



OPTIMAL FÔRING AV BERGGYLT I LAKSEMERD

OptiFôr

Interne forfattere: **Øystein Sæle, Takaya Saito og Reidun Bjelland**

Eksterne forfattere: **Katerina Kousoulaki, Ida Hansen og Ivar Rønnestad**

Tittel (norsk og engelsk):

Optimal fôring av berggylt i laksemerd

Optimal feeding of ballan wrasse in salmon net pens

Undertittel (norsk og engelsk):

OptiFôr

Rapportserie:

Velg i nettversjonen

Nr.–År:

1-2023

Dato:

04.10.2023

Distribusjon: Åpen**Prosjektnr.:**

15774

Oppdragsgiver(e):

FHF

Oppdragsgivers referanse:

901694

Program:

Fremtidens Havbruk

Forskningsgruppe:

Fôr og Ernæring

Antall sider totalt:

42

Interne forfattere: Øystein Sæle og Reidun Bjelland**Eksterne forfattere:** Katerina Kousoulaki, Ida Hansen og Ivar Rønnestad**Redaktør(er):****Kontaktperson(er):**

Øystein Sæle

Godkjent av:

Velg i nettversjonen

Sammendrag (norsk):

Bruk av rensefisk for å bekjempe lakselus er godt etablert i europeisk oppdrett. I Norge ble omtrent 61 millioner rensefisk brukt i lakseoppdrett i 2019. Flertallet av disse var oppdrettede rognkjeks og villfanget leppefisk, men en økende del av rensefisken er oppdrettede berggylt. Dessverre forverres vanligvis velferden til disse fiskene raskt etter at de har blitt overført til laksemerder. Vår hypotese er at dårlig ernæring er en viktig faktor for den dårlige velferden og dermed overlevelsen. For å undersøke dette, formulerte vi to dietter for å teste mot en standard kommersielt fôr. Basert på tidligere forskning har vi laget en “gull standard” diet for best næringsverdi og smakelighet. Dette fôret hadde høyt innhold av torskfiletproteiner (30 %) og rekemel (28 %). Målet med det andre fôret var å lage et mer bærekraftig (og rimeligere) fôr som fisken trives med like godt som “gullstandard” fôret. Dette fôret hadde høyt innhold av insektmel (20 %) og krillmel (24 %), men også noe rekemel (14 %) for smak. Disse to fôrene ble sammenlignet med et vanlig kommersielt fôr. Fisk injisert med pit-tags ble introdusert i 9 små laksemerder sammen med laks i september, og hvert fôr ble tilbudt fisk i tre enheter. Ved slutten av november ble all fisk målt for lengde og vekt før de ble overført til en større laksemerd for lagring over vinteren (common garden). Seks fisk fra hver laksemerd (18 fra hver behandling) ble også analysert for lever- og innvollsindeks samt energilagring. Fôringsstasjonene i laksemerdene var utstyrt med antenner for deteksjon av pit-tags. Disse dataene, sammen med analyser av film, ble brukt til å evaluere fôringsmønstrene til



leppefisken. Etter tre måneder i lakselaksemerdene viste leppefisk som fikk standard kommersiell diett en negativ SGR på -0,1, mens gruppene med forsøksfôrene økte i vekt med en SGR på 0,07 og 0,12, henholdsvis. Dette er, så vidt vi vet, første gang noen har vist vekst hos leppefisk i en laksemerd. Dette ble støttet av en høyere lever- og innvolls-indeks samt mer energi i innvoller (fettlagre) gruppene gitt forsøksfôrene sammenlignet med gruppen som fikk kommersiell diett. Ved nærmere analyser av appetittgener hjerne og tarmtranskriptomet fant vi et gen i hjernen på berggylt som var oppregulert i fiskegruppen som vokste dårligst. agouti-related protein (AgRP1) er kjent som et orexigenisk peptid som vil øke forinntak. Vi foreslår at dette er en god markør for ernæringsstatus. PIT-tag-dataene viste et tydelig daglig fôringsmønster der leppefisken spiste mellom kl. 08:00 og kl. 15:00 om ettermiddagen. Dette er nyttig kunnskap for beste praksis med fôring i fiskeoppdrett. I følge PIT-tag-dataene foretrekker fisken fôret i form av pellets i nettingposer fremfor fôrblokker i nettingposer.

Summary (English):

The use of cleaner fish as an anti-ectoparasite practice is well established in European salmon farming. In Norway around 61 million cleaner fish were deployed in salmon farms in 2019. The majority of these were farmed lump fish and wild caught labrids, but a growing part of the cleaner fish is the farmed labrid; ballan wrasse. Unfortunately, the welfare of these fish usually deteriorates rapidly after they have been transferred to the salmon pens. We have hypothesised that poor nutrition is a major factor for the poor welfare and consequently survival. To investigate this we formulated two diets, to test against a standard commercial feed. With our previous experience we produced a palatable and nutritious diet, a “golden standard”. This diet was high in cod fillet proteins (30 %) and shrimp meal (28 %). The goal with the other test diet was to match the “gold standard” with more sustainable (and affordable) ingredients, like insect meal (20 %) and krill meal (24 %), but also some shrimp meal (14 %) for palatability. As a reference we used a standard commercial diet. Fish injected with pit-tags were introduced to 9 small net pens together with salmon, in September and each feed offered to fish in three units. In the end of November all fish were measured for length and weight before transfer to a larger net pen for storage over the winter (common garden design). Six fish from each net pen (18 from each treatment) were also sampled for liver and GI-tract index and energy storage. Feeding stations in the net pens were equipped with antennas for detection of pit-tags. Together with analysis of films of the feeding stations, these data were used to evaluate feeding patterns of the wrasse. After three months in salmon net pens the wrasse given the standard commercial diet showed a negative SGR of - 0.1 whereas the “gold standard” and “sustainable” diet groups gained weight with a SGR of 0.07 and 0.12 accordingly. This is as far as we know the first time anyone has shown growth of wrasse in a net pen. This was supported by a higher liver and GI-tract index in the test diet groups compared to the group given the commercial diet. The viscera of the test diet fish was higher in energy (more fat) than that of the commercial diet fish. When analysing the appetite related genes in the transcriptome of brain and intestine, there was one single gene upregulated in brain of the poorest growing fish. Agouti-related protein (AgRP1) is known as an orexigenic peptide that increase appetite. We suggest this gene as a marker of poor nutrition status. The pit-tag data showed a clear daily feeding pattern, where the wrasse was feeding between 08:00 until 15:00 in the afternoon. This is useful knowledge for best feeding practice at the fish farm. According to these data the fish also prefers the feed as pellets in a net, rather than feed blocks in a net.

Innhold

1	Bakgrunn.....	6
1.1	Prosjektorganisering og omfang	7
1.2	Nøkkelkompetanse, ansvar og roller til personer i prosjektgruppen:.....	7
1.3	Referansegruppe.....	8
2	Problemstilling og formål.....	9
2.1	Hovedmål	9
2.2	Resultatmål.....	10
3	Prosjektgjennomføring	11
3.1	Fôrsammensetninger og produksjon	11
3.2	Forsøksoppsett:	13
3.3	RNA sekvensering	15
3.4	Vekst	15
3.4.1	Kondisjonsfaktor	16
3.4.2	Spesifikk vekstrate (SGR)	17
3.5	Velferdsindikatorer	17
3.6	Organer	19
3.6.1	Visceral index	19
3.6.2	Lever index.....	19
3.7	ENERGI.....	20
3.7.1	Fôr.....	20
3.7.2	Visceral Energi	22
3.7.3	Leverenergi.....	22
3.8	Fôrpreferanse og fôrregime	25
3.8.1	Antenneregistrering	25
3.8.2	Videoanalyse av appetitt.....	26
3.9	Apetitt.....	27
3.10	Kommentar til genuttrykk i hjernen	31
4	Diskusjon	32
4.1	Hovedfunn.....	32
4.2	Vekst	32
4.3	Energistatus	33
4.4	Vekst kontra energilagring.....	34
4.5	Organindeks	34
4.6	Preferanse, blokk eller pellets	35
4.7	Fiskevelferd.....	35
5	Sammendrag og anbefaling.....	39
6	Leveranser	40

1 Bakgrunn

Laksenæringen og forvaltningen i Norge er av den oppfatningen at vi bør fase ut bruk av villfanget rensefisk. For å få dette til trenger vi økt kunnskap om hvordan vi i oppdrett kan sikre god velferd, og dermed kvalitet fra stamfisk til fisk som skal settes i sjø. Dette er avhengig av en rekke faktorer, deriblant et godt tilpasset fôr. Gjennom en rekke prosjekter som LeppeProd (FHF# 900554), CleanFeed (FHF# (901331), GutMattars (NFR# 244170) og CleanLifeCycle (FHF# 901562) har ernæringsbehov i de fleste livsstadier blitt undersøkt.

Vi vet derfor ganske mye om berggyltens ernæringsbehov fra kontrollerte forsøk i kar på land (Hamre et al., 2013). Minst like viktig som ernærings sammensetningen er fôrets sammensetning av råvarer og behandlingen av disse (Kousoulaki et al., 2021, 2015). En rekke forsøk har vist at denne arten er veldig kresen og kan nekte å spise et fôr som har for mye fiskemel og for lite rekemel (pers kom. alle som har fôret en berggylt). Med denne kunnskapen i bunn laget vi et velsmakende og velbalansert fôr, som stamfisk i kar hadde god appetitt på i FHF prosjektet CleanLifeCycle (901562). Vi mener derfor vi vet hvordan et optimalt berggyltfôr skal lages. Den store ulempen med dette fôret er at det er veldig dyrt i produksjon. Kommersielle fôr er rimeligere, men består av ikke fullt så egnede ingredienser både med tanke på næringsinnhold og smakelighet.

Familien Labridae, der berggylten tilhører, er kjent for å danne intrikate sosiale strukturer med et hierarkisk system (Costello, 1991). Dette kommer ikke godt til syne i kar på land under påvekstfasen, da tettheten av fisk er ganske høy, dette bryter ofte ned hierarkisk adferd. Hierarki kommer tydeligere frem i kar med stamfisk. Her sikres fiskens tilgang på fôr med at fisken har god plass og fôr spres i vannet. Hvordan den hierarkiske adferden kommer til uttrykk i en laksemerd er fortsatt uvisst. Man har sett på adferden rundt fôrposer i skjulene i laksemerkene med video, men i slike observasjoner er det vanskelig skille mellom individer innad i en art. Dette er derfor ikke et egnet verktøy for å karakterisere artens sosiale struktur i forhold til fôrinntak.

Berggylte i naturen vil ha en variert diett bestående av ulike krepsdyr, bløtdyr og påvekstorganismer. De er tilpasset å «nibble» (knaske/småspise) mat, samtidig som de ikke er i stand til å innta store, men sjeldnere, måltider pga. manglende magesekk. Utforming på fôr (pelletstørrelse, fôrblokk, fôrpose) og fôringsrutiner bør tilpasses dette. Antall utforingspunkt og plassering av disse bør plasseres der fisken er, noe som gjerne vil variere i løpet av sesongen.

Målsetningen i dette prosjektet var å dokumentere effekten av ernæring og fôringsstrategi på fiskevelferd og beiting av lus, under hele produksjonssyklusen (sjøfasen) av laks. I prosjektet ble det

produsert fôr basert på erfaringer fra tidligere forsøk med påvekst- og stamfiskfôr. Vi undersøkte preferanser av fôrets sammensetning og form, med og uten laks i merden. Adferden ved fôringsstasjonene ble nøye undersøkt, med og uten laks i merd for å si noe om appetittrespons på fôrene. Vi undersøkte også om vi kunne identifisere biologiske indikatorer på appetitten til berggylt.

1.1 Prosjektorganisering og omfang

Prosjektet har vært ledet av HI som har hatt det administrative ansvaret overfor FHF. Det har vært et tett samarbeid mellom partnere på tvers av ansvarsområder og arbeidspakker.

1.2 Nøkkelkompetanse, ansvar og roller til personer i prosjektgruppen:

Dr. Øystein Sæle (HI) har jobbet med ernæring og utvikling av marine arter siden 2000. Han har vært involvert i FHF prosjektet LeppeProd og senere ledet det FHF finansierte arbeidet med å sekvensere berggyltens genom (901135). Han har ledet NFR prosjektet "Tarmfunksjon og helse i berggylt" (244170). I dag er han ansvarlig for HI sin aktivitet i FHF prosjektet «CleanFeed» (901331) Han har veiledet 8 master studenter og en PhD student som alle har jobbet med berggylt.

Forsker Reidun Bjelland (HI) Bakgrunn innen organisering og gjennomføring av en rekke prosjekter knyttet til rensefisk i merd, oppdrett av berggylte samt bestandsundersøkelser på leppefisk. Har god kontakt med næringen og har deltatt i utforming av bransjeveiledere. Har erfaring med fôringsforsøk, adferdsforsøk og forsøk med lus.

Prof. Ivar Rønnestad (UiB) har arbeidet med ernæringsfysiologi på marine fisk siden 1988, de siste årene med fokus på fordøyelse, appetitt og fôrinntak. Han har ledet >30 prosjekter nasjonalt og internasjonalt, herav mange i samarbeid med oppdrettsindustrien. Han var leder av CODE; en nasjonal kunnskapsplattform for tidlige stadier torsk og deltok i FHF prosjektet «NoGutsNoGlory» på berggylt. Han har veiledet 26 master, 21 PhD og 6 postdoc kandidater i Norge, Europa, USA og Asia. Han fikk Olav Thons nasjonale pris for fremragende undervisning i 2019. Hans ISI publikasjonsindeks er: 192 og h-indeks 46.

Dr. Katerina Kousoulaki (Nofima) *Leder API ansvarlig fôrproduksjon.*

har lang erfaring innen fôrteknologi, ernæring og produksjonsbiologi hos laks og marin fisk (torsk, sea bass, sea bream, common pandora, sharpsnout bream). Kousoulaki har vært med i utviklingen av et weaningfôr til berggyltyngel, bla. Gjennom NFR prosjektet «Optimized production, nutrition and use of the cleaner fish ballan wrasse», FHF-prosjektet Leppeprod, og en gjennom en rekke weaningforsøk med berggylt i samarbeid med Marine Harvest Labrus.

1.3 Referansegruppe

Henriette Glosvik, Mowi

Elin Tveit Sveen, Marø havbruk

Kjetil Heggen og Jørgen Økland, Lerøy

2 Problemstilling og formål

Rensefisk er for lengst etablert som et godt kontrollerende tiltak mot lakselus. De første spede forsøk på bruk av leppefisk (gylter) fant sted på 70-tallet, men det var ikke før lakselusens resistens mot medikamentell behandling ble et problem at bruk av rensefisk for alvor skjøt fart. I 2019 ble det brukt ca. 43 mill. oppdrettet rognkjeks, ca. 0,7 mill. oppdrettet berggylt og rundt 17 mill. villfanget leppefisk.

Men berggylten har det ikke så bra i laksemerden. I henhold til Mattilsynets «Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019», estimeres det at 40 % av oppdrettet berggylt dør i løpet av en produksjonsperiode av laks (Wilmann et al., 2020). Dette er kun registrerte dødsfall, og vi vet det forsvinner mye rensefisk som ikke blir registrert som døde. Blant de største årsakene til dødelighet nevnes sykdom, dårlig kvalitet fra leverandør, skade fra håndtering og ingen tydelig årsak. I samme tilsynskampanje ble det ifølge lakseoppdretterne estimert at mangelfull fôring rangert som et av de minste problemene (15. største årsak av 17) (Wilmann et al., 2020). Imidlertid kan flere av disse årsakene kan være direkte eller indirekte påvirket av dårlig ernæring. Det finnes en rekke rapporter om nedgang i vekt hos leppefisk (Skiftevik et al. 2013, 2017, Geitung et al. 2020) hvilket er en åpenbar konsekvens av for lavt næringsinntak.

2.1 Hovedmål

Dokumentere effekten av ernæring og fôringsstrategi på fiskevelferd og beiting av lus, under hele produksjonssyklusen (sjøfasen) av laks.

- **Delmål**

AP1 Finne ut om et mer bærekraftig fôr kan «prestere» like bra som gullstandardfôret med torskemuskel.

AP3 Adferd ved fôringsstasjoner, med og uten laks i merd.

AP4 Adferd ved fôringsstasjoner i industriskala merd under produksjonssyklus av laks.

2.2 Resultatmål

I Mattilsynets «Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019» konkluderes det med at et uakseptabelt antall rensefisk dør i laksemerdene per i dag. Det forventes at næringen får ned dødelighetstallene og bedrer velferden hos rensefisk betraktelig for at praksis med rensefisk skal få lov å fortsette. Et av hovedpunktene som må styrkes for å bedre rensefiskens velferd er å sikre god tilgang på fôr som tilfredsstiller ernæringsbehov. Dette prosjektet vil avdekke fiskens preferanser for fôr (sammensetning og utforming) og utføringsmetode. Vi vil også kartlegge adferdsmønstre rundt fôringsstasjoner, og hvordan laks påvirker disse. Dette vil karakteriseres i liten skala og i større skala gjennom et år i laksemerder. Vi kan dermed bedre identifisere problemer som skyldes fôret, fôrstasjon (fôringsmetodikk), interaksjoner med laks eller tilstedeværelse av «invaderende» arter som f.eks sei som kan komme seg inn i merdene. Dette vi gi næringen viktige verktøy for å sikre bedre velferd for berggylten i laksemerden. Vi vil gi røktere verktøy til å ivareta berggylten sammen med laksen, slik at berggylten kan ivareta laksen.

3 Prosjektgjennomføring

3.1 Fôrsammensetninger og produksjon

To fôrsammensetninger ble komponert:

Beste formulering basert på tidligere erfaring, kalt «kontroll». Gjennom tidligere prosjekter som CleanFeed og CleanLifeCycle har vi etablert en fôrsammensetning og tilvirkningsform som tilfredsstiller ernæringsbehov hos berggylt og fisken har god appetitt på. Dette er «gullstandarden» innen berggyltefôr. Ulempen med dette fôret er at vi benytter oss av dyre og lite bærekraftige råvarer.

Økonomisk/bærekraftig fôr, kalt «smart». Her brukte vi nøkkelkomponenter fra Kontroll fôr men byttet ut deler av protein og lipid råvarer med mer økonomiske og bærekraftige ingredienser, heriblant mel fra soldatfluelarver og krill.

Kommersielt fôr, kalt «soft». Vi benyttet et standard industrifôr. Dette fôret er ikke lengre på markedet.

Blokker basert på pellets fra de tre fôrene ble støpt av Karl Sveinsvoll i kompaniskap med Erlend Waatevik.

Tabell 1: Råvaresammensetning av forsøksfôr «Kontroll» og «Smart» samt aminosyre sammensetning og kjemisk sammensetning. Fôrene ble kaldekstrudert i 3 mm pellets.

<i>Diet navn</i>	<i>Control</i>	<i>Smart</i>
Rekemel	28,00	14,00
Torskemuskel	30,00	
Krill laget av grakse		14,00
Insektmel (svartsoldatflue larva mel)		20,00
Krill hydrolysat	6,60	6,60
Hvetegluten	9,00	24,50
Soyaproteinkonsentrat (SPC)	8,50	8,00
Krillolje	4,20	
Tapiocastivelse	6,57	2,73
BIOMOSS	0,50	0,50
Stay-C	0,23	0,23
Choline chloride	0,50	0,50
Kolesterol	0,20	0,20
Vitaminpremijs	0,50	0,50
Organisk mineralpremijs	0,68	0,68

<i>Raps lecitin</i>	2,00	3,60
<i>Yttrium oxid</i>	0,01	0,01
<i>Lys (99 %, 19.41 % Cl)</i>		0,44
<i>Taurine</i>	0,02	0,02
<i>NaH₂PO₄</i>	2,50	2,90
<i>Metionin 99%</i>		0,30
<i>Treonin 98.5%</i>		0,30
sum	100,000	100,000
<i>Beregnet sammensetning av testfôrene</i>		
<i>Total P (%) TS</i>	1,506	1,500
<i>Løselig P (%)TS</i>	1,473	1,498
<i>Lys (g/100 protein)</i>	6,9	7,0
<i>Met (g/100 protein)</i>	2,5	2,5
<i>Trp (g/100 protein)</i>	0,9	1,1
<i>Thr (g/100 protein)</i>	3,9	3,8
<i>Arg (g/100 protein)</i>	5,8	4,7
<i>His (g/100 protein)</i>	2,0	2,2
<i>Ile (g/100 protein)</i>	4,4	4,3
<i>Leu (g/100 protein)</i>	7,1	6,8
<i>Val (g/100 protein)</i>	4,7	4,7
<i>Phe+Tyr (g/100 protein)</i>	4,1	4,3
<i>Protein %</i>	58,9	57,9
<i>Fett %</i>	11,0	10,8
<i>Karbohydrater %</i>	11,1	12,9
<i>NFE</i>		
<i>Fiber</i>		
<i>Aske %</i>	11,9	10,6
<i>Vann %</i>	7,1	7,9
<i>Annet</i>		
Sum	100	100

Tabell 2: Kjemisk sammensetning av forsøksfôrene samt det kommersielle fôret.

Diet number		1	2	3
Diet name		Control	Smart	Soft **
Protein	%	58,9	57.9	40 - 45
Lipid	%	11.0	10.8	15 - 16
Carbohydrates	%	11.1	12.9	-
NFE*	%	-	-	16 - 22
Ash	%	11.9	10.6	7 - 10
Water	%	7.1	7.9	-
Fibre	%	-	-	0.6 – 4.5
Other	%	-	-	2.5-21.4
Sum		100	100	100
Pellets size	mm	3	3	12

3.2 Forsøksoppsett:

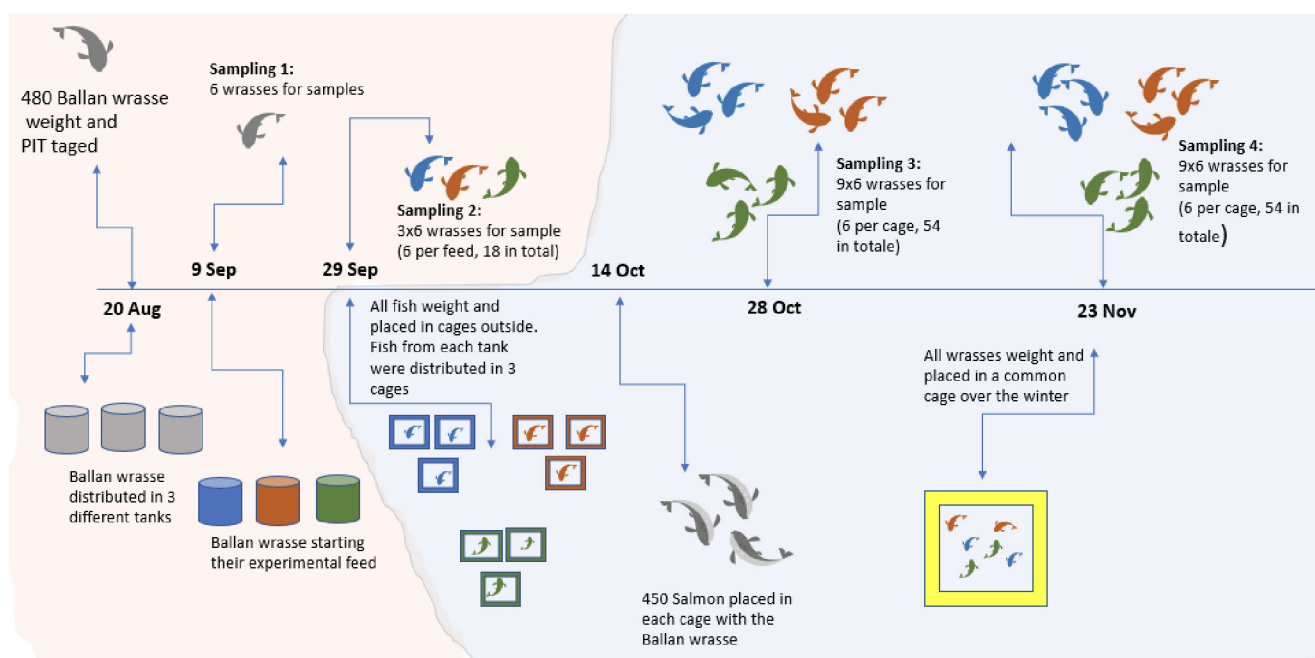


Fig. 1: Oversikt over forsøksoppsett: Rosa bakgrunn viser aktivitet i kar på land, mens blå bakgrunn viser sjøfasen.

Totalt ble 480 berggylter fra HI sin egen produksjon merket med PIT merke og fordelt på 3 x 500 L kar. Hvert av karene ble så tilvendt et av forsøksfôrene i 20 dager. Det ble tatt prøver av fisken 29. september før utsett i sjø. Her ble tre 5x5x5m laksemærd brukt per behandling. Forsøksenhetene ble utstyrt med to fôringsstasjoner for berggylten; I det ene hjørnet var det en fôringsstasjon for fôrpellets i strømpe. Diagonalt i det andre hjørnet, var det en fôringsstasjon for en strømpe med fôrblokk. Hver fôrstasjon ble utrustet med en antenne som registrerte PIT merkene i fisken. Det ble også gjort filmopptak av fôrstasjonene i perioder. Den 14. oktober ble laks overført til forsøksenhetene med berggylten. Et tilfeldig utvalg av berggylt ble tatt ut for analyser 28. oktober og 23. november. Ved siste prøvetakning ble resterende berggylt fra de tre fôrgruppene flyttet til en 12 m merd med laks (common garden design). Her ble fisken tilbudt Smart fôret frem til forsøksslutt i mai. Oversikt er gitt i Fig. 1. Ved prøvetakning ble all fisk målt, veid og evaluert for velferdspoeng. Velferdspoeng ble gitt i henhold til kriteriene i tabell 3.

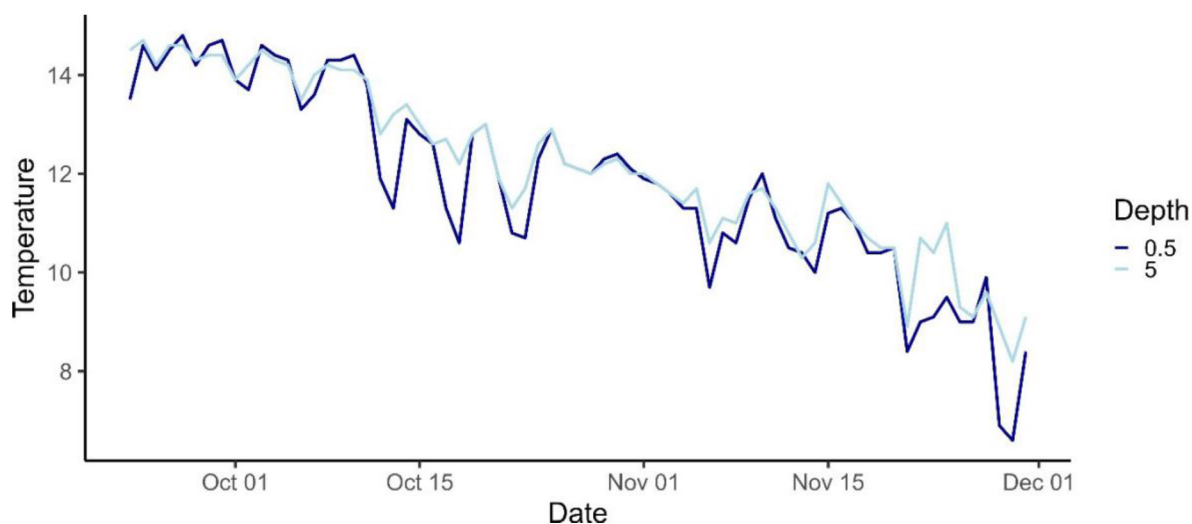
Tabell 3. Kriterier for de operative velferds indikatorene som ble benyttet i dette studiet.

	Score	Definition
Fins	0	No erosion, splitting or rays exposed
	1	Minor erosion or split damage, not to be considered at high risk
	2	Erosion and spilt damaged are more widespread. Not to be consider at high risk.
	3	Clear evidence of erosion or split damaged on fins, recovery unlikely, health status compromised.
Eyes	0	No damage
	1	Some minor damage in one or both eyes
	2	Clear eyes damaged in one or both eyes.
	3	Server damaged in one or both eyes. Health status compromised
Shell loss	0	No shell loss
	1	Some shell loss
	2	Shell loss areas are well defined

3.3 RNA sekvensering

For å forstå hvordan de forskjellige fôrene påvirker hormonsystemene som styrer appetitt og fôrinntak hos berggylten analyserte vi RNA fra hjerne og tarm fra de tre fôrgruppene ved prøveuttaket den 23. november. Tre fisk fra hver enhet ble analysert, hvilket blir 9 individer fra hver behandling.

Totalt RNA ble ekstrahert med BioRobot® EZ1 og RNA Tissue Mini Kit (Qiagen, Hilden, Tyskland), som tidligere beskrevet av Le et al. (2019b). RNA-kvaliteten og integriteten ble validert ved hjelp av en NanoDrop ND-1000 UV-vis spektrofotometer (NanoDrop Technologies, Wilmington, USA) og Agilent 2100 Bioanalyzer med RNA 6000 Nano LabChip kit (Agilent Technologies, Palo Alto, USA). Alle prøver hadde 260/230- og 260/280-forhold over 2,0 og 2,2, henholdsvis. Gjennomsnittlig RNA-integritetsnummer (RIN) for alle prøvene var $7,9 \pm 0,7$. Sekvensering og bibliotekforberedelse ble utført av Novogene Europe (UK) på Illumina NovaSeq 6000 plattformen.



Figur 2: Temperatur (°C) ble registrert gjennom hele forsøket ved 0,5 meter og 5 meters dybde.

3.4 Vekst

Både fôrtype og presentasjon og tid hadde en effekt på gjennomsnittlig kroppsvekt (g fisk^{-1}) (ANOVA $p < 0,001$). Det var en betydelig forskjell i vekt mellom behandlingene på hvert tidspunkt, unntatt mellom fisk som ble fôret med Smart og Soft i september (forskjell = 1,1 g, Tukey $p = 0,5$) (Tabell 4). Fisk som ble fôret med Kontroll og Smart hadde den høyeste veksten før utsetting (20. aug - 29. sep) og økte i vekt med henholdsvis 22,8% (Tukey $p < 0,001$) og 15,0% (Tukey $p < 0,001$). Etter utsetting til sjøen og frem til slutten av forsøket (29. sep - 23. nov) var vektøkningen mindre for fisk fôret med Kontroll og Smart, med 4,7% (Tukey $p = 0,14$) og 5,8% (Tukey $p = 0,057$) henholdsvis. Samlet sett økte vekten til fisk fôret med Kontroll og Smart med 28,6% (Tukey $p < 0,001$) og 21,7% (Tukey $p < 0,001$) henholdsvis, i hele forsøksperioden (Tabell 4). For fisk fôret med Soft var det en vektøkning på 3,3% (Tukey $p = 0,23$) før utsetting. Etter utsetting og frem til slutten av

forsøket, gikk vekten til fisk føret med Soft ned med 6,4% (Tukey $p = 0,011$). Samlet sett gikk vekten til fisk føret med Soft ned med 3,3% (Tukey $p = 0,34$).

Tabell 4: Vektdata gjennom forsøket.

	Control	Smart	Soft	<i>p</i>-value ANOVA
20 August	39.8 (7.8) K = 1.83 (0.15) n= 162	37.3 (7.7) K = 1.75 (0.17) n=162	42.6 (7.1) K = 1.88 (0.17) n= 162	<i>p</i> <0.001***
29 September	48.9 (9.7) K = 2.25 (0.29) n= 156	42.9 ^a (9.3) K = 2.00 ^b (0.27) n= 158	44.0 ^a (8.7) K = 1.94 ^b (0.29) n=155	<i>p</i> <0.001***
23 November	51.2 (12.2) K = 1.80c (0.19) n= 129	45.4 (11.3) K = 1.76c (0.17) n= 127	41.2 (7.6) K = 1.60 (0.13) n=123	<i>p</i> <0.001***

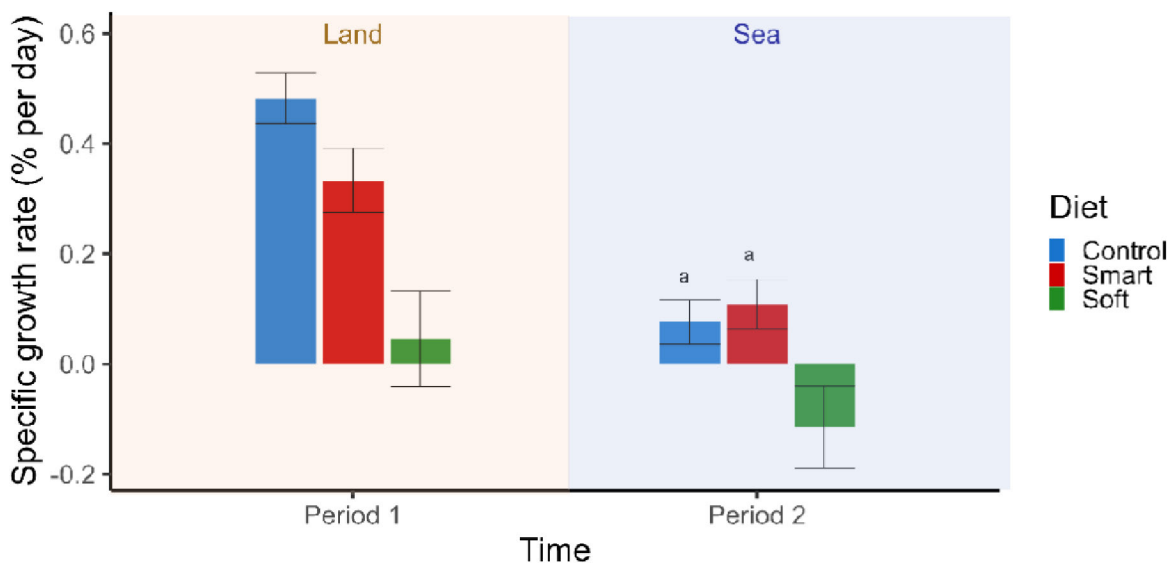
De seks fiskene som ble tatt for prøvetaking den 9. september hadde en gjennomsnittlig kroppsvekt på 35,6 (SD: 7,09) g. Mens fisk tatt for prøvetaking den 28. oktober hadde en gjennomsnittlig kroppsvekt på 49,0 (SD: 8,9, $n = 18$), 42,2 (SD: 5,82, $n = 18$), 38,7 (SD: 8,05, $n = 18$) g for fisk føret med Kontroll, Smart og Soft, henholdsvis.

3.4.1 Kondisjonsfaktor

Både før og tid hadde en effekt på kondisjonsfaktoren (ANOVA $p < 0,001$). Det var en betydelig forskjell i K-faktor mellom behandlingene på hvert tidspunkt, unntatt mellom fisk som ble føret med Smart og Soft i september (forskjell = 0,058 g cm⁻³, Tukey $p = 0,18$) og mellom fisk føret med Kontroll og Smart i november (forskjell = 0,035 g cm⁻³, Tukey $p = 0,21$) (Tabell 4). Totalt sett hadde fisk føret med Kontroll betydelig høyere K-faktor enn fisk føret med Soft på hvert tidspunkt. Fisk føret med Kontroll og Smart hadde en signifikant økning i kondisjonsfaktoren fra 1,83 (SD: 0,15) til 2,25 (SD: 0,29) og fra 1,75 (SD: 0,17) til 2,00 (SD: 0,27) g cm⁻³ i landfasen, henholdsvis. Det var ingen signifikant forskjell i K-faktor fra 1,88 (SD: 0,17) til 1,94 (SD: 0,29) for fisk føret med Soft før i landfasen. I sjøfasen var det en signifikant nedgang i K-faktor for alle behandlingene, varierende fra 1,80 (SD: 0,19), 1,76 (SD: 0,17) og 1,60 (SD: 0,13) for fisk føret med Kontroll, Smart og Soft, henholdsvis.

3.4.2 Spesifikk vekstrate (SGR)

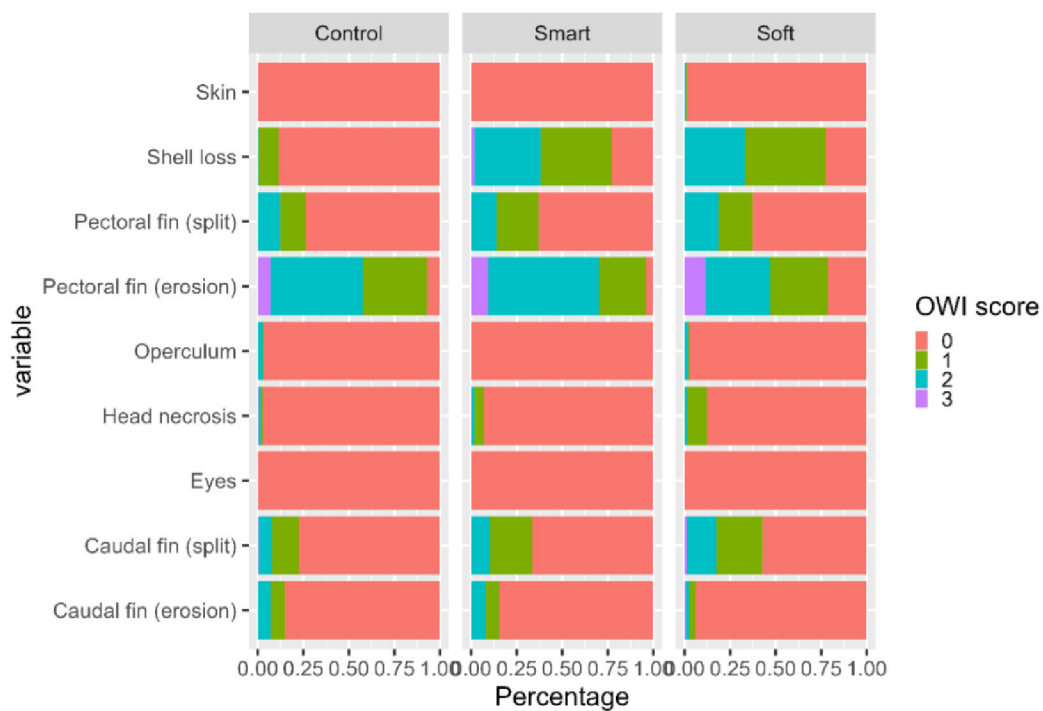
Det var en betydelig forskjell i SGR mellom alle behandlingene for periode 1 (20. aug - 29. sep), med variasjoner på henholdsvis 0,48 (SD: 0,29), 0,33 (SD: 0,36) og 0,04 (SD: 0,54) % for fisk fôret med Kontroll, Smart og Soft fôr, henholdsvis (Figur 6). For periode 2 (29. sep - 23. nov) var det ingen signifikant forskjell i SGR mellom fisk fôret med Kontroll og Smart, med en SGR på henholdsvis 0,08 (SD: 0,23) og 0,11 (SD: 0,25) %. Fisk fôret med Soft hadde en betydelig lavere SGR enn fisk fôret med Kontroll og Smart, med en SGR på -0,12 (SD: 0,41) %. Overgangen fra Periode 1 til Periode 2 medførte en betydelig nedgang i SGR for alle fôrene.



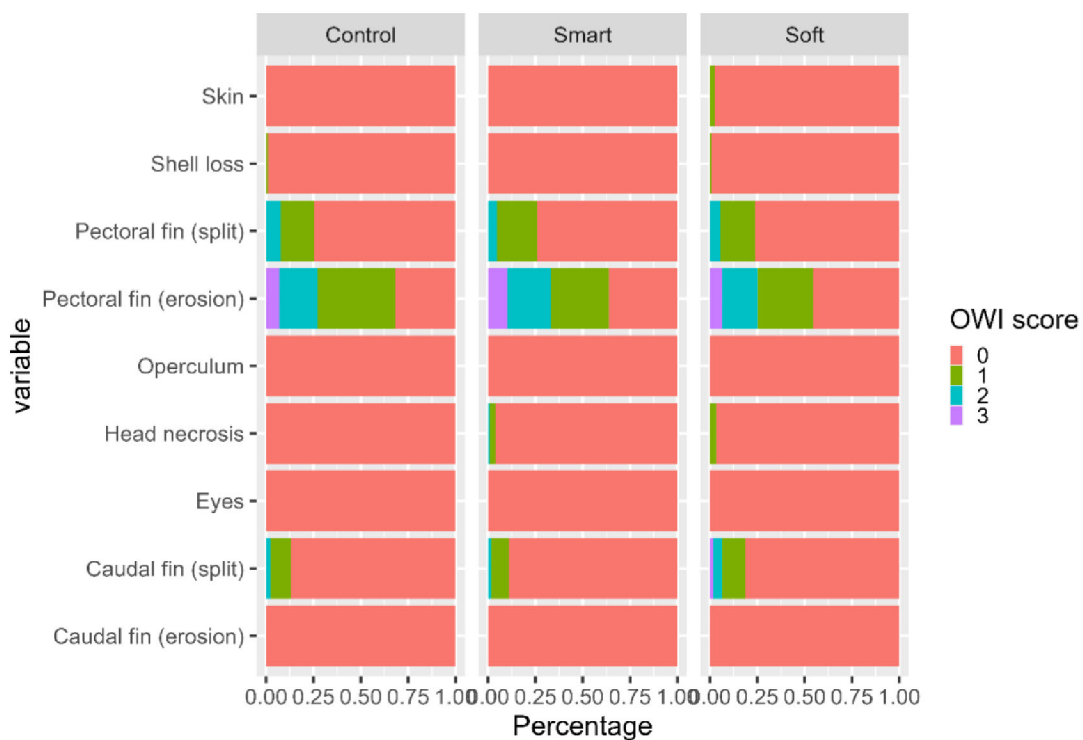
Figur 3: Spesifikk vekstrate (SGR) fra 21. september til 28 oktober (periode 1, *Control* $n=151$; *Smart* $n=149$; *Soft* $n=150$) og fra 28 oktober til 29 november (periode 2, *Control* $n=129$; *Smart* $n=121$; *Soft* $n=118$).

3.5 Velferdsindikatorer

Et gjennomgående trekk var erosjon i brystfinner. Alle fiskegruppene, uavhengig av behandling, hadde ganske lik prosentandel erosjon på brystfinnen. Fisk som ble fôret med Smart og Soft fôr hadde høyere prosentandel skade på tap av skjell sammenlignet med fisk som ble fôret med Kontroll fôr før utsetting (Figur 7). Generelt, uavhengig av behandling, ble OWI-scoren forbedret i sjøen sammenlignet med på land (Figur 8). Det var nesten ikke registrert tap av skjell ved slutten av forsøket, sammenlignet med før utsetting, og det var mindre alvorlig skade på brystfinnen.



Figur 4: Operasjonell velferds indikator (OWI) av all fisk som ble satt ut i sjø (n=469)



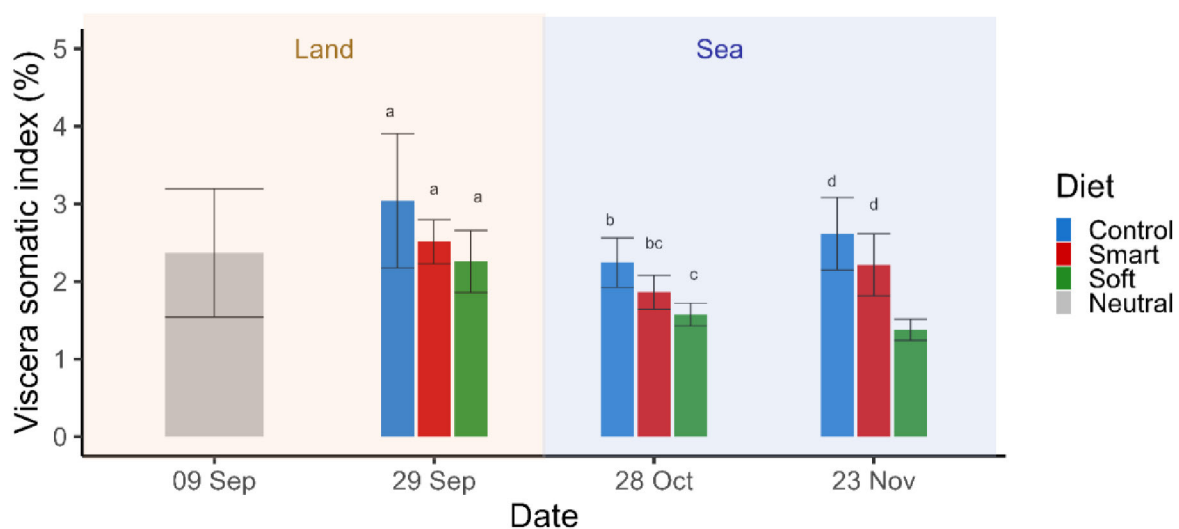
Figur 5: Operasjonell velferds indikator (OWI) av all fisk 23. november (n=379)

3.6 Organer

3.6.1 Visceral index

Det var ingen betydelige interaksjoner mellom tid og fôr når det gjaldt Viscero Somatic Index (VSI, %) i forhold til total kroppsvekt (ANOVA $p = 0,4$). Både tid og fôr hadde en effekt på ISI (ANOVA $p = 0,001$) og (ANOVA $p < 0,001$) henholdsvis. Det var ingen signifikante forskjeller i VSI mellom Kontroll og Smart fôr på noen tidspunkt (Figur 9). Fisk fôret med Kontroll hadde en VSI på 3,04 (SD: 1,08), 2,24 (SD: 0,68) og 2,62 (SD: 1,01) %, mens fisk fôret med Smart hadde en VSI på 2,51 (SD: 0,35), 1,86 (SD: 0,47) og 2,21 (SD: 0,86)% i september, oktober og november henholdsvis. Fisk fôret med Soft hadde en gjennomsnittlig VSI på 2,26 (SD: 0,50), 1,57 (SD: 0,32) og 1,38 (SD: 0,29)% for september, oktober og november henholdsvis. Fôr Kontroll og Soft var ikke forskjellige i september, men fôr Soft var signifikant lavere enn fôr Kontroll i oktober og november. Fôr Smart og Soft var bare signifikant forskjellige i november.

Fisken som fikk Soft fôr hadde en betydelig lavere VSI i sjøen enn på land (29. sep - 23. nov) (forskjell = 0,88%, Tukey $p = 0,0014$). Fôr Kontroll og Smart hadde ingen signifikant endring i VSI mellom datoene.



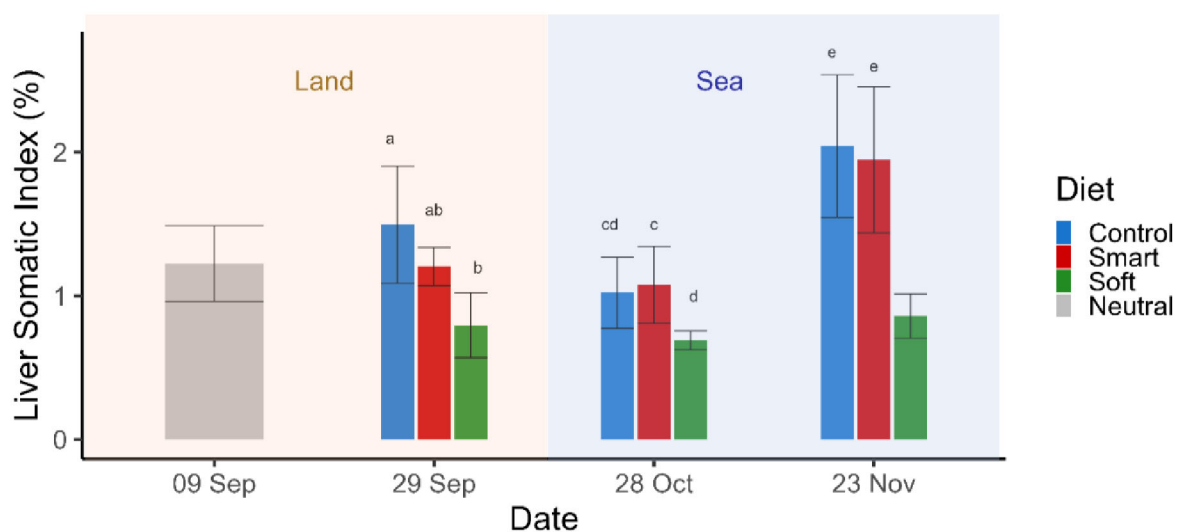
Figur 5: Visera somatisk index

3.6.2 Lever index

Det var ingen signifikant interaksjon mellom fôr og tid når det gjaldt lever-somatiske indeks (LSI, %) (ANOVA $p = 0,07$). Både tid og fôr hadde en effekt på LSI (ANOVA $p < 0,001$). Den 9. september var lever-somatisk indeks (LSI, %) (nøytral) 1,22 (SD: 0,33) % (Figur 10). Det var ingen signifikante forskjeller i LSI mellom fisk som fikk Kontroll fôr og fisk som fikk Smart fôr på noen av tidspunktene. LSI for fisk fôret med Kontroll var 1,49 (SD: 0,51), 1,02 (SD: 0,53) og 2,04 (SD: 1,07) %, mens LSI for fisk fôret med Smart var 1,20 (SD: 0,17), 1,07 (SD: 0,58) og 1,94, for september,

oktober og november, henholdsvis. LSI for fisk fôret med Soft var 0,79 (SD: 0,28), 0,69 (SD: 0,14) og 0,86 (SD: 0,33) % for september, oktober og november, henholdsvis. Det var ingen signifikant forskjell i LSI mellom fisk som fikk Kontroll fôr og Soft fôr i oktober (forskjell = 0,33 %, Tukey $p = 0,091$). I september og november hadde fisken som fikk Soft fôr en signifikant lavere LSI på henholdsvis 0,70 og 1,18 % enn fisken som fikk Kontroll fôr. Det var ingen signifikant forskjell i LSI mellom Smart fôr og Soft fôr i september (forskjell = 0,41 %, Tukey $p = 0,14$). I oktober og november hadde fisk fôret med Smart fôr en signifikant høyere LSI med henholdsvis 0,39 og 1,08 % sammenlignet med fisk fôret med Soft fôr.

Det var ingen signifikant endring i LSI for fisk fôret med Kontroll og Smart mellom 9. september og 28. oktober, men begge fôrene hadde en signifikant økning i LSI i den andre halvdel av sjøfasen (28. oktober - 23. november) med 1,02 (Tukey $p = 0,0014$) og 0,87 % (Tukey $p < 0,0089$) henholdsvis. Fisken som fikk Soft fôr hadde en signifikant nedgang i LSI med 0,37 % (Tukey $p = 0,028$) fra 9. september til slutten av forsøket.



Figur 6: Lever somatisk index

3.7 ENERGI

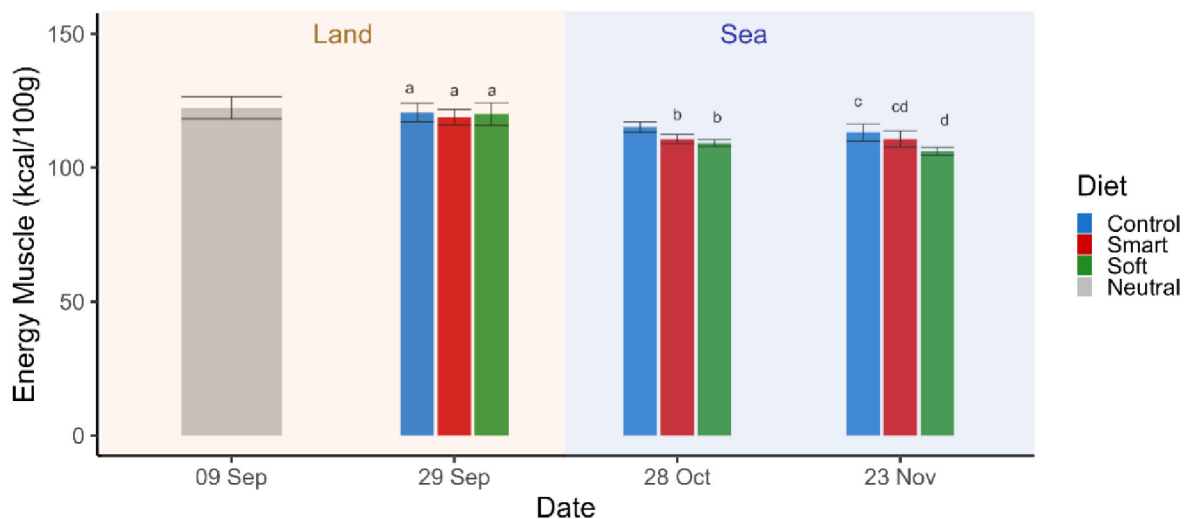
3.7.1 Fôr

Energiinnholdet i pellets var 463, 481 og 480 (kcal/100g) for Kontroll, Smart og Soft fôr, henholdsvis. Mens energiinnholdet i blokker var 367, 369 og 378 (kcal/100g) for Kontroll, Smart og Soft fôr, henholdsvis.

3.3.2. Muskelenergi

Gjennomsnittlig energiinnhold (Kcal/100g) i muskelprøvene er vist i Figur 7. Den 9. september var energiinnholdet 122 (SD: 5) (Figur 12). For 29. september, oktober og november hadde fisk som fikk Kontroll fôr et gjennomsnittlig energiinnhold på henholdsvis 121 (SD: 4), 115 (SD: 4) og 113 (SD: 7). Mens dietten Smart hadde gjennomsnittlig energiinnhold på 118 (SD: 4), 111 (SD: 4) og 111 (SD: 6), og dietten Soft hadde gjennomsnittlig ene energiinnhold rgi på 120 (SD: 5), 109 (SD: 3) og 106 (SD: 3).

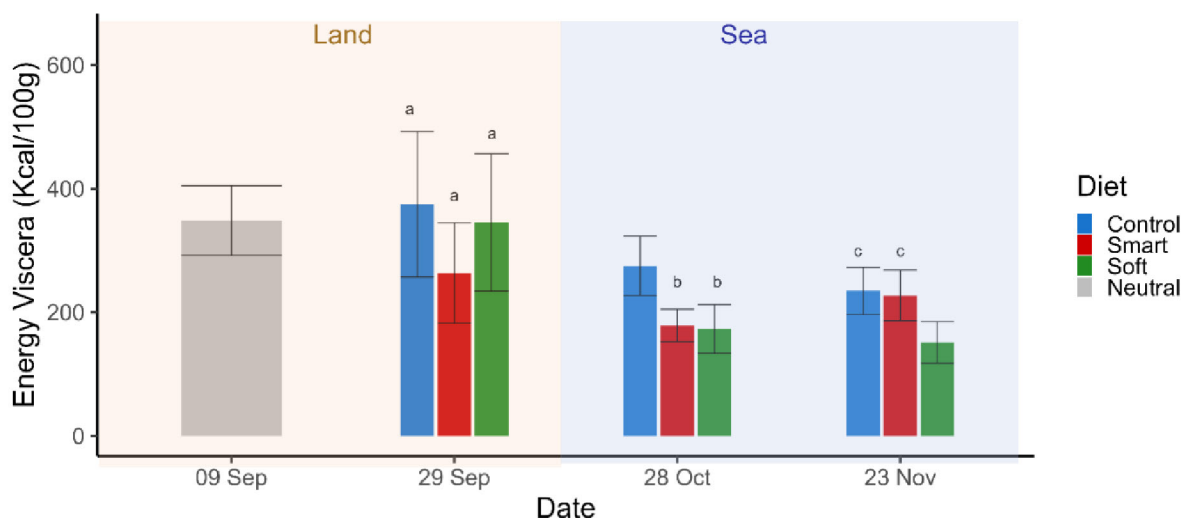
Samspillet mellom fôr og dato hadde ikke en signifikant effekt på energi (ANOVA, $p = 0,20$). Imidlertid hadde både tid og fôr en signifikant effekt på energi i muskelen (ANOVA, $p < 0,001$). Fisken som fikk Kontroll fôr reduserte med 7,4% (Tukey $p = 0,0046$) ved slutten av forsøket sammenlignet med 9. september, mens fisken som fikk Smart og Soft fôr reduserte med henholdsvis 9,0% (Tukey, $p < 0,001$) og 13,1% (Tukey, $p < 0,001$). Det var ingen signifikant forskjell i energi mellom de ulike fôrene i september (ANOVA $p = 0,79$). For oktober hadde fisk fôret med Kontroll fôr en betydelig høyere energi sammenlignet med både fisk fôret med Smart fôr (forskjell = 4,5 Kcal/100g, Tukey $p = 0,0012$) og fisk fôret med Soft fôr (forskjell = 5,9 Kcal/100g, Tukey $p < 0,001$). For november hadde fisk fôret med Kontroll fôr en betydelig høyere energi enn fisk fôret med Soft fôr (forskjell = 6,9 Kcal/100g, Tukey $p < 0,001$), men ikke fisk fôret med Smart fôr (forskjell = 2,4 Kcal/100g, Tukey $p = 0,45$). Det var ingen signifikant forskjell i energi mellom fisk som fikk Smart og Soft fôr på noe tidspunkt (ANOVA $p = 0,055$).



Figur 7: Energi i muskelvev (Kcal/100g)

3.7.2 Visceral Energi

Før starten av eksperimentelle fôr, var gjennomsnittlig energiinnhold (Kcal/100g) i innvollene 349 (SSD: 70) (Figur 13). I september, oktober og november hadde fisk som ble tilbudt Kontroll fôr en energi på henholdsvis 375 (SD: 147), 275 (SD: 101) og 235 (SD: 78). For fisk fôret med Smart fôr var gjennomsnittlig energi 263 (SD: 101), 179 (SD: 55) og 227 (SD: 79), mens gjennomsnittlig energi for fisk fôret med Soft fôr var 345 (SD: 139), 173 (SD: 78) og 151 (SD: 66). Samspillet mellom tid og fôr hadde ikke en signifikant effekt på energi (ANOVA $p = 0,058$). Både tid og fôr hadde en effekt på energi med (ANOVA $p < 0,001$) for begge. Fisken fôret med Kontroll fôr reduserte med 32,7% (Tukey, $p = 0,081$) ved slutten av forsøket sammenlignet med 9. september, mens fisken som fikk Smart og Soft fôr reduserte med henholdsvis 35,0 % (Tukey $p = 0,0072$) og 56,7 % (Tukey $p < 0,001$). Det var ingen signifikant forskjell i energi mellom fisk fôret med Kontroll og Smart fôr (forskjell = 111 Kcal/100g, Tukey $p = 0,33$), og mellom Kontroll og Soft fôr (forskjell = 29 Kcal/100g, Tukey $p = 0,92$) i september. Fra oktober var energien i Kontroll-fisken betydelig høyere enn for fisk fôret med Smart fôr (forskjell = 96 Kcal/100g, Tukey $p = 0,0031$) og Soft fôr (forskjell = 102 Kcal/100g, Tukey $p = 0,0023$). Det var ingen signifikante forskjeller i energi mellom fisk som ble tilbudt Smart og Soft fôr (forskjell = 6 Kcal/100g, Tukey $p = 0,98$) i oktober. Fra november hadde fisk fôret med Kontroll og Smart fôr betydelig høyere energi enn fisk fôret med Soft fôr.

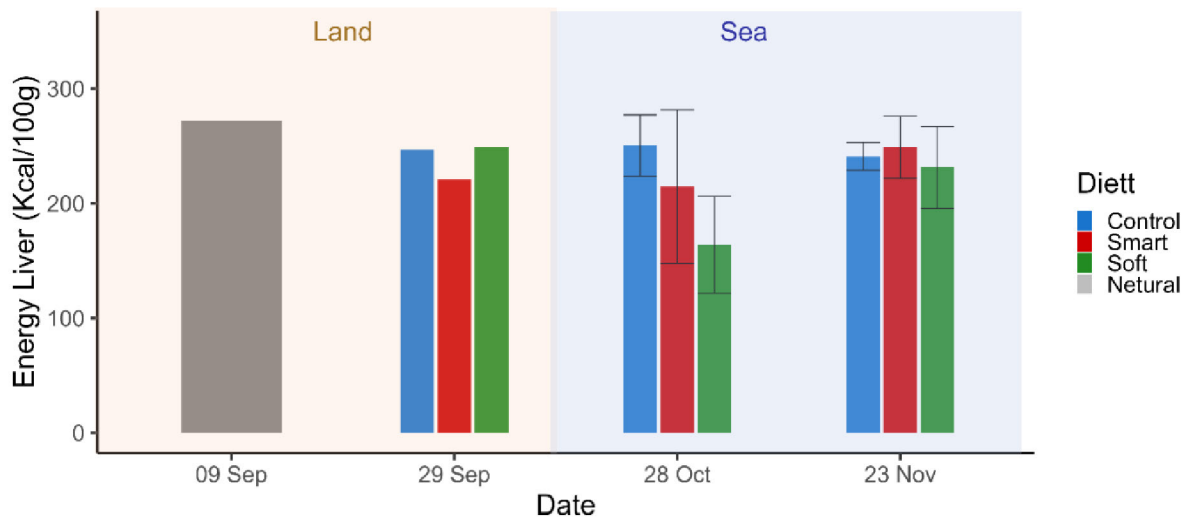


Figur 8: Energi i viscera inkludert viceralt fettdeponi (Kcal/100g)

3.7.3 Leverenergi

Den samlede gjennomsnittlige energiinnhold (Kcal/100g) fra leverprøvene fra 9. september (Nøytral) var 272 (Fig. 8). Fra september, oktober og november var den samlede energien for fisk som fikk Kontroll fôr 247, 250 (SD: 33) og 241 (SD: 9). Mens fisken som fikk Smart fôr hadde en gjennomsnittlig energi på 214, 215 (SD: 61) og 249 (SD: 15), og for fisk som fikk Soft fôr var energien 249, 164 (SD: 47) og 231 (SD: 72). Fisken som fikk Kontroll fôr reduserte med 11,4 % ved

slutten av forsøket sammenlignet med 9. september, mens fisken som fikk Smart og Soft før reduserte med henholdsvis 8,5 % og 15,1 %.



Figur 8: Energi i lever (Kcal/100g)

Det ble ikke registrert døde fisk i løpet av landfasen. I løpet av sjøfasen var dødeligheten ikke signifikant forskjellig mellom behandlingene, som indikert av overlappende konfidensintervaller mellom behandlingene (Tabell 5), og varierte mellom 0,8, 4,5 og 4,7 % for fisk som ble føret med Kontroll, Smart og Soft før, henholdsvis.

Dødeligheten over vinteren i den felles laksemerden hadde en høyere dødelighetsrate enn i forsøksperioden, og varierte mellom 22,5, 19,3 og 27,6 % for fisk som ble føret med Kontroll, Smart og Soft før (Tabell 6). Det var ingen signifikant forskjell i dødelighetsrate mellom behandlingene, som indikert av overlappende konfidensintervaller. Det ble også registrert fisk som manglet, og hvis man inkluderer den manglende fisken, økte dødelighetsraten til 55,0, 53,2 og 69,5 % for fisk som ble føret med Kontroll, Smart og Soft før, henholdsvis.

Tabell 5: Dødsrate for forsøkets sjøfase fra 29 september til 23 november.

	Control	Smart	Soft	Significance
Start fish number	148	151	147	-
(29 Sep)				
Fish number for sample	18	18	18	-
(28 Oct)				
End fish number	129	127	123	-

(23 Nov)				
Final mortality (%)	0.8	4.5	4.7	ns
	(CI: 0 – 2.3)	(CI: 1.0 – 8.0)	(CI: 1.0 – 8.3)	

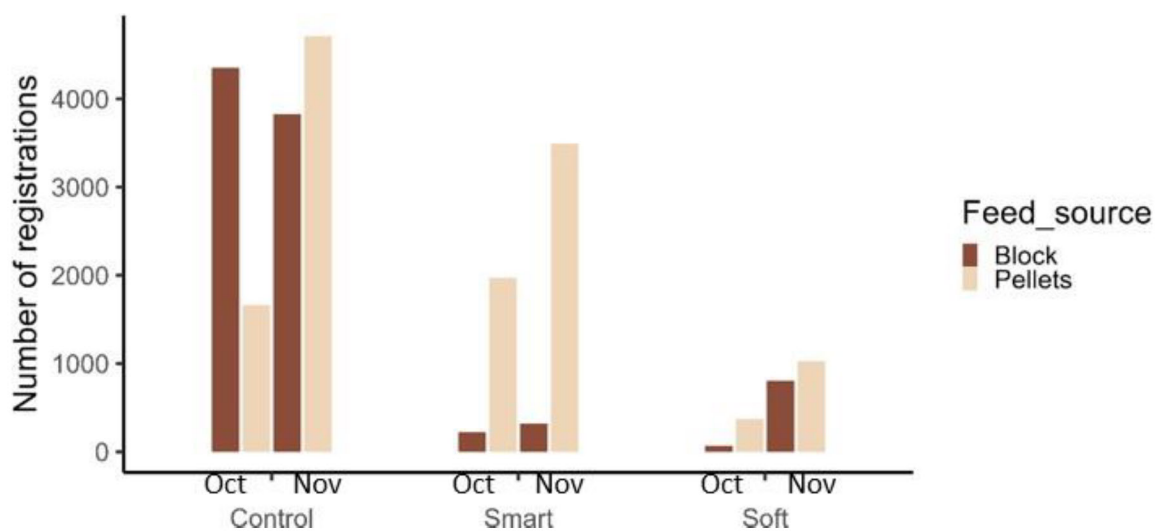
Tabell 6: Dødsrate for forsøkets overvintringsdel fra november 2021 til februar 2022.

	Control	Smart	Soft	Significance
Fish number transferred to common cage for overwintering	111	109	105	-
Fish number in February 2022	50	51	32	-
Number dead fish	25	21	29	-
Number missing fish	36	37	44	-
Mortality rate (%) Not included missing	22.5 (CI: 14.8 – 30.3)	19.3 (CI: 11.9 – 26.7)	27.6 (CI: 19.1 – 36.2)	ns
Mortality rate (%) Included missing	55.0% (CI: 45.2-64.4)	53.2% (CI: 43.8 – 62.6)	69.5% (CI: 60.7 – 78.3)	ns

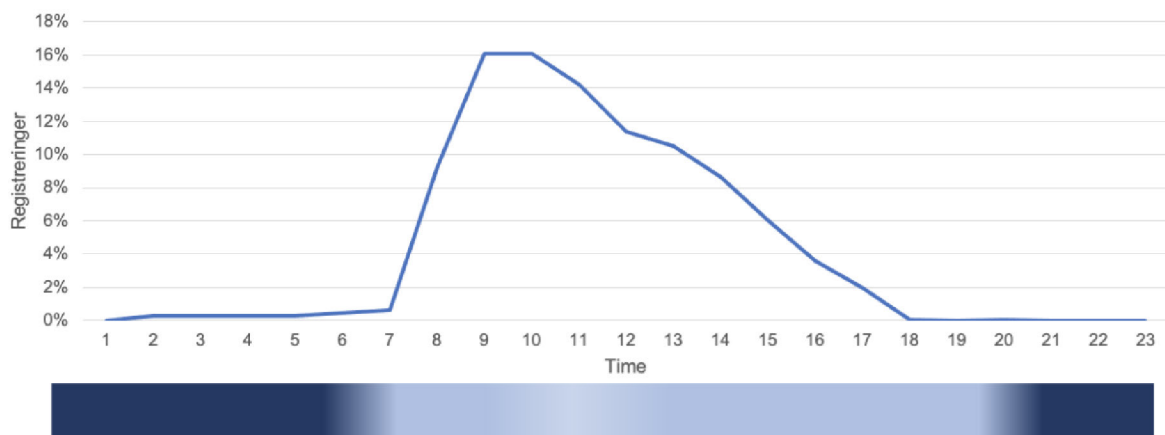
3.8 Fôrpreferanse og fôrregime

3.8.1 Antenneregistrering

Fisken som ble fôret med Kontrollfôr hadde flest registreringer fra antenne-data på blokker i oktober, men dette skiftet til pellets i november. Imidlertid var det ingen store forskjeller i registreringene mellom pellets og blokker for fisken fôret med Kontroll fôr i november (Figur 20). Mens fisken fôret med de andre fôrene hadde flest registreringer på pellets. Det var en økning i antall registreringer i november sammenlignet med oktober for alle behandlingene. Antennedata viste også et tydelig daglig fôringsmønster, der berggylten spiste mellom 08:00 og 15:00, etter dagslyset i vinterregionen.



Figur 9: Antall pit-tag registreringer ved fôringsstasjonene i oktober og november i de forskjellige fôrgruppene. Mørk brune søyler viser registreringer ved fôrblokkene, mens lys brun søyler viser registreringer ved pelletfôrposen.

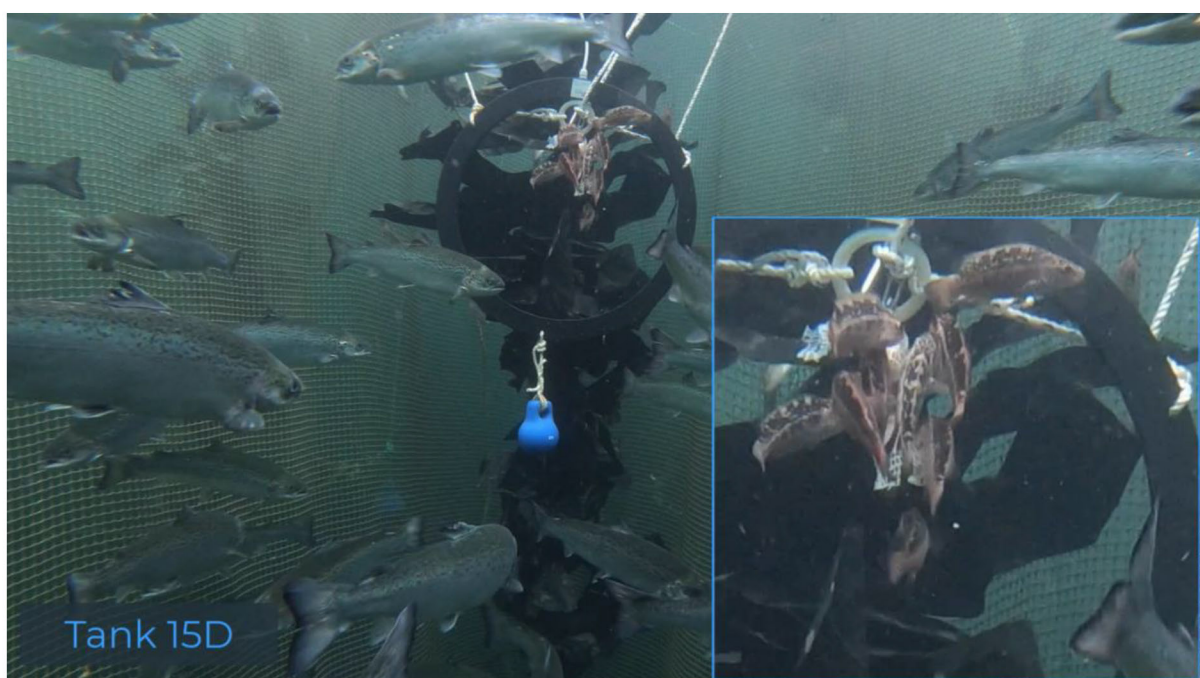
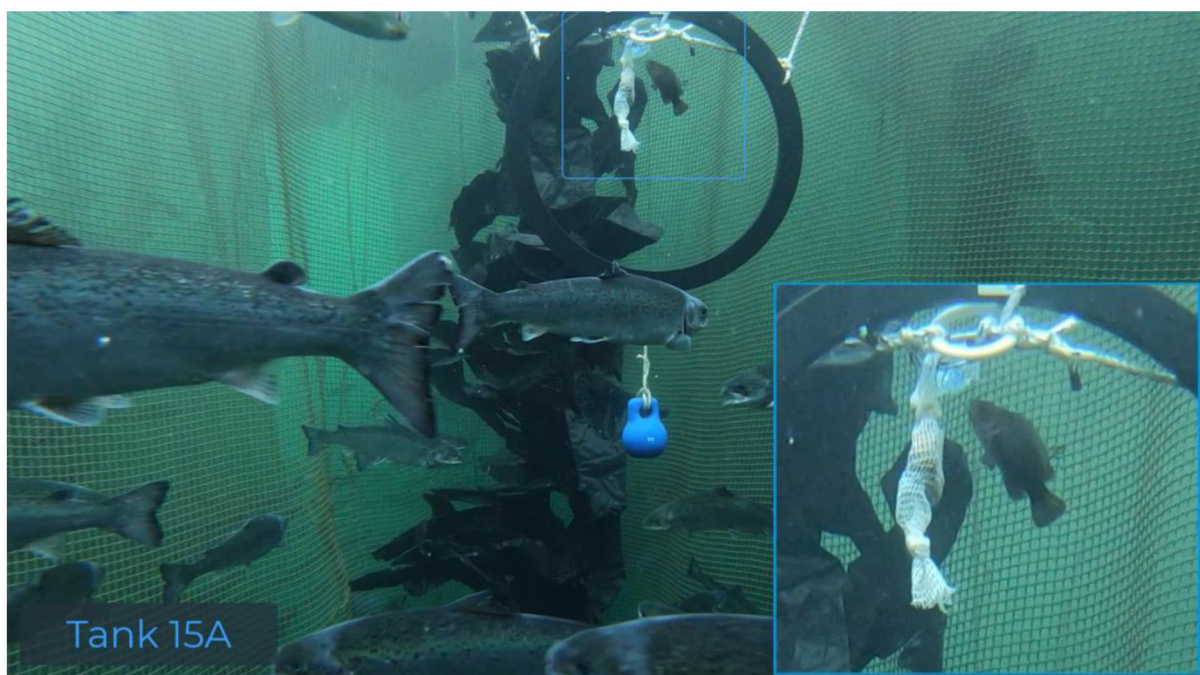


Figur 9: Antall pit-tag registreringer ved fôringsstasjonene gjennom døgnet.

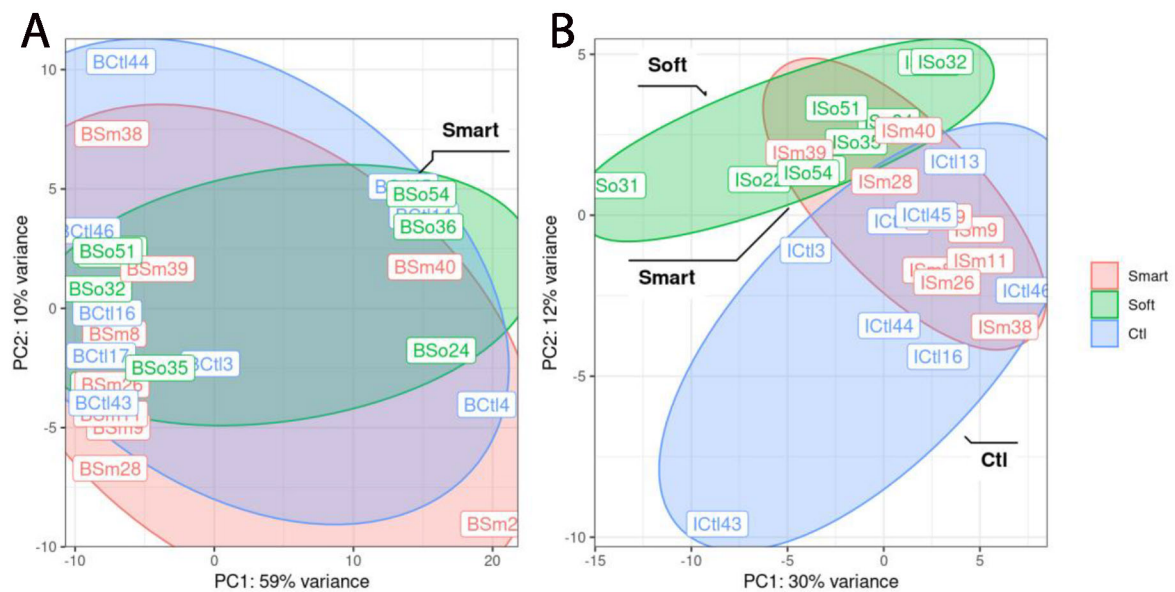
Gjennomsnitt av målinger gjennom oktober og november. Fargefelt under x-aksen indikerer daglengde i forsøksperioden.

3.8.2 Videoanalyse av appetitt

Fiskens atferd ble filmet i forbindelse med regular fôring og også i forbindelse med skifte av fôr, dvs når fôret ble byttet ut (en gang pr dag). Disse dataene bekreftet målingene med antenner. I tillegg kunne man også få mere detaljer om det nøyaktige antall fisk tilstede ved fôringsstasjonen (opptil 15 ble observert samtidig) og hvorvidt fisken faktisk spiste eller kun var i nærheten med en viss interesse, men at fisken så svømte vekk uten å spise.

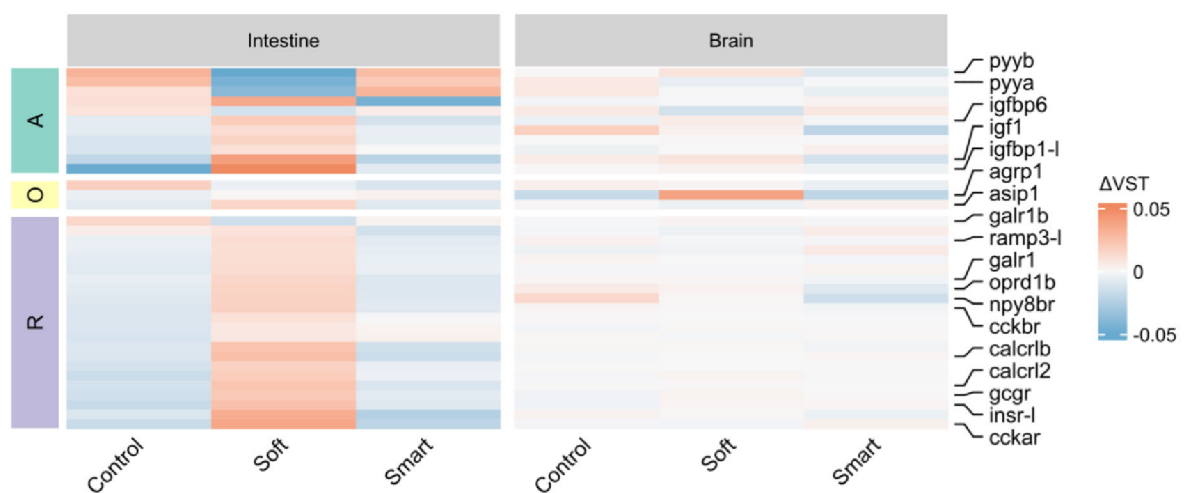


Ved å kun fokusere på appetitt assosierte gener i tarm ser vi et klart skille mellom gruppene som fikk Kontroll fôr og Smart fôret. Gruppen gitt Smart fôret overlapper med begge de to andre gruppene (Fig. 12B).

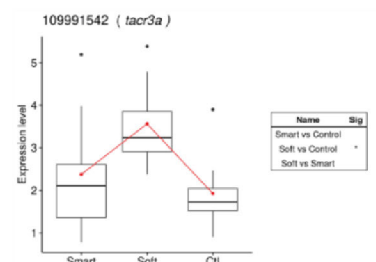
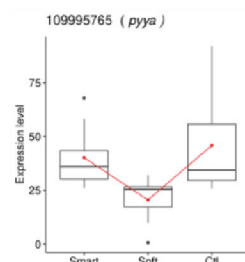
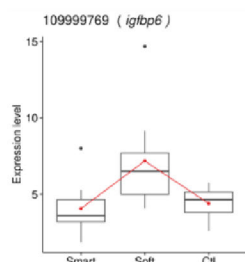
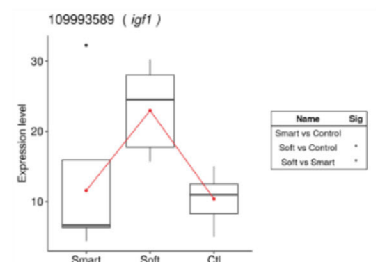
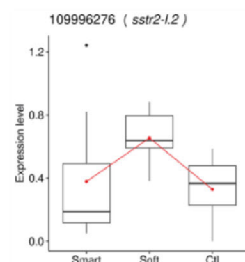
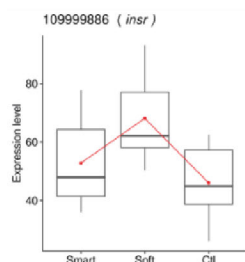
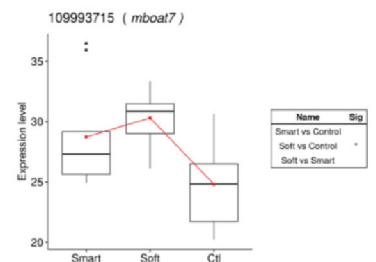
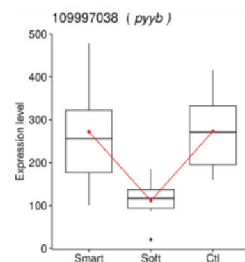
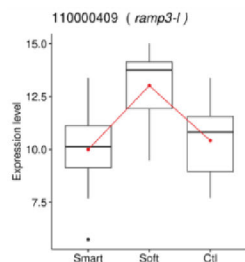
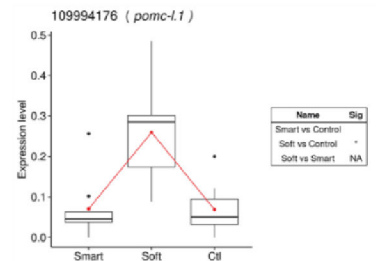
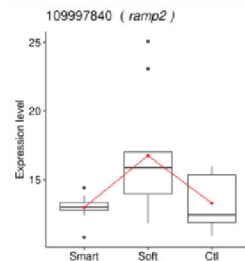
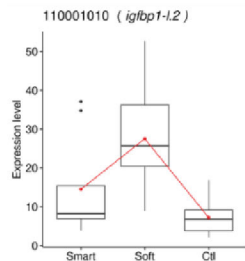
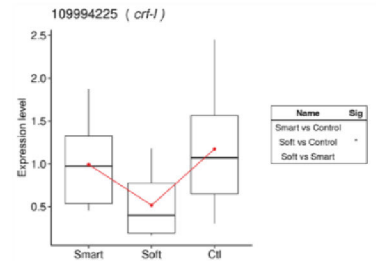
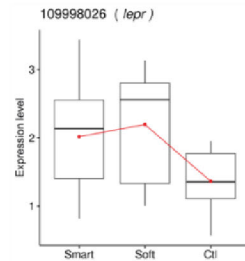
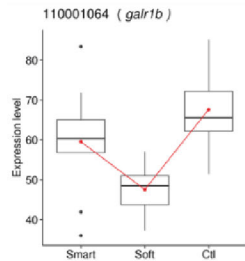
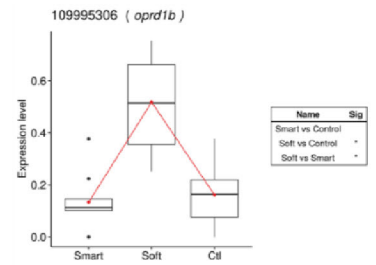
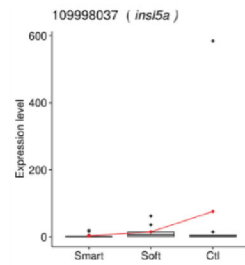
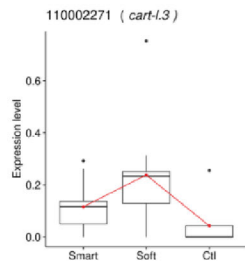


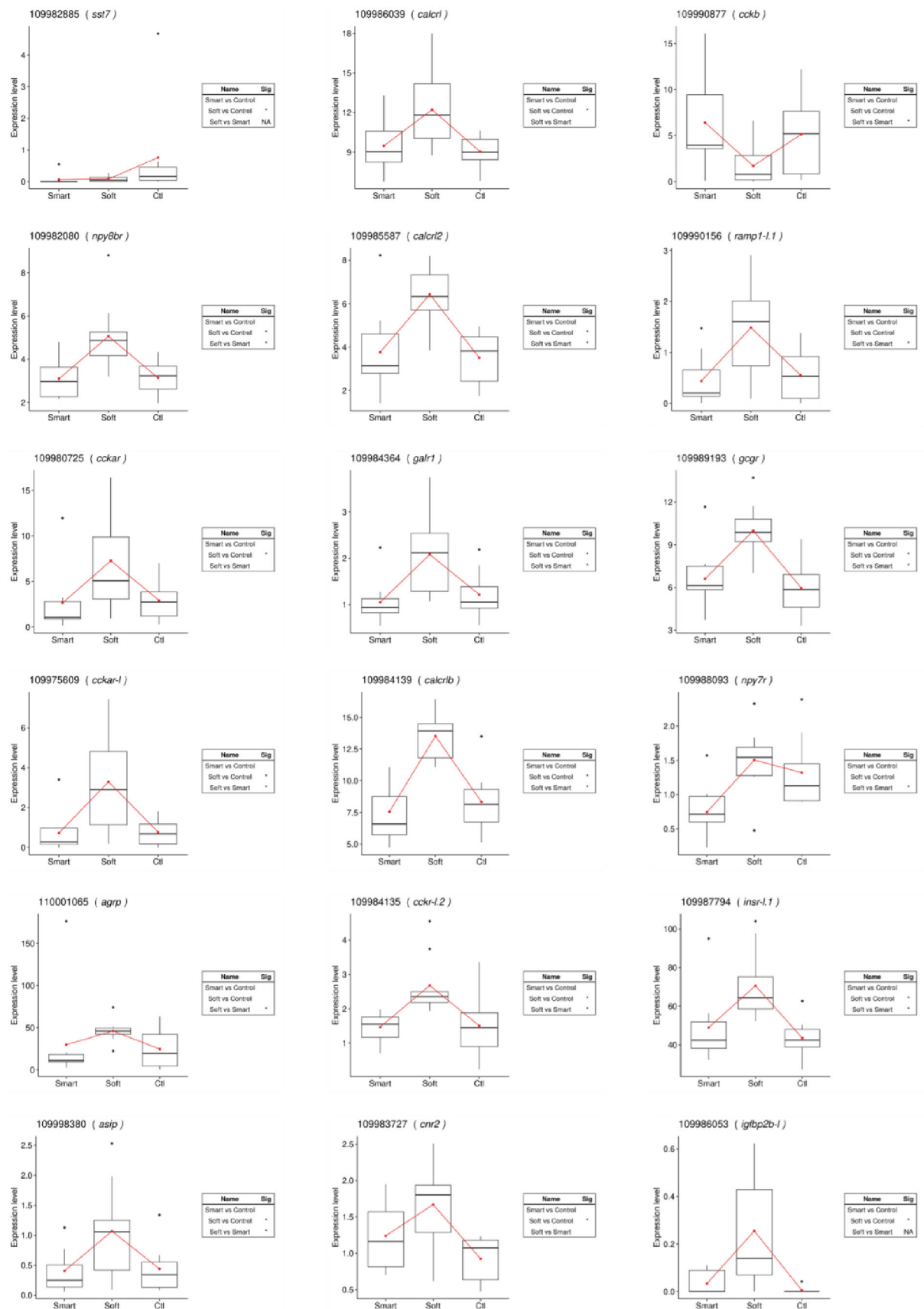
Figur 12: PCA plot av 150 utvalgte gener som er assosiert med appetitt i hjerne (A) og tarm (B).

Hormoner som produseres i tarmen bidrar til å regulere fordøyelse og absorpsjon, og noen påvirker også appetitt via blodsirkulasjonen eller via nervebaner. Hovedfunksjonen til tarmen er imidlertid å maksimere fordøyelsen, og de ulike genuttrykkene i tarmvev reflekterer trolig tilpasninger til ulike førsammensetninger for håndtere disse mest mulig effektivt. Det er dermed vanskelig å konkludere ut fra at det var langt flere appetitt assosierte gener som var forskjellig regulert mellom de tre fôrgruppene.



Figur 13: «Heat map» som viser fold forandring av kandidatgenene som ble analysert i tarm og hjerne

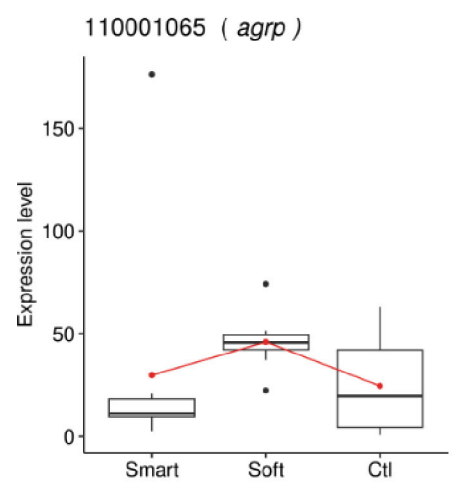




Figur 14: Box plot for hvert enkelt gen i tarmvev som var signifikant påvirket av diett i forsøket. Med få unntak var gene oppregulert i fisken som fikk det kommersielle foret.

3.10 Kommentar til genuttrykk i hjernen

Dersom vi ser på hvordan enkeltgener som er assosiert med appetitt i hjernen responderte ulikt i fôrgruppene er det kun agouti-related protein (AgRP1) som er signifikant ulikt regulert i hjernen. Her er det noe variasjon i Kontrollgruppen, men det er tydelig at Softgruppen har høyere uttrykk av dette genet enn spesielt Smartgruppen.



Figur 14: Box plot for det ene genet som var signifikant påvirket av fôret i hjernen. Her ser vi en oppregulering i fisk som fikk det kommersielle fôret.

Dette er en både interessant og viktig observasjon. Hos alle dyr, både mennesker og fisk er appetitt og dermed også fôrinntaket styrt av nervebaner i en del av hjernen som heter hypothalamus. Vi kjenner til flere av de hormonene og såkalte neuropeptidene som produseres og , også samspillet mellom dem. Noen faktorer stimulerer metthetsfølelse, men andre stimulerer sult og økt fôrinntak. Det er interessant at i dette forsøket der vi analyserte mer enn 137 av de faktorene som vi antar påvirker appetitten er det kun en som er signifikant forskjellig; AGRP1. Dette er et signalstoff som stimulerer til økt fôropptak, og dataene fra dette prosjektet tyder på at det kan være en indikator på appetitt hos bergylt, dvs om den spiser og klarer seg bra. Hos laks har vi sett at dette signalstoffet kun produseres i denne delen av hjernen, slik at det trolig ikke er involvert i andre hjernefunksjoner enn appetittkontroll (Rønnestad et al., 2023). Dette støtter at AgRP1 kan være en god biologisk indikator på appetitt og fôrintak, og dermed positiv vekst hos bergylt.

4 Diskusjon

4.1 Hovedfunn

Lakseindustrien ønsker å øke antallet oppdrettede berggylter for å bekjempe lakselus og redusere presset på viltbestanden. Utfordringer knyttet til treg vekst, dårlig velferd og høy dødelighetsrate i alle livsstadier, har hindret den bruken av oppdrettede berggylter. Denne studien har fokusert på ernæring av berggylt i laksemærden, med teorien om at riktig ernæring og førsammensetning kan hjelpe med disse utfordringene. Resultatene fra denne studien viste at fisk som ble tilbudt Kontrollfôr oppnådde bedre resultater når det gjelder vekst, energistatus ved slutten av forsøket, tett fulgt av fisk som fikk Smartfôr. Fisk som ble tilbudt Kontrollfôr økte kroppsvekten med 28,6 % i løpet av den tre måneder lange forsøksperioden, mens fisken som fikk Smartfôr økte kroppsvekten med 21,7 %. For fisk som fikk det kommersielle Softfôret, gikk vekten ned med 3,3 %. Denne gruppen hadde også lavere energilagre og overlevelse gjennom vinteren sammenlignet med fisk som fikk de andre eksperimentelle fôrene.

4.2 Vekst

Kontrollfôret viser det samme som tidligere studier som har vist at inkludering av høykvalitets proteinkilder som reker, krill og torskefilet i berggylts fôr hadde en positiv effekt på vekst og overlevelse sammenlignet med fôr som inneholdt fiskemel (Bogevik et al., 2016; Kousoulaki et al., 2021, 2015). Målet her var å vise at et fôr med mer bærekraftige og rimeligere ingredienser også ville gi god vekst, og det ble bekreftet med Smartfôret.

Før utsetting var det en klar effekt på SGR mellom behandlingene. Fisk som ble tilbudt Kontroll fôr hadde en SGR på 0,48 %, som er i tråd med tidligere studier av (Cavrois-Rogacki et al., 2019) ved lignende temperatur (SGR på 0,5 %). Fisk som ble brukt i studien av Cavrois-Rogacki et al. (2019) var omtrent halvparten så stor som fisken som ble brukt i denne studien.

Andre studier har vist at ved samme temperatur er SGR høyest i de tidlige stadiene av fisken, og avtar deretter (Brett and Groves, 1979; Jobling, 1997). Med tanke på at SGR for fisken som fikk Smart fôr (0,33 %) ikke var like høy som for Kontroll fôr eller studien til Cavrois-Rogacki (2019), kan det likevel være en rimelig SGR i forhold til fiskestørrelsen. Dette forklarer ikke hvorfor fisken som fikk Soft fôr hadde en SGR på 0,04 %, men kan heller forklares av fôrene.

Som tidligere beskrevet fant (Hamre et al., 2013) at den høyeste veksten for unge berggylter ble oppnådd med 65 % proteininnhold. I denne studien hadde fisken som ble tilbudt det kommersielle Soft fôret et proteininnhold på mellom 40-45 %. Tidligere studier har vist at økning i proteininnholdet i fôrene fra 45 % til 55 % for oliven flyndre (*Paralichthys olivaceus*) og havabbor (*Dicentrarchus labrax*) resulterte i vektøkning på 16 % for kveite og 23 % for havabbor (Ballestrazzi et al., 1994; Kim

et al., 2002). Det lave proteininnholdet kan være en forklarende faktor til hvorfor fisken som fikk Soft fôret ikke økte like mye i vekt sammenlignet med fisken som fikk Kontroll og Smart fôr, som hadde et proteininnhold på nesten 60 %.

En annen årsak til den langsommere veksten hos fisken som fikk Soft fôr kan være innholdet av frie aminosyrer og små peptider. Krill og andre krepsdyr har høyere nivåer av frie aminosyrer og små peptider enn de som finnes i fiskemel (Kousoulaki et al., 2013). (Kousoulaki et al., 2015) antyder at innholdet av disse frie aminosyrene og små peptidene kan ha positive effekter på å stimulere økt fôrintak, og at unge berggylter kan trenge høyere nivåer av tilgjengelig protein enn det som finnes i fiskemel, og i dette tilfellet det kommersielle Soft fôret.

Generelt sett gjenspeilet fiskens ytelse på land fiskens ytelse i laksemerdene. Det var en betydelig nedgang i SGR for alle fôrene i laksemerdene. Imidlertid hadde fisk som ble fôret med Soft fôr en negativ SGR (0,12 %) og gikk ned i vekt, mens fisken som ble fôret med Kontroll og Smart fôr hadde en positiv SGR og fortsatte å øke i vekt. SGR for fisken som ble fôret med Smart fôr (0,11 %) var høyere enn fisken fôret med Kontroll fôr (0,08 %), men de var ikke signifikant forskjellige.

Vektøkningen for fisken som ble fôret med Kontroll og Smart fôr står i kontrast til en tidligere studie der berggylter mistet vekt innen seks uker etter utsetting (Skiftesvik et al., 2013). Til tross for dette gjorde fisken som ble fôret med Kontroll og Smart fôr det bedre når det gjelder vekst. De hadde også det høyeste standardavviket, noe som tyder på store forskjeller innad i gruppen. Hvis man sammenligner antall besøk på fôringsstasjonene (antennedata) og innhold i tarmen under sjøfasen, var det færre registreringer for fisken som ble fôret med Soft fôr, og det ble ikke registrert noe fôr i tarmen sammenlignet med fisken som ble fôret med de andre fôrene. Dette tyder på at fisken som fikk Soft fôr hadde lavere fôrintak, og dermed støtte hypotesen om berggylts kresenhet mot fôr som inneholder fiskemel.

Uavhengig av det tilbudte fôret, presterte all fisken bedre når det gjaldt vektøkning, K-faktor og SGR i kar på land sammenlignet med sjøen. Nedgangen i K-faktor og SGR etter utsetting kan skyldes økt stress på grunn av håndtering og endring av habitat. I tillegg kan fisken ha redusert svømmeaktivitet i tanker sammenlignet med deres naturlige miljø i sjøen, noe som resulterer i en høyere K-faktor og SGR i kar på land (Skiftesvik et al. 2013). Imidlertid har villfisk ofte blitt brukt som referanse for antakelsen om at deres næringsbehov blir møtt av deres naturlige fôr. I denne studien var K-faktoren for all fisken i sjøen (1,6-1,8) ganske lik det som er funnet for vill berggylt (Hamre et al., 2013; (Cavrois-Rogacki et al., 2022).

4.3 Energistatus

Berggylt lagrer energi i både lever, muskler og rundt vicera, der vicera har den høyeste energien, etterfulgt av leveren. Det var en betydelig forskjell i energi mellom behandlingene. Ved slutten av

forsøket hadde fisken som ble tilbudt Soft før 4,1 %, 6,2 % og 35,7 % lavere energi i leveren, musklene og tarmene, sammenlignet med fisken som ble tilbudt Kontroll før. Sammenlignet med fisken som ble føret med Smart før, hadde fisken føret med Soft før 7,2 %, 4,5 % og 33,5 % lavere energi i leveren, musklene og tarmene henholdsvis. Fisken som ble føret med Smart og Kontroll før hadde små forskjeller i energi i alle organene. Fisken som ble føret med Kontroll før hadde også en sterk sammenheng mellom energi i tarmene og musklene for alle tidspunkter. Denne sammenhengen kan indikere at når energi absorberes, lagres den både i musklene og tarmene. Med tanke på at alle førene inneholder en viss prosentandel rekemel, kan dette indikere at bytte av torskefiletmel med fiskemel sammenlignet med insekt- og krill-mel, resulterer i lavere energilagring.

4.4 Vekst kontra energilagring

Berggyltens naturlige habitat strekker seg fra nordøstlige Atlanterhavet utenfor Norge til Marokko, og den kan derfor tåle store forskjeller i temperatur (Yuen et al., 2019). Energibehovet endrer seg i takt med temperaturendringer. Flere studier har vist at mange berggylter viser redusert fødeinntak og aktivitetsatferd om vinteren (Deady et al., 1995; Sayer et al., 1993; Yuen et al., 2019). Hvis fødeinntaket reduseres om vinteren, blir energilagring viktig for overlevelse. For unge fisk er vekst og energilagring, hovedsakelig i form av lipider, de viktigste faktorene for å overvinne de to største dødsårsakene: predasjon og sult (Huss et al., 2008; Sogard, 1997). Fisken må derfor balansere behovet for å vokse forbi rovdyr ved å maksimere veksten, samtidig som den akkumulerer tilstrekkelig energilagring som kan hjelpe den gjennom vinteren. Når ressursene er begrensede, står unge fisk vanligvis overfor en avveining mellom kravene til energi mellom vekst eller lagring. Sårbarheten for størrelsesavhengige rovdyr avtar med størrelsen, og seleksjon for rask vekst heller enn energilagring foretrekkes normalt for unge fisk (Sogard, 1997). Økt vekst kan også øke størrelsen på byttedyr som inntas, og dermed øke sannsynligheten for overlevelse om vinteren når temperaturen synker. Dette kan forklare hvorfor fisken i denne studien økte i vekt ved slutten av forsøket sammenlignet med den nøytrale starten 9. september, til tross for at energilagringen deres gikk ned. Økt vekst fører vanligvis til høyere nivåer av vann og lavere nivåer av lipider i fisken (Shearer, 1994). Den største reduksjonen i energi for alle behandlingene skjedde i tarmpartiene. Fisken som ble tilbudt Kontroll før gikk ned med 32,7 % ved slutten av forsøket sammenlignet med 9. september, mens fisken som fikk Smart og Soft før gikk ned med henholdsvis 35,0 % og 56,7 %. Dette demonstrerer at det primære organet for energilagring og bruk er tarmene. (Villegas-Ríos et al., 2014) antydte også at den største energien som ble tildelt reproduksjon, stammer fra tarmene hos berggylt.

4.5 Organindeks

Ved å sammenligne organindeksen med energi var det en nedgang i LSI (Liver-Somatic-Index) og VSI (Visceral-Somatic-Index) for alle før etter utsetting. Dette skyldtes sannsynligvis bruk av lagret fett, noe som også vises ved en nedgang i energilagring. Imidlertid økte fisken som ble tilbudt Kontroll

og Smart før LSI omtrent dobbelt mot slutten av forsøket sammenlignet med en måned etter utsetting. Hvis vi sammenligner dette med temperaturen, var det en nedgang i temperatur fra oktober til november, fra rundt 12-13 til rundt 9-10 grader. Økningen i LSI samsvarer med tidligere funn av (Cavrois-Rogacki et al., 2019), der fisk hadde økt LSI ved oppdrett i 10°C sammenlignet med 13°C og 16°C. Forfatterne antydte at ved lavere temperatur bruker unge berggylter leveren til å lagre energi fra lipider, sannsynligvis som glykogen. Dette skjer på en lignende måte som hos torsk (Jobling, 1988) og karpe (*Cyprinus carpio*) (Shikata et al., 1995). I tillegg observerte Cavrois-Rogacki (2019) at lipidinnholdet i leveren avtok når temperaturen sank, og foreslo at leverglykogenreservene deres ble brukt som energikilde ved lave temperaturer. Hvis vi sammenligner LSI med energi, var det ikke så mye endring i energi sammenlignet med økningen i LSI i denne perioden. Siden glykogen kan binde mellom 2,7 og 4 ganger sin egen vekt i vann (Fenn, 1939), kan økningen i LSI representere et høyt vanninnhold.

Det var stor forskjell i korrelasjon mellom LSI og VSI-indeks for de forskjellige behandlingene, men også på forskjellige datoer. Årsakene til dette er uklare, men det kan påvirkes av både før og temperatur. Analyse av fett, protein og karbohydrater kunne derfor være interessant for å kaste mer lys over effekten av de forskjellige førene.

4.6 Preferanse, blokk eller pellets

Basert på tidligere studier viste førblokker en positiv effekt på vekst og overlevelse både for rognkjeks (Imstrand et al., 2020) og berggylter (Leclercq et al., 2015). For fisk føret med Kontrollfør var det en lignende preferanse for blokk og pellets basert på antenneregistreringene, mens det var flere registreringer på pellets for fisk føret med Smart og Softfør. Det kan derfor tyde på at preferanse for førkildepresentasjon avhenger av førkomposisjonen.

4.7 Fiskevelferd

Resultatene fra OVI-skåren viste at den mest rapporterte skaden var erosjon av brystfinnene, etterfulgt av skjelltap når fisken var på land. Alvorlighetsgraden av erosjon i brystfinnene var ganske lik mellom behandlingene, men fisk føret med Kontroll før hadde mindre skjelltap sammenlignet med fisk føret med Smart og Soft før. På den positive siden forbedret alle fiskene sin OVI-skår etter overføring til merdene. Dette viser at fisken kommer seg over tid når den overføres fra kar til merd. Forbedret sårsituasjon av fisk har blitt rapportert for *Sparus aurata* og havabbor, der de forbedret finne helse ved utsett i sjø (Arechavala-Lopez et al., 2013).

Det var ingen signifikant forskjeller i dødsraten mellom behandlingene i løpet av forsøksperioden, med en ganske lav dødsrate på 0,8 %, 4,5 % og 4,7 % for fisk føret med Kontroll, Smart og Soft før,

henholdsvis. Etter at fisken ble overført til en felles merd for overvintring, ble de alle fôret med Smartfôr. I løpet av vinteren økte dødsraten for alle behandlingene. Fôrtypen i forsøksperioden påvirket dødsraten om vinteren. Generelt hadde fisk fôret med Softfôr under forsøksperioden en høyere dødsrate om vinteren med 27,6 %, sammenlignet med fisk fôret med Kontroll- og Smartfôr med henholdsvis 22,5 % og 19,3 %. Disse tallene er lavere enn det som er rapportert i den nasjonale inspeksjonskampanjen (Wilmann et al., 2020), der 40 % av berggyltene dør i løpet av produksjonsperioden for laks. Imidlertid var det et stort antall savnede berggylter om vinteren. Årsaken til dette er uklar, men det var mye skarv rundt merden gjennom vinteren. På grunn av det store antallet savnede fisk, økte dødsraten til 55,0 %, 53,2 % og 69,5 % for fisk fôret med Kontroll, Smart og Soft fôr henholdsvis. Dette er høyere enn det som er rapportert av den nasjonale inspeksjonskampanjen (Wilmann et al., 2020). Uavhengig av savnede fisk hadde fisk fôret med det kommersielle Soft fôret den høyeste dødeligheten, noe som gjenspeiler deres generelle prestasjon i løpet av forsøksperioden, og det kan foreslås at riktig fôrkomposisjon kan forbedre overlevelsen om vinteren, men dødsraten er fortsatt høy.

Referanser

- Arechavala-Lopez, P., Sanchez-Jerez, P., Izquierdo-Gomez, D., Toledo-Guedes, K., Bayle-Sempere, J.T., 2013. Does fin damage allow discrimination among wild, escaped and farmed *Sparus aurata* (L.) and *Dicentrarchus labrax* (L.)? *J. Appl. Ichthyol.* 29, 352–357. <https://doi.org/10.1111/jai.12090>
- Ballestrazzi, R., Lanari, D., D'Agaro, E., Mion, A., 1994. The effect of dietary protein level and source on growth, body composition, total ammonia and reactive phosphate excretion of growing sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 127, 197–206. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90426-x](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90426-x)
- Bogevik, A.S., Kousoulaki, K., Skiftesvik, A.B., Opstad, I., 2016. Fishmeal quality and ethoxyquin effects on the weaning performance of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) larvae. *Aquacult Nutr* 22, 46–50. <https://doi.org/10.1111/anu.12225>
- Brett, J.R., Groves, T.D.D., 1979. 6 Physiological Energetics. *Fish Physiol.* 8, 279–352. [https://doi.org/10.1016/s1546-5098\(08\)60029-1](https://doi.org/10.1016/s1546-5098(08)60029-1)
- Cavrois-Rogacki, T., Davie, A., Monroig, O., Migaud, H., 2019. Elevated temperature promotes growth and feed efficiency of farmed ballan wrasse juveniles (*Labrus bergylta*). *Aquaculture* 511, 734237. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734237>
- Cavrois-Rogacki, T., Leeming, D., Lopez, P.M., Davie, A., Migaud, H., 2022. Plant-based protein ingredients can successfully replace fish meal in the diet of ballan wrasse (*LABRUS BERGYLTA*) juveniles. *Aquaculture* 546, 737419. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737419>
- Costello, 1991. Review of the Biology of Wrasse (Labridae: Pisces) in Northern Europe. *Progress in Underwater Science* 29–51.

- Deady, S., Varian, S.J.A., Fives, J.M., 1995. The use of cleaner-fish to control sea lice on two Irish salmon (*Salmo salar*) farms with particular reference to wrasse behaviour in salmon cages. *Aquaculture* 131, 73–90. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)00331-h](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)00331-h)
- Fenn, W.O., 1939. The deposition of potassium and phosphate with glycogen in rat livers. *J. Biol. Chem.* 128, 297–307. [https://doi.org/10.1016/s0021-9258\(18\)73754-x](https://doi.org/10.1016/s0021-9258(18)73754-x)
- Hamre, K., Nordgreen, A., Grotan, E., Breck, O., 2013. A holistic approach to development of diets for Ballan wrasse (*Labrus bergylta*) - a new species in aquaculture. *PeerJ* 1, e99. <https://doi.org/10.7717/peerj.99>
- Huss, M., Byström, P., Strand, S., Eriksson, L.-O., Persson, L., 2008. Influence of growth history on the accumulation of energy reserves and winter mortality in young fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65, 2149–2156. <https://doi.org/10.1139/f08-115>
- Imsland, A.K.D., Reynolds, P., Lorentzen, M., Eilertsen, R.A., Micallef, G., Tvenning, R., 2020. Improving survival and health of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by the use of feed blocks and operational welfare indicators (OWIs) in commercial Atlantic salmon cages. *Aquaculture* 527, 735476. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735476>
- Jobling, M., 1997. Global Warming 225–254. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511983375.010>
- Jobling, M., 1988. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. *Aquaculture* 70, 1–19. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(88\)90002-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(88)90002-6)
- Kim, K.W., Wang, X.J., Bai, S.C., 2002. Optimum dietary protein level for maximum growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel): Optimum dietary protein level in olive flounder. *Aquac. Res.* 33, 673–679. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2002.00704.x>
- Kousoulaki, K., Bøgevik, A.S., Skiftesvik, A.B., Jensen, P.A., Opstad, I., 2015. Marine raw material choice, quality and weaning performance of Ballan wrasse (*Labrus bergylta*) larvae. *Aquaculture Nutrition* 21, 644–654. <https://doi.org/10.1111/anu.12186>
- Kousoulaki, K., Grøtan, E., Kortner, T.M., Berge, G.M., Haustveit, G., Krogdahl, Å., Nygaard, H., Sæle, Ø., Chikwati, E.M., Lein, I., 2021. Technical feed quality influences health, digestion patterns, body mineralization and bone development in farming of the stomachless cleaner fish ballan wrasse (*Labrus bergylta*). *Anim Feed Sci Tech* 274, 114830. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114830>
- Leclercq, E., Graham, P., Migaud, H., 2015. Development of a water-stable agar-based diet for the supplementary feeding of cleaner fish ballan wrasse (*Labrus bergylta*) deployed within commercial Atlantic salmon (*Salmo salar*) net-pens. *Anim Feed Sci Tech* 208, 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.026>
- Rønnestad, I., Lai, F., Kalanathan, T., Tolås, I., Norland, S., Gomes, A., 2023. Appetite control and feed intake- Can AgRP serve as a biomarker for appetite in the teleost Atlantic salmon, *Salmo salar*? *Physiology* 38, 5734651. <https://doi.org/10.1152/physiol.2023.38.s1.5734651>

- Sayer, M.D.J., Gibson, R.N., Atkinson, R.J.A., 1993. Distribution and density of populations of goldsinny wrasse (*Ctenolabrus rupestris*) on the west coast of Scotland. *J. Fish Biol.* 43, 157–167. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1993.tb01185.x>
- Shearer, K.D., 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture* 119, 63–88. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90444-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90444-8)
- Shikata, T., Iwanaga, S., Shimeno, S., 1995. Metabolic Response of Acclimation Temperature in Carp. *Fish. Sci.* 61, 512–516. <https://doi.org/10.2331/fishsci.61.512>
- Skiftesvik, A.B., Blom, G., Agnalt, A.-L., Durif, C.M.F., Browman, H.I., Bjelland, R.M., Harketstad, L.S., Farestveit, E., Paulsen, O.I., Fauske, M., Havelin, T., Johnsen, K., Mortensen, S., 2013. Wrasse (*Labridae*) as cleaner fish in salmonid aquaculture – The Hardangerfjord as a case study. *Marine Biology Research* 10, 289–300. <https://doi.org/10.1080/17451000.2013.810760>
- Sogard, 1997. Size-selective mortality in the juvenile stage of teleost Fishes: A Review. *Bulletin of Marine Science* 60, 1129–1157.
- Villegas-Ríos, D., Alonso-Fernández, A., Domínguez-Petit, R., Saborido-Rey, F., 2014. Energy allocation and reproductive investment in a temperate protogynous hermaphrodite, the ballan wrasse *Labrus bergylta*. *J. Sea Res.* 86, 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2013.11.010>
- Wilmann, E., Fjetland, O., Bysheim, H., Johansen, E.J., Dahl, T., Runde, K.H.H., Fyllingen, I., 2020. Nasjonal tilsynskampanje 2018/2019 VELFERD HOS RENSEFISK. Mattilsynet.
- Yuen, J.W., Dempster, T., Oppedal, F., Hvas, M., 2019. Physiological performance of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) at different temperatures and its implication for cleaner fish usage in salmon aquaculture. *Biol. Control* 135, 117–123. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.05.007>

5 Sammendrag og anbefaling

Konklusjonen er at det var en tydelig ernæringseffekt på vekst og energistatus. Fisk fôret med Kontrollfôr presterte bedre med hensyn til vekst og energistatus, tett fulgt av fisk fôret med Smartfôr. Dette viser at det er potensiale for å erstatte den dyre torskefileten med et mer bærekraftig fôr basert på insektmel og terrestrisk protein som gluten. Vi har her også vist at det dyre rekemelet også kan reduseres med 50 % i forhold til hva som er brukt i Kontrollfôret. Fisk som ble tilbudt det kommersielle fôret med fiskemel hadde en negativ respons på vekst, energistatus og høyere dødsrate. Generelt kan riktig fôr for unge berggylter før utsetting og under utsetting forbedre veksten, energilagringen og overlevelsen om vinteren.

Ett enkelt gen i hjernen som er sentralt i appetitt regulering responderte på fôret. agouti-related protein (AgRP1) er kjent som et orexogenisk peptid som vil øke fôrinntak. Våre resultater tyder på at et høyt uttrykk i hjernen av AgRP1 er et signal om dårlig næringsopptak.

Hovedfunn:

- Fôr basert på «vanlige» fôringredienser kan være like smakelig og næringsrikt som «gullstandarden» med mye rekemel og torskemuskel. Se oppskriften i rapporten.
- Fettdeponering i bukhulen er et godt mål på robusthet hos berggylt.
- Berggylten foretrekker pellets fremfor fôrblokk
- Berggylten spiser kun når det er lyst, og mest om morgenen
- Agouti-related protein (AgRP1) uttrykk i hjernen er en god markør for berggylte som får et utilstrkkelig fôr

6 Leveranser

Øystein Sæle, Ida Hansen, Katerina Kousoulaki, Anne Berit Skiftesvik, Ivar Rønnestad and Reidun Bjelland. «Optimizing nutrition and feeding of ballan wrasse for better welfare and survival in salmon pens.». the XXth International Symposium on Fish Nutrition and Feeding 2022 in Sorrento. 5. til 9. juni

Øystein Sæle, Ida Hansen, Katerina Kousoulaki, Anne Berit Skiftesvik, Ivar Rønnestad and Reidun Bjelland. «Optimal fôring av berggylt i laksemerd» HAVBRUK 2022 Bergen 19. - 21. oktober.

Thesis for the degree «Master of Science in Aquaculture Biology» av Ida Lee Liseth Hansen ved Institutt for Biologisk Vitenskap, Universitetet i Bergen med oppgaven: «DIETARY EFFECTS ON GROWTH AND ENERGY STATUS OF JUVENILE BALLAN WRASSE (LABRUS BERGYLTA) IN SALMON PENS» <https://hdl.handle.net/11250/3000830>



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no