.2	2.4	2.7 ± 0.1	2.4 ± 0.1	0.09	41 %
Kond. faktor start	1.12	1.11	1.11	1.15	1.05	1.14	1.13	1.11	1.12 ± 0.01	1.11 ± 0.02	0.53	7 %
Kond.faktor slutt	1.40	1.38	1.41	1.37	1.45	1.49	1.41	1.47	1.39 ± 0.01	1.45 ± 0.02	0.02	65 %
Dødelighet	1.0	0.4	2.2	1.2	0.4	0.6	0.3	1.2	1.2 ± 0.4	0.6 ± 0.2	0.24	22 %



## 4.2 Produksjons og kvalitetsdata oversikt over utvikling gjennom forsøksperioden.

### 4.2.1 Muskelfett og SFR

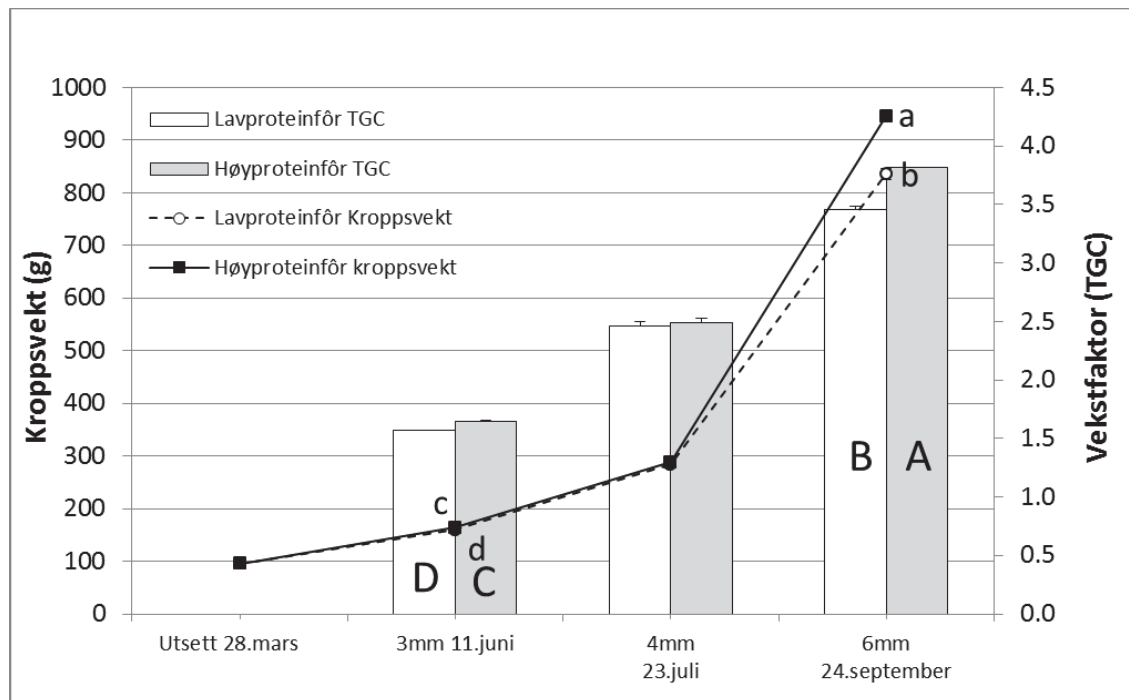


**Figur 4.1** Muskelfett og SFR. Muskelfett er presentert som grafer og fôrintak (SFR) som stolper. Verdiene er gjennomsnittsverdier og usikkerheten for gjennomsnittsverdiene er vist som standard error stolper. Signifikante forskjeller mellom HP og LP er vist som ulike blokkbokstaver for SFR og ulike småbokstaver for muskelfett.

Ved sjøutsett og forsøks start var muskelfettet 5.0%. Ved slutten av den første fôringsperioden kalt 3mm perioden (28.mars 2013 – 11. juni 2013), 9 uker etter sjøutsett, ble det observert en lik nedgang i fettinnhold hos begge fôrgruppene. Fôrintaket var lavt i denne perioden og ingen forskjell i SFR mellom gruppene ble registrert. I slutten av 4mm perioden (11.juni 2013 til 23. juli 2013) ble det observert en numerisk økning i muskelfett i LP gruppen, mens muskelfett i HP var tilnærmet uendret. Forskjellen i muskelfett i juli var signifikant og skapte forskjellig energistatus mellom gruppene. I denne perioden økte SFR kraftig, men økningen var lik for begge grupper.

SFR økte ytterligere i løpet av 6mm perioden (23. juli 2013 til 24. september 2013) og fisk gitt HP fôret hadde et signifikant høyere fôrintak enn fisk gitt LP fôret. Samtidig med økt fôrintak økte muskelfettet svært mye for begge gruppene og muskelfettet i HP gikk fra å være signifikant lavest etter 4mm perioden til å være signifikant høyest etter 6mm perioden.

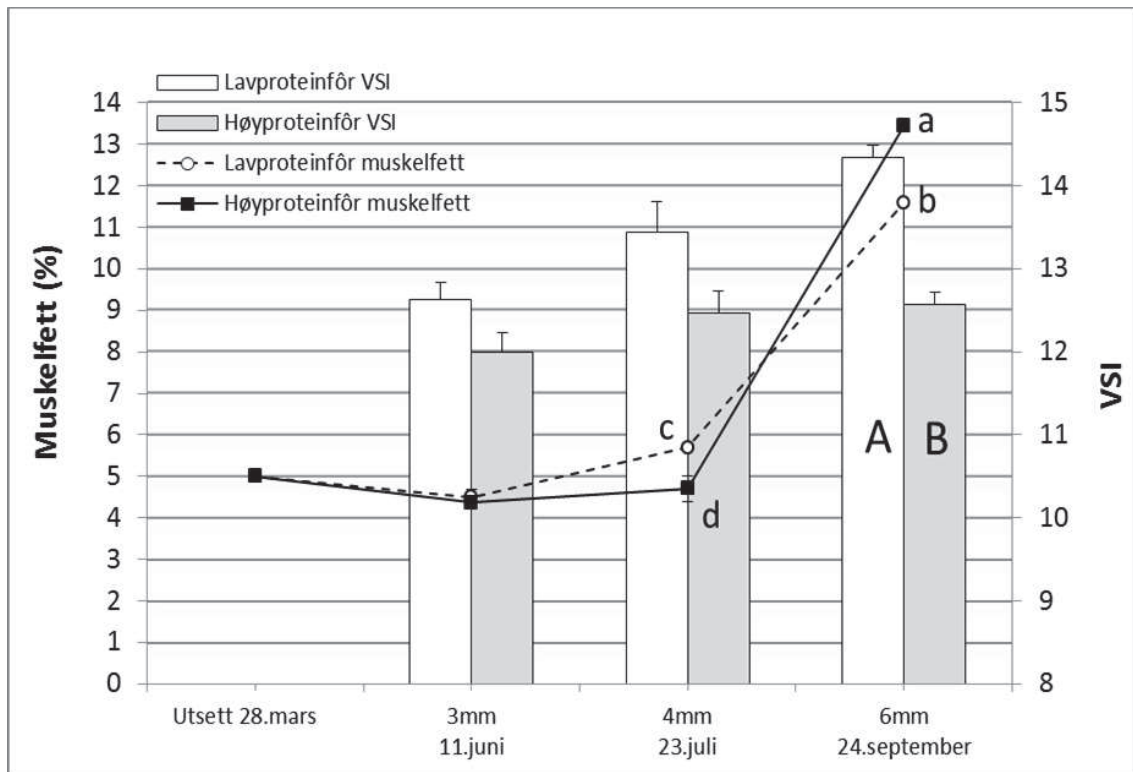
#### 4.2.2 Kroppsvekt og TGC



**Figur 4.2** Kroppsvekt og TGC. Kroppsvekt er presentert som grafer og vekstfaktor (TGC) som stolper. Verdiene er gjennomsnittsverdier og usikkerheten for gjennomsnittsverdiene er vist som standard error stolper. Signifikante forskjeller mellom HP og LP er vist som ulike blokkbokstaver for TGC og ulike småbokstaver for kroppsvekt.

Kroppsvekt var lik for begge fiskegruppene ved sjøutsett og forsøksart 28. mars (Fig 4.2). HP gruppen hadde signifikant høyest vekstfaktor (TGC) i 3mm perioden fra mars til juni og var signifikant størst i juni. Etter 4mm perioden i juli var kroppsvekt og vekstfaktor lik for begge grupper. Fra juli til september økte både TGC og kroppsvekt kraftig for begge grupper men begge var signifikant høyest for HP (Fig 4.2).

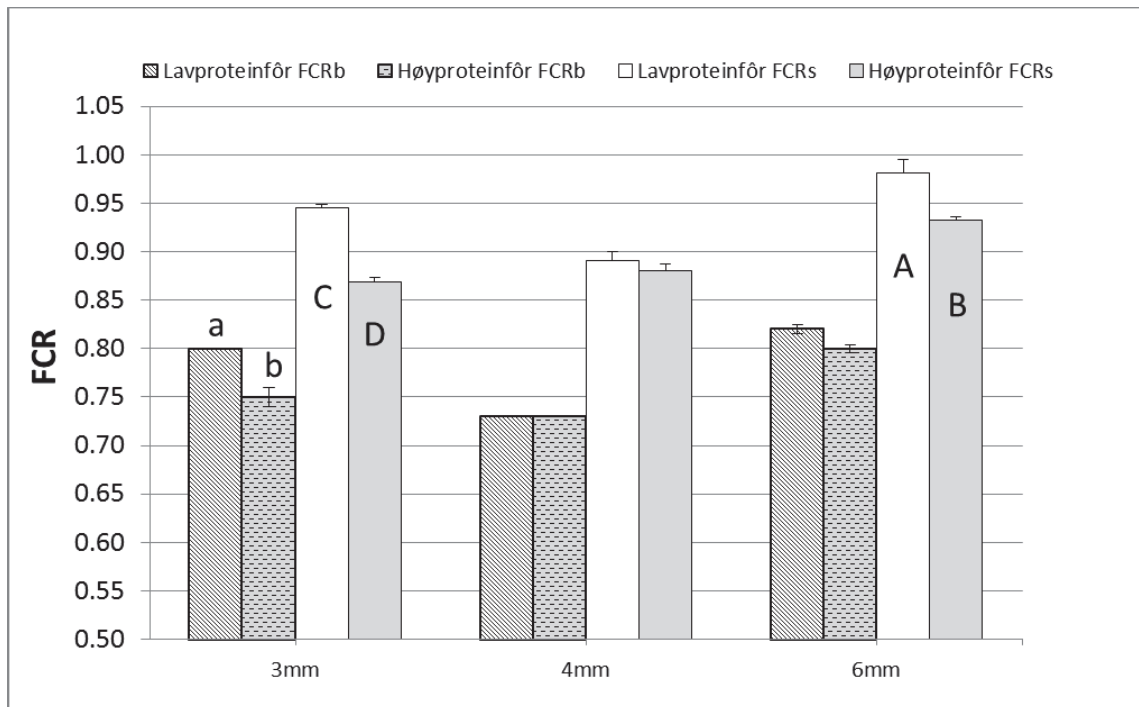
### 4.2.3 VSI og muskelfett



**Figur 4.3** Muskelfett og VSI. Muskelfett er presentert som grafer og visceral somatisk index (VSI) som stolper. Verdiene er gjennomsnittsverdier og usikkerheten for gjennomsnittsverdiene er vist som standard error stolper. Signifikante forskjeller mellom HP og LP er vist som ulike blokkbokstaver for VSI og ulike småbokstaver for muskelfett.

Innvollsmasse, visceral somatic index (VSI) var lik for begge gruppene ved forsøksstart 28. mars. VSI økte jevnt gjennom hele forsøket for begge gruppene men den økte raskere for LP og var numerisk høyere ved slutten av 3 og 4 mm periodene. Samtidig var muskelfett signifikant lavest for HP etter 4mm perioden i juli men etter 6mm perioden var muskelfett signifikant høyest for HP og hadde samtidig signifikant lavest VSI (Figur 4.3).

#### 4.2.4 FCR<sub>(biologisk)</sub> og FCR<sub>(sløyd)</sub>



**Figur 4.4** Biologisk fôrfaktor (FCR<sub>b</sub>) og fôrfaktor sløyd fisk (FCR<sub>s</sub>). FCR<sub>b</sub> er presentert som skraverte stolper og FCR<sub>s</sub> som ensfargede stolper. Verdiene er gjennomsnittsverdier og usikkerheten for gjennomsnittsverdiene er vist som standard error stolper. Signifikante forskjeller mellom HP og LP er vist som ulike blokkbokstaver for FCR<sub>s</sub> og ulike småbokstaver for FCR<sub>b</sub>.

Biologisk fôrfaktor (FCR<sub>b</sub>) og fôrfaktor på sløyd fisk (FCR<sub>s</sub>) ble begge signifikant lavest for HP gjennom 3mm perioden fra mars til juni (Figur 4.4). FCR<sub>b</sub> og FCR<sub>s</sub> ble numerisk lavere for begge gruppene gjennom 4mm perioden fra juni til juli men forskjellene mellom HP og LP ble jevnet ut. Det ble registrert en økning i både FCR<sub>b</sub> og FCR<sub>s</sub> gjennom 6mm perioden fra juli til september, og i september ble det observert signifikant lavere FCR<sub>s</sub> hos HP. Samtidig var FCR<sub>b</sub> lik for både HP og LP (Figur 4.4).

### 4.3 Produksjonsdata totalt for hele forsøket.

**Tabell 4.4** Produksjonsdata totalt for hele forsøksperioden (28. mars -24. september) for merd og fôrtype. Biologisk fôrfaktor =FCRb, fôrfaktor sløyd fisk =FCRs.

Fôrtype Parametere/Merd	LAVPROTEIN				HØYPROTEIN				LAVPROTEIN		HØYPROTEIN		STAT	
	5	8	9	12	6	7	10	11	±S.E.M		±S.E.M		P-verdi	R <sup>2</sup>
TGC totalt	3.04	3.21	3.12	3.14	3.46	3.43	3.46	3.44	3.13	0.03	3.45	0.01	0.00	0.93
FCRb totalt	0.79	0.80	0.80	0.82	0.79	0.79	0.78	0.79	0.80	0.01	0.79	0.00	0.07	0.45
FCRs totalt	0.94	0.96	0.97	0.99	0.93	0.92	0.92	0.92	0.96	0.01	0.92	0.00	0.01	0.72

TGC totalt for hele forsøksperioden (28. mars 2013 – 24. september 2013) var signifikant høyere for fiskegruppene gitt høyproteinfôr (HP) enn fiskene gitt lavproteinfôr (LP) (3.45 mot 3.13,  $P < 0.00$ ,  $R_2 = 0.93$ ) (Tabell 4.4).

Data fra hver periode er vektet mot vektøkningen i samme periode, perioden med mest vekst betyr derfor mest for total verdiene for hele forsøket.

Biologisk fôrfaktor (FCRb) for HP viste en trend til lavere enn for LP.

Fôrfaktor på sløyd fisk (FCRs) var signifikant lavere for HP i forhold til LP (0.92 mot 0.96,  $P = 0.01$ ,  $R_2 = 0.72$ ) (Tabell 4.4).

## 5 Diskusjon

### 5.1 Metode

Forsøket var godt planlagt av Nofimas profesjonelle forskere og gjennomført med stor nøyaktighet av de svært erfarne og dedikerte ansatte på Nofima forsøksstasjon på Averøy. Lite kunne vært gjort bedre i prosjektet med unntak av to detaljer.

Fisken ble ikke sultet før datainnsamlingen etter 3mm og 4mm perioden, mage og tarminnholdet måtte derfor skrapes ut da VSI skulle beregnes. Dette var noe sub-optimalt siden det varierte hvor mye av mageinnholdet man lyktes å fjerne fra innvollene i tillegg til at det var en arbeidskrevende og grisete prosess. Fisken burde vært sultet på forhånd, det ville gitt mer nøyaktig vekt av rene innvoller, og mer nøyaktig VSI beregning. Sulting ble forøvrig gjennomført før det avsluttende uttaket etter 6mm perioden.

Fisken som skulle inn på labben til analyse ved utsett ble ikke bløgget. Blodet var da fortsatt i fisken da den ble undersøkt og resulterte i betydelig blodsøl på NKS kotelett, lever, innvoller og sløyd fisk før veiing og analysering. Blodet ble forsøkt tørket av men mengden gjenværende blod og mengden vann som ble fjerna samtidig varierte og skapte en unødvendig usikkerhet ved veiing. Fisken burde vært bløgget på forhånd, det ville gitt mer nøyaktig vekt av rene indre organ, vært raskere, mindre grisete og bedret den generelle undersøkelsen siden alle overflater ville vært rene. Bløgging ble forøvrig gjennomført før de andre datainnsamlingene.

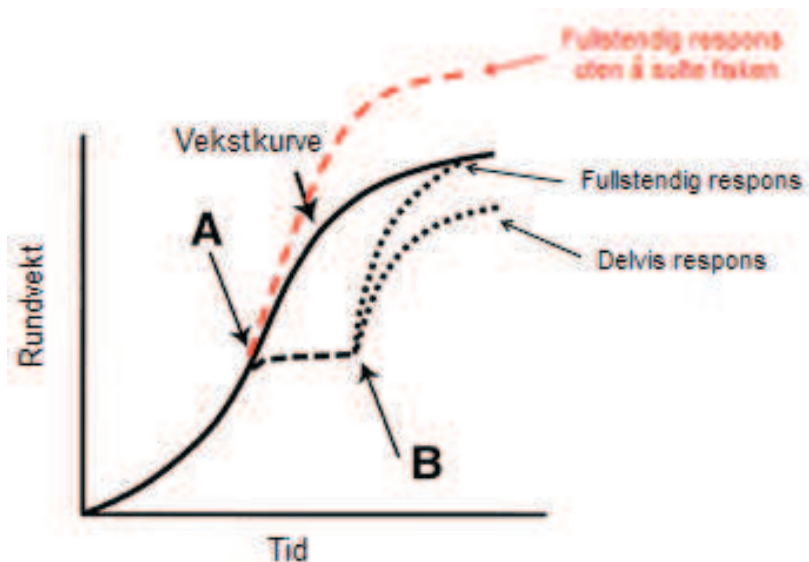
## 5.2 Resultater

### 5.2.1 Fett og fôrinntak.

Etter 10 uker i sjø ble det tydelig observert en nedgang i muskelfett hos begge fiskegruppene gitt fôr med høy og lavt innhold av protein. Det stemmer godt med tidligere forsøk hvor det ble observert at tiden etter sjøutsett av 1+ smolt ved økende daglengde på våren har vist seg å være en energikrevende periode hvor appetitt og fôrinntak går ned (Alne et al. 2009; Alne et al. 2011). Dette tyder på at smolten ikke får dekket energibehovet sitt vha. fôret og forbrenner da sitt eget kroppsfett til energi, som resulterer i en betydelig nedgang i kondisjonsfaktor og påfølgende nedgang i muskelfett. I denne energikrevende perioden er det vist at sykdommer fort kan oppstå (Alne et al. 2009; Rørvik et al. 2007) samt at fôrutnyttelse og vekst reduseres i denne perioden (Alne et al. 2011).

Denne utviklingen fortsetter inntil daglengden faller i starten av juli og laveste kondisjonsfaktor og fettnivå er ofte registrert på denne tida (Alne et al. 2009). Det stemmer godt med at både HP og LP hadde lavest muskelfett 11. juni og hadde økt muskelfett igjen til 24. juli, men 24. juli var muskelfett i HP signifikant lavere enn LP. Det var fremprovosert en magrere fisk (HP) antagelig pga. magrere fôr.

Det reduserte muskelfettnivået i HP i juli var antagelig årsaken til det signifikant høyere fôrinntaket og muskelfett økningen i HP fra juli til september. Det stemmer godt med at tidligere forsøk har vist at fôrinntak hos laks er lipostatisk regulert. Etter en reduksjon i muskelfett er det gjentatte ganger observert at mager fisk vil øke fôrinntaket for å bygge opp fettreservene (Jobling & Johansen 1999; Johansen et al. 2001; Johansen et al. 2002; Johansen et al. 2003). I tidligere forsøk var laksen gitt redusert fôrrasjon eller svært magert fôr for å framprovosere reduksjon i muskelfett, og i disse forsøkene tapte fisken tilvekst i fettreduksjonsfasen (Fig 5.1). I dette forsøket var målet og produsere en mager fisk i fettreduksjonsfasen, uten å tape tilvekst. Fisken fikk fri tilgang på fôr også gjennom fettreduksjonsfasen og både HP og LP hadde likt fôrinntak, vekst og kroppsvekt men HP fikk noe magrere fôr og fikk dermed signifikant lavere muskelfett i denne perioden.



**Figur 5.1** Prinsippet for normal vekst, lipostatisk regulering og kompensasjonsvekst (Modifisert av Kjell-Arne Rørvik fra (Jobling & Johansen 1999)).

Tidligere forsøk på lipostatisk regulering av fôrinntak på laks er gjort innendørs på 24 timers lysregime, mens dette forsøket er gjort i sjø med naturlig lysregime. Flere tidligere forsøk har vist store årstidsvariasjoner i laksens fôrinntak og retensjon av fett og protein. Laksen øker fôrinntak og muskelfettnivå kraftig ved fallende daglengde første høst i sjø (Alne et al. 2011; Lysfjord et al. 2004; Mørkøre & Rørvik 2001). Det samme ble observert for både HP og LP i dette forsøket.

Den sesongstyrte økningen i muskelfettnivå ved fallende daglengde første høst i sjø, forsterket antagelig effekten av lipostatisk regulering og ga HP et høyere fôrinntak, muskelfett økning og vekst enn det ville vært ved et konstant lysregime (24 timers lys).

Det at muskelfett i HP endte signifikant høyere og VSI signifikant lavere enn i LP var uventa (Fig 4.3). Forklaringen kan være at HP fiskene prioriterte å lagre fett i muskelen i fettakkumuleringsfasen fra juli til september mens LP prioriterte å lagre mer av fett i innvollene. Siden VSI inkluderer både innvollsfett og selve innvollene må det kjemiske analyser til for å fastslå andelen fett i de enkelte VSI målingene.



### 5.2.2 Vekst og kroppsvekt

Perioden fra utsett til juli kan sees på som en oppbyggingsfase hvor det ble produsert en mager HP smolt vha. magert proteinrikt fôr, uten å tape tilvekst. Både HP og LP hadde nå samme vekst og kroppsvekt men HP hadde signifikant lavere muskelfett. Dette var planlagt og forventet da man fra tidligere forsøk hadde observert at laks viser en kraftig lipostatisk regulert kompensasjonsvekst i perioden etter en reduksjon i muskelfett (Fig 5.1) (Johansen et al. 2001; Johansen et al. 2002; Johansen et al. 2003) Den magre HP laksen hadde derfor økt potensiale for kompensasjonsvekst og siden kroppsvekt var lik for HP og LP ved starten av kompensasjonsveksten i juli, ville all ekstra kompensasjonsvekst fra lipostatisk regulering komme i tillegg til den normale veksten (Fig 5.1). HP fikk dermed full kompensasjonsvekst -uten forutgående sulting, og signifikant høyere vekst og kroppsvekt enn LP fra juli til september.

Flere tidligere forsøk har vist store årstidsvariasjoner i laksens vekst. Veksten og kroppsvekt øker betydelig på fallende daglengde første høst i sjø (Alne et al. 2011; Lysfjord et al. 2004; Mørkøre & Rørvik 2001). Det samme ble observert for både HP og LP i dette forsøket, men HP hadde signifikant høyere vekst og kroppsvekt enn LP.

Den sesongstyrte økningen i vekst og kroppsvekt på fallende daglengde første høst i sjø forsterket antagelig effekten av kompensasjonsvekst og ga høyere vekst og kroppsvekt for HP fra juli til september enn det ville vært med bare lipostatisk regulert kompensasjonsvekst ved konstant lysregime (24 timers lys).

### 5.2.3 FCRs

HP gruppen hadde lavest fôrfaktor på sløyd fisk (FCRs) og lavest VSI i september. Samtidig hadde HP høyest muskelfettnivå (Fig 4.3). HP akkumulerte fett på høsten i den spiselige muskelen istedenfor i de uspiselige innvollene. Dette var uventet men det kan derfor antas at laks prioriterer å lagre fett i muskelen i stedet for innvollene under lipostatisk regulert kompensasjonsvekst første høst i sjø.

### 5.3 Hva kan gjøres videre?

Med kunnskapen etter dette forsøket oppstår nye spørsmål og muligheter det hadde vært interessant å undersøke videre. Det er en mulighet å starte fôring med magert proteinrikt fôr tidligere i laksens livssyklus. Kanskje er det mulig å produsere mager smolt allerede i settefiskfasen og oppnå samme lipostatisk regulerte forinntak og dertil økt vekst og slakteutbytte helt fra settefiskfasen?

Perioden med økt forinntak for å øke fettnivået på fallende daglengde kunne på samme måte kanskje vært forlenget utover vinteren og kanskje til våren vha. enda magrere fôr denne perioden, enn i dette forsøket, siden laksen her nådde høyt fettnivå svært raskt. Dette kan gi økt tilvekst helt fra første høst i sjø til påfølgende vår.

Er det samtidig mulig å forlenge perioden hvor laksen spiser seg opp, kanskje til å gjelde store deler av laksens liv vha. magert nok fôr? Laksen kunne fått magrere mer proteinrikt fôr gjennom hele livssyklusen fra f.eks. startfôring på settefiskanlegget til slakt. Slik er det kanskje mulig å holde laksen noe magrere gjennom mesteparten av livsløpet. I forsøk på og nå ønsket fettnivå vil laksen kanskje ha konstant forhøyet fôrinntak og vekst gjennom hele livet og kan resultere i signifikant høyere slaktevekt og slakteutbytte.

For å kunne sammenligne og følge samme tråden som i dette forsøket i videre forsøk, kan protein og fettinnhold i fôret til laksens ulike livsstadier beregnes ved at man legger seg f.eks. 2 % over «vanlig» proteinnivå for ulike størrelser av kommersielle fôr og passe på at proteinnivå harmonerer med dette forsøket. Fettnivå kan tilsvarende reduseres for å få fordøyelig energi som i «vanlig» kommersielle fôr.

## 6 Konklusjon

I dette forsøket ble det vist at det er mulig å framprovosere forskjeller i muskelfett hos 1+ post smolt første sommer i sjø ved å bruke to fôr med ulikt innhold av protein og fett, men med samme fordøyelig energi. Smoltgruppen som fikk et magert proteinrikt fôr tapte ikke tilvekst eller kroppsvekt sammenliknet med smoltgruppen som fikk et mer fettrikt fôr etter utsett. Derimot akkumulerte smolten gitt høyproteinfôr signifikant mindre fett i muskel og innvoller i sommerperioden. Dette resulterte i et oppregulert fôrinntak og bedre vekst for smolten gitt høyproteinfôret den påfølgende høstperioden ved fallende daglengde. Ved sluttuttaket hadde dermed fisken gitt høyproteinfôret en høyere kroppsvekt. Det er dermed mulig å fremprovosere en økt vekst uten å sulte fisken, men ved å endre fettinnholdet i fisken (fig 5.1).

## 7 Referanser

- Alne, H., Thomassen, M. S., Sigholt, T., Berge, R. K. & Rørvik, K.-A. (2009). Reduced sexual maturation in male post-smolt 1+ Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) by dietary tetradecylthioacetic acid. *Aquaculture Research*, 40 (5): 533-541.
- Alne, H., Oehme, M., Thomassen, M., Terjesen, B. & Rørvik, K.-A. (2011). Reduced growth, condition factor and body energy levels in Atlantic salmon *Salmo salar* L. during their first spring in the sea. *Aquaculture Research*, 42 (2): 248-259.
- Dessen, J.-E. (2011). *Influence of dietary tetradecylthioacetic acid (TTA) on lipid content and fatty acid composition in liver of 1+ Atlantic salmon (Salmo salar L.) and sex-specific differences in muscle fat provoked by TTA.* Masteroppgave. Ås: Universitetet for Miljø og biovitenskap, Institutt for husdyr og akvakulturvitenskap, IHA. 71 s.
- Einen, O., Morkore, T., Rora, A. M. B. & Thomassen, M. S. (1999). Feed ration prior to slaughter - a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 178 (1-2): 149-169.
- Eriksson, L. O. & Lundqvist, H. (1982). CIRCANNUAL RHYTHMS AND PHOTOPERIOD REGULATION OF GROWTH AND SMOLTING IN BALTIC SALMON (*SALMO-SALAR* L.). *Aquaculture*, 28 (1-2): 113-121.
- Folkestad, A., Wold, J. P., Rørvik, K.-A., Tschudi, J., Haugholt, K. H., Kolstad, K. & Morkore, T. (2008). Rapid and non-invasive measurements of fat and pigment concentrations in live and slaughtered Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 280 (1-4): 129-135.
- Folmar, L. C. & Dickhoff, W. W. (1980). The parr—Smolt transformation (smoltification) and seawater adaptation in salmonids: A review of selected literature. *Aquaculture*, 21 (1): 1-37.
- Foskett, J. K., Bern, H., Machen, T. & Conner, M. (1983). Chloride cells and the hormonal control of teleost fish osmoregulation. *Journal of Experimental Biology*, 106 (1): 255-281.
- Frøiland, E., Jobling, M., Björnsson, B. T., Kling, P., Ravuri, C. S. & Jørgensen, E. H. (2012). Seasonal appetite regulation in the anadromous Arctic charr: Evidence for a role of adiposity in the regulation of appetite but not for leptin in signalling adiposity. *General and Comparative Endocrinology*, 178 (2): 330-337.
- Helland, S. J., GrisdaleHelland, B. & Nerland, S. (1996). A simple method for the measurement of daily feed intake of groups of fish in tanks. *Aquaculture*, 139 (1-2): 157-163.
- Hoar, W. (1988). The physiology of smolting salmonids. *Fish physiology*, 11 (part B): 275-343.

- Jobling, M. & Johansen, S. J. S. (1999). The lipostat, hyperphagia and catch-up growth. *Aquaculture Research*, 30 (7): 473-478.
- 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 (12): 963-974.
- Johansen, S. J. S., Ekli, M. & Jobling, M. (2002). Is there lipostatic regulation of feed intake in Atlantic salmon *Salmo salar* L.? *Aquaculture Research*, 33 (7): 515-524.
- Johansen, S. J. S., Sveier, H. & Jobling, M. (2003). Lipostatic regulation of feed intake in Atlantic salmon *Salmo salar* L. defending adiposity at the expense of growth? *Aquaculture Research*, 34 (4): 317-331.
- Kartverket. (2013). *Norgeskart.no*.  
<http://beta.norgeskart.no/#5/378604/7226208>: Kartverket.
- Kavaliers, M. (1980). The pineal organ and circadian rhythms of fishes. *Environmental physiology of fishes*: 631-645.
- Kennedy, G. C. (1953). The role of depot fat in the hypothalamic control of food intake in the rat. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, 140 (901): 578-592.
- Lysfjord, G., Jobling, M. & Solberg, C. (2004). Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolt production strategy affects body composition and early seawater growth. *Aquaculture*, 237 (1-4): 191-205.
- McCormick, S. D. & Saunders, R. L. (1987). *Preparatory physiological adaptations for marine life of salmonids: osmoregulation, growth, and metabolism*. Am. Fish. Soc. Symp.
- McCormick, S. D., Saunders, R. L., Henderson, E. B. & Harmon, P. R. (1987). Photoperiod control of parr-smolt transformation in Atlantic salmon (*Salmo salar*): changes in salinity tolerance, gill Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase activity, and plasma thyroid hormones. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44 (8): 1462-1468.
- Mørkøre, T. & Rørvik, K.-A. (2001). Seasonal variations in growth, feed utilisation and product quality of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) transferred to seawater as 0+smolts or 1+smolts. *Aquaculture*, 199 (1-2): 145-157.
- Mørkøre, T., Åsli, M., Sanden, K. W., Dessen, J. E., Bjerke, M. T., Holt, K. G. & Rørvik, K.-A. (2012). Tekstur og fett i laksefilet, 978-82-8296-032-8. Tromsø: Nofima.
- Olafsen, T. & Almås, K. A. (2012). *Verdiskaping basert på produktive hav i 2050*. Trondheim: DKNVS.

- Rørvik, K. A., Alne, H., Gaarder, M., Ruyter, B., Måseide, N. P., Jakobsen, J. V., Berge, R. K., Sigholt, T. & Thomassen, M. S. (2007). Does the capacity for energy utilization affect the survival of post-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar* L., during natural outbreaks of infectious pancreatic necrosis? *Journal of Fish Diseases*, 30 (7): 399-409.
- Salte, R. (2002). *Fiskehelse: teknisk fagskole, linje for naturbruk : fordypningsområde akvakultur*. Oslo: Gan.
- Sjømatrådet. (2014). *Rekordhøy verdi for lakseeksporten*. Seafood.no: Norges sjømatråd. Tilgjengelig fra: <http://www.seafood.no/Nyheter-og-media/Nyhetsarkiv/Pressemeldinger/Rekordh%C3%B8y-verdi-for-lakseeksporten2> (lest 23.04.2014).
- Staurnes, M., Sigholt, T., Åsgård, T. & Baeverfjord, G. (2001). Effects of a temperature shift on seawater challenge test performance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt. *Aquaculture*, 201 (1-2): 153-159.



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
67 23 00 00  
[www.nmbu.no](http://www.nmbu.no)