

**Mulighet for genetisk forbedring av  
avlusningskapasiteten hos rognkjeks**





**Akvaplan-niva AS**

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Mulighet for genetisk forbedring av avlusningskapasiteten hos rognkjeks

**Prosjektgruppe:**

Albert K. Imsland\*, Patrick Reynolds\*\*, Gerhard Eliassen\*\*, Thor Arne Hangstad\*, Ólöf D. B. Jónsdóttir\*, Per-Arne Emaus\*, Ane V. Nytrø\*, Thor Magne Jonassen\*

\*Akvaplan-niva AS

\*\*GIFAS

**Akvaplan-niva rapport nr / report no**

6838- 1

**Dato / Date**

26.05.2016

**Antall sider / No. of pages**

17

**Distribusjon / Distribution**

Åpen

**Oppdragsgiver / Client**

FHF

**Oppdragsg. referanse / Client's reference**

FHF-900977

**Sammendrag / Summary**

Ni familiegrupper av rognkjeks ble fordelt i ni forskjellige laksemerder hvor lusepåslag ble målt annenhver uke og mageinnhold på rognkjeks fra alle familiegruppene ble målt fem ganger i løpet av forsøket. Resultatene viste at viktige egenskaper knyttet til lusespising varierte mellom de forskjellige familiegruppene. Dette gir grunnlag for genetisk seleksjon og systematisk avl på egenskaper knyttet til spiseatferd for kontinuerlig forbedring av avlusningskapasiteten hos rognkjeks.

**Prosjektleder / Project manager**

Thor Jonassen

**Kvalitetskontroll / Quality control**



## INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Sammendrag .....	2
2	Bakgrunn .....	2
3	Materiale og metode .....	3
3.1	Forsøksmateriale: .....	3
3.2	Forsøksoppsett.....	4
3.3	Magetømming .....	5
3.4	Statistikk.....	6
4	Resultater .....	7
4.1	Vekst og dødelighet.....	7
4.2	Utviklingen i infeksjonsgraden av lakselus.....	9
4.3	Mageanalyser .....	11
5	Diskusjon.....	15
6	Konklusjoner og anbefalinger .....	16
7	Referanser.....	16

## 1 Sammendrag

Ni familiegrupper med individmerket rognkjeks (avkom fra villfisk) ble fordelt i ni forskjellige laksemerder med to familier per merd og to parallelle merder for hver familie. Innblandingsprosent av rognkjeks var 10%. Laksen var fri for lakselus ved forsøksstart. Lusepåslag ble målt annenhver uke. Mageinnhold på fisk fra alle familiegruppene ble målt fem ganger i løpet av forsøket.

Resultatene viste at viktige egenskaper knyttet til lusespising varierte mellom de forskjellige familiegruppene. Dette gir grunnlag for genetisk seleksjon og systematisk avl på egenskaper knyttet til spiseatferd for kontinuerlig forbedring av avlusingskapasiteten hos rognkjeks.

Spesielt familie 2 og 5 fremhevet seg, hvor familie 5 hadde en sterk preferanse for laksefôr og lite eller ingen lakselus i magen i perioden. Det var også relativt høy dødelighet i denne familiegruppen. Familie 2 var karakterisert med best vekst (til tross for ingen fôring av rognkjeks), størst variasjon i fødevalg, stor preferanse på lus og høy avlusingskapasitet ved svært lavt lusepåslag. Avlusningseffektiviteten gjorde seg også utslag i stor reduksjon av lus i merder hvor familie 2 var representert.

Næringen bør i fellesskap organisere seg rundt avlsprosjekter på rognkjeks der flere avlsmål legges inn. Viktigst er sannsynligvis lusespising og sykdomsresistens. Stamfiskrekrutter fra slike prosjekter bør fordeles til stamfiskanlegg som kan sikre rogn til yngelproduksjon fra avlet rognkjeks.

## 2 Bakgrunn

En har i tidligere forsøk med bruk av rognkjeks til avlusning av laks sett store individuelle variasjoner i innhold av lus i magen. Dette indikerer at enkelte fisk er mer effektive lusespisere eller foretrekker lus mer enn andre. Dersom dette er genetisk påvirket vil avl på denne egenskapen kunne bli svært viktig for en kontinuerlig forbedring av avlusingskapasiteten til rognkjeks. For å undersøke dette genetiske potensialet for økt avlusingskapasitet ble preferansen for lakselus undersøkt i ni forskjellige familiegrupper av rognkjeks holdt sammen med laks i 78 dager. Forskjeller i vekst og overlevelse ble også undersøkt.

Dette forsøket er en del av et FHF-finansiert prosjekt (Prosjekt nr. 900977) og RFFNord finansiert prosjekt (AVLUS, 239135) og har som målsetning å gi ny kunnskap til stabil og forutsigbar produksjon av rognkjeks til bruk i avlusning av laks. Denne rapporten beskriver kunnskapsgrunnlaget for et fremtidig avlsarbeid basert på arbeidspakken AP 6.2: Kunnskapsgrunnlag for avlsarbeid: Testing av beiteaktivitet på lakselus. Prosjektgruppen for dette delprosjektet bestod av Akvaplan-niva AS: Ane Vigdisdatter Nytrø, Thor Arne Hangstad, Armand Moe Nes, Olly Jonsdottir, Thor Magne Jonassen, Albert K. Imsland og GIFAS: Patrick Reynolds, Gerhard Eliassen. Arbeidet har vært gjort i samarbeid med Nordlaks Oppdrett, Lerøy Midt og Grieg Seafood Finnmark.

## 3 Materiale og metode

### 3.1 Forsøksmateriale:

**Rognkjeksens:** Gyteklar rognkjeks (8 hanner og 7 hunner) fanget med garn i Sandnessundet utenfor Kraknes, Troms, i april-mai 2014 ble strøket for egg og melke slik at ni forskjellige familiegrupper ble etablert. Alle familiegruppene var halvsøskengrupper. Etter befruktning ble eggene inkubert i separate inkubatore på 9–10°C ved Akvaplan-niva's forskningsstasjon på Kraknes (APN-K). Eggene ble seinere overført til Nofima's avlsstasjon som ligger veg-i-vegg hvor eggene ble klekket i perioden 20.-24. juni (Tabell 1).

Tabell 1. Informasjon om stryking, befruktning, klekking og yngelvekt for de ni familiegruppene i forsøket.

Familie nr.	Hann nr.	Hunn nr.	Befruktet	Klekket	Snittvekt ( $\pm$ SD) 12. november 2014
1	1073	1110	22 Mai	22 Juni	15.0 $\pm$ 1.6
2	1073	1035	22 Mai	23 Juni	11.9 $\pm$ 1.2
3	1091	1088	23 Mai	23 Juni	15.3 $\pm$ 1.6
4	1033	1088	23 Mai	23 Juni	14.4 $\pm$ 1.5
5	1033	1015	23 Mai	24 Juni	20.7 $\pm$ 2.1
6	1035	1084	18 Mai	20 Juni	13.0 $\pm$ 1.5
7	1032	1098	21 Mai	22 Juni	17.3 $\pm$ 1.8
8	1091	1102	22 Mai	23 Juni	17.2 $\pm$ 2.0
9	1030	1111	22 Mai	22 Juni	22.5 $\pm$ 2.2

To til tre dager etter klekking ble larvene startfôret på Gemma Wean diamond 2.0 mm (Skretting AS) og *Artemia* for hånd. All fisk ble bedøvd (benzoak 80 mg/L) og deretter merket med Trovan® Passive Integrated Transponder (PIT-merke) 2. desember 2014: all fisk fra same familie ble i tillegg merket med et eksternt farget Floyd merke (forskjellig farg for hver familie) festet øverst på ryggfinnen. Fisken ble stikkvaksinert med ALPHA JECT Marin micro 5 (Pharmaq AS) 15. desember 2014. Deretter ble 40 fisk fra hver familie (totalt 360 stk.) blandet og overført til et felles 11 m<sup>3</sup> kar ved APN-K med naturlig vanntemperatur for lagring før transport til GIFAS 7. mai 2015. Her ble fisken holdt i karantene i fire 3 m<sup>3</sup> kar til forsøket startet 25. mai. Det var ingen fôring av rognkjeksens. Oppsummering av rognkjeksens historikk er gitt i Tabell 2.

Tabell 2. Oppsummering av historikk til de ni familiegruppene av rognkjeks benyttet i forsøket.

Utdeling	Dato
Opphav villfisk (F0)	Sandnessundet, Tromsø, fanget mai 2014
Stryking og inkubering, TMY	Begynnelsen av mai 2014
Overført Nofima	28. mai og 6. juni 2014
Klekking	20-24. juni 2014
PIT-merking	2. desember 2014
Overført fra Nofima til TMY, Vaksinerings	15. des, 2014, (Alphaject micro 5)
Transport fra TMY til Gifas	7. mai
Floyd merking	21. mai
Overført til merder med laks	28. mai
Dødelighet/sykdom	Første dødelighet fra dag 42, avsluttet forsøket dag 78 pga. høy dødelighet. Akkumulert fra 10 % (fam. 6) til 35 % (fam. 5). Positiv på <i>Pasteurella</i> (PCR)

**Laksen:** Laksen benyttet i forsøket (totalt 3600 fisk, Aqua Gen stamme) var 0+ fra 2011 generasjon produsert ved Sundsfjord smolt AS og levert til Gildeskål Forskningsstasjon (GIFAS), Nordland, i mars 2015. Fisken var vaksinert med Alpha Marine Micro 4 (Pharmaq). All fisk hadde lik genetisk og miljømessig bakgrunn. Fra mars til mai 2015 ble fisken overført til Langholmen, Nordland, hvor forsøket ble gjennomført i småskala merder (5x5x5) i perioden mars til august. Valg av merd for de enkelte familiegruppene var tilfeldig (loddtrekning). Fisken ble sortert og fordelt med 400 laks og 40 rognkjeks i hver av de 9 forsøksmerkene den 25. mai. Gjennomsnittsvekt ved forsøksstart for rognkjeks ble målt til  $123.3 \pm 12.3$  g ( $\pm$  SD). I tillegg ble all laks fra hver merd bulkveid ved forsøkslutt. Laksen ble fôret med standard laksefôr (CPK 75, Biomar, Århus, Danmark) to ganger daglig i henhold til tabell. Totalt fôrforbruk varierte fra 68 til 74 kg.

Det ble foretatt lusetelling på 30 laks like før overføring til forsøksmerkene og deretter på 30 laks fra hver forsøksmerd hver annen uke for å beregne lusepåslag. Fem kategorier ble registrert: 1) *Lepeophtheirus salmonis*: modne hunnlus; 2) *Lepeophtheirus salmonis*: modne hannlus; 3) *Lepeophtheirus salmonis*: Pre-adult; 4) *Lepeophtheirus salmonis*: Chalimus; 5) *Caligus elongatus*.

### 3.2 Forsøksoppsett

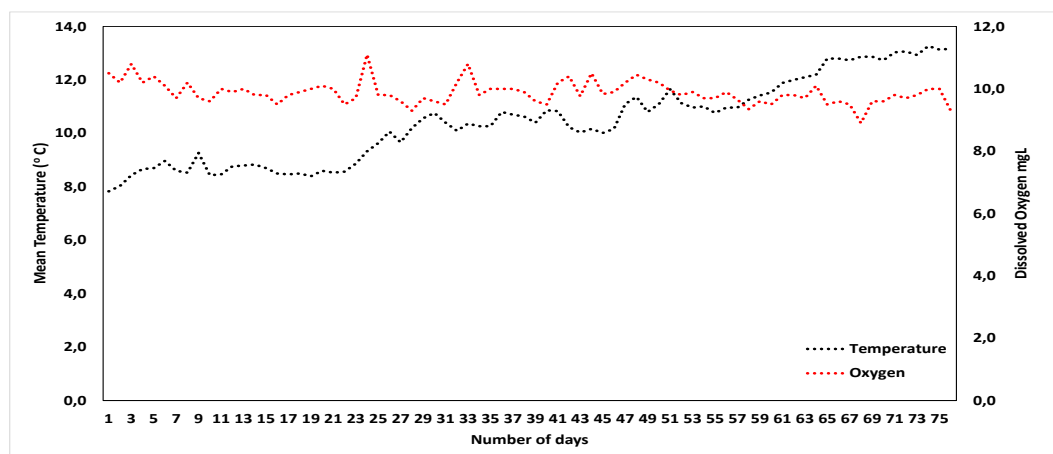
Fordeling av de enkelte gruppene ved forsøksstart 25. mai 2015 er vist i Tabell 3. For hver familie ble 20 rognkjeks plassert i én merd sammen med en annen rognkjeks-familie og 20 andre rognkjeks fra samme familie plassert i en annen merd med en annen familie. Dette ga to replikate merder for hver familie og totalt 40 fisk fra to forskjellige familier i hver merd. Innblandingsprosenten av rognkjeks i forhold til laks var 10% (forhold 1:10). PIT-merker fra all fisk ble registrert før overføring til merd.



Tabell 3. Fordeling av de ni familiegruppene av rognkjeks på ni forsøksmerder med laks (forsøksdesign). Fargekodene er referert i figurer med familiebaserte data.

Merd	Antall laks	Rognkjeksfamilier									Antall rognkjeks per merd
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	
401	400	20								20	40
402	400						20	20			40
403	400		20					20			40
404	400			20		20					40
405	400						20			20	40
406	400				20				20		40
407	400			20		20					40
408	400	20	20								40
409	400				20					20	40

Miljø (temperatur og oksygen) i forsøksperioden er vist i Figur 1. Saliniteten varierte i perioden fra 29,6 til 34,1 ppt. Siktedyp varierte fra 5-10 meter.



Figur 1. Variasjon i temperatur og oksygen i forsøksperioden.

Individuell vekt og lengde ble registrert samtidig med prøvetaking av mageinnhold. Individuell daglig vekstrate (SGR) var beregnet i henhold til Houde and Schekter (1981):

$$SGR = (eg-1) \times 100$$

hvor  $g = (\ln(V2) - \ln(V1)) / (t2 - t1)$  og V2 og V1 er vekt ved henholdsvis dag t2 og t1.

### 3.3 Magetømming

Prøvetaking for mageinnhold ble foretatt hver andre uke til samme tidspunkt om morgenen (Tabell 4). All fisk ble da bedøvd (Benzoak® 80 mg l-1) og en silikonslange (15 cm lang og diameter på 4 mm) festet til en sprøyte fylt med sjøvann ble forsiktig ført ned gjennom halsen og ned i magesekken. Vannet ble forsiktig presset inn i magesekken slik at mageinnholdet ble presset ut gjennom tarmen på fisken og opp i en beholder. Deretter ble mageinnholdet overført til en petriskål for videre analyse i stereolupe. Innholdet ble klassifisert som: a) lakselus (alle stadier av *L. salmonis* og *Caligus elongatus*) b) laksefôr, c) uspesifiserte krepsdyr (for eksempel *Caprella spp.*), d) hydrozoer, e) Blåskjell (*Mytilus edulis*), f) uidentifisert eller tom mage. Etter prøvetaking ble fisken overført til oppvåkingskar med luftet sjøvann før overføring tilbake til deres spesifikke merd. Det ble observert økende dødelighet i forsøket fra dag 42, og det ble seinere bekreftet smitte med *Pasteurella spp.*

Tabell 4. Prøvetakingsplan for forsøket.

Uke nr.	Bulkveiing av laks	Utsett av rognkjeks i merd	Lusetelling	Mage-analyser	Veiing Rognkjeks	Adferd
1	X	X	X		X	
2						X
3			X	X	X	X
4						X
5			X	X	X	X
6						X
7			X	X	X	X
8						X
9			X	X	X	X
10						X
11			X	X	X	X
12						X
13			X	X	X	X
14						X
15			X	X	X	X
16						X
17			X	X	X	X
18						X
20	X		X	X	X	X

### 3.4 Statistikk

Programvaren Statistica™ 12.0 ble brukt for all statistisk analyse. Alle data ble testet for normalfordeling ved bruk av en Kolmogorov-Smirnov test (Zar, 1984) og homogeniteten av variansen ble testet ved bruk av Levene's F test (Zar, 1984). Mulige forskjeller i gjennomsnittsvekt og fôrpreferanse (forskjellige kategorier av mageinnhold) mellom familiegruppene ble testet med en toveis nøstet variansanalyse (ANOVA) hvor replikater (parallele grupper) ble nøstet innenfor hver behandling. Der ANOVA viste at det var signifikante forskjeller mellom gruppene ble en Student-Newman-Keuls (SNK) post-hoc test brukt for å identifisere hvilke grupper som var forskjellige. Et signifikansnivå på 0,05 ble brukt.

## 4 Resultater

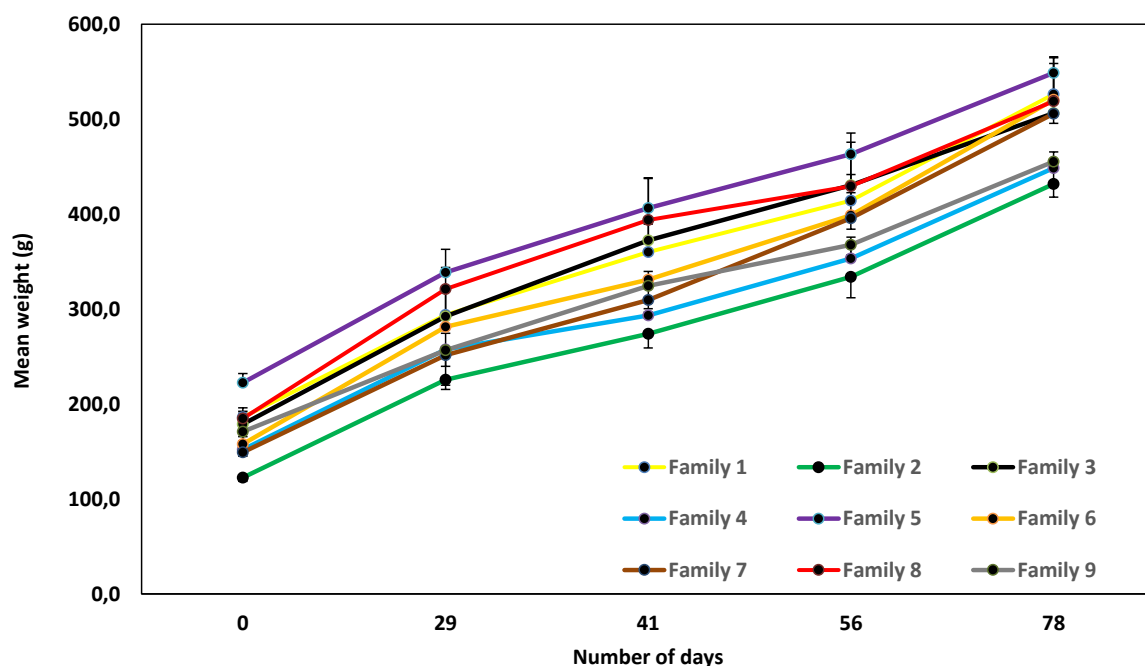
### 4.1 Vekst og dødelighet

Startvekt for rognkjeksene varierte fra  $122,6 \pm 3,9$  g for familie 2 til  $222,3 \pm 9,9$  g for familie 5. Disse gruppene var signifikant forskjellige gjennom hele forsøket (Figur 2, toveis nøstet ANOVA,  $P < 0,001$ ). På slutten av forsøket var den relative vektforskjellen mellom gruppene betydelig mindre, men familie 2 var fremdeles minst med en snittvekt på  $431,8 \pm 0,7$  g sammenlignet med  $548,5 \pm 16,1$  g for familie 5. Spesifikk vekstrate (SGR) var høyest for familie 2 gjennom hele forsøket ( Vertikale linjer indikerer standard feil av gjennomsnittet (SEM). Punkter for gjennomsnittsdata med linjer som ikke overlapper er signifikant forskjellige.

Tabell 5) og var signifikant høyere enn familie 5 og 9 (toveis nøstet ANOVA,  $P < 0,01$ ).

Det ble registrert økning i dødelighet fra dag 42. Vevsprøver fra død fisk testet positivt for *Pasteurella* spp. Det var forskjell i dødelighet mellom familiene (toveis nøstet ANOVA,  $P < 0,01$ , Figur 3). Registrert dødelighet var lavest for fisk fra familie 6 (2,5%, SNK test,  $P < 0,05$ ), mens akkumulert dødelighet for de andre gruppene varierte fra 4,3% for familie 8 til 34,6% for fisk fra familie 5.

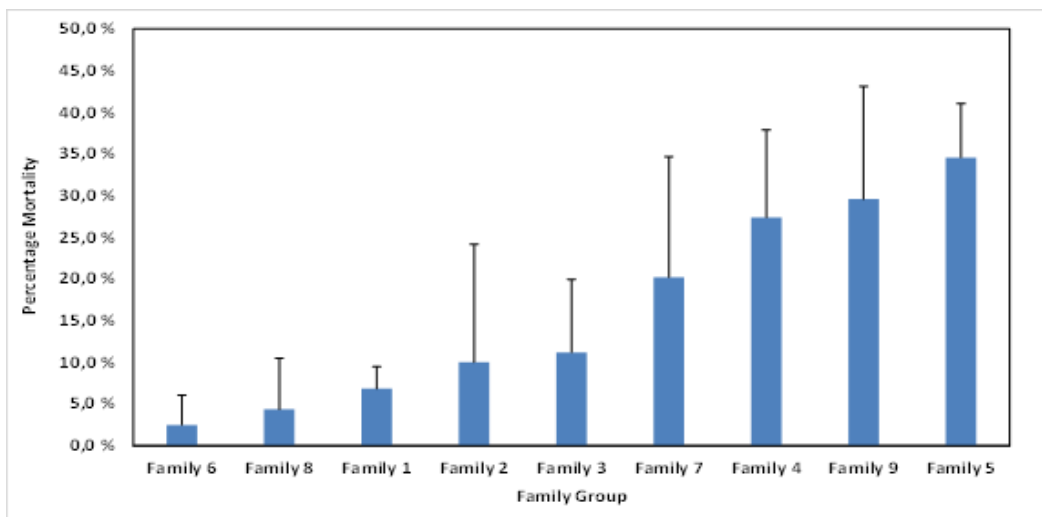
Laksen vokste fra  $122,9 \pm 5,1$  g til  $245,8 \pm 10,0$  g i forsøksperioden og det var ingen forskjell mellom gruppene (merdene). Vekstratene (SGR) varierte mellom 1,03 og 1,19 % per dag. Det var ingen dødelighet.



Figur 2. Vekst ( $g \pm SD$ ) hos ni familiegrupper (halvsøsken) av rognkjeks. Vertikale linjer indikerer standard feil av gjennomsnittet (SEM). Punkter for gjennomsnittsdata med linjer som ikke overlapper er signifikant forskjellige.

Tabell 5 Gjennomsnittlig akkumulert vekstrate (cSGR) for hver familiegruppe på forskjellig tidspunkt ( $n = 20$ ;  $N = 180$ ) og tilhørende ANOVA verdier. Gjennomsnittsverdier som ikke deler samme bokstav er signifikant forskjellige.

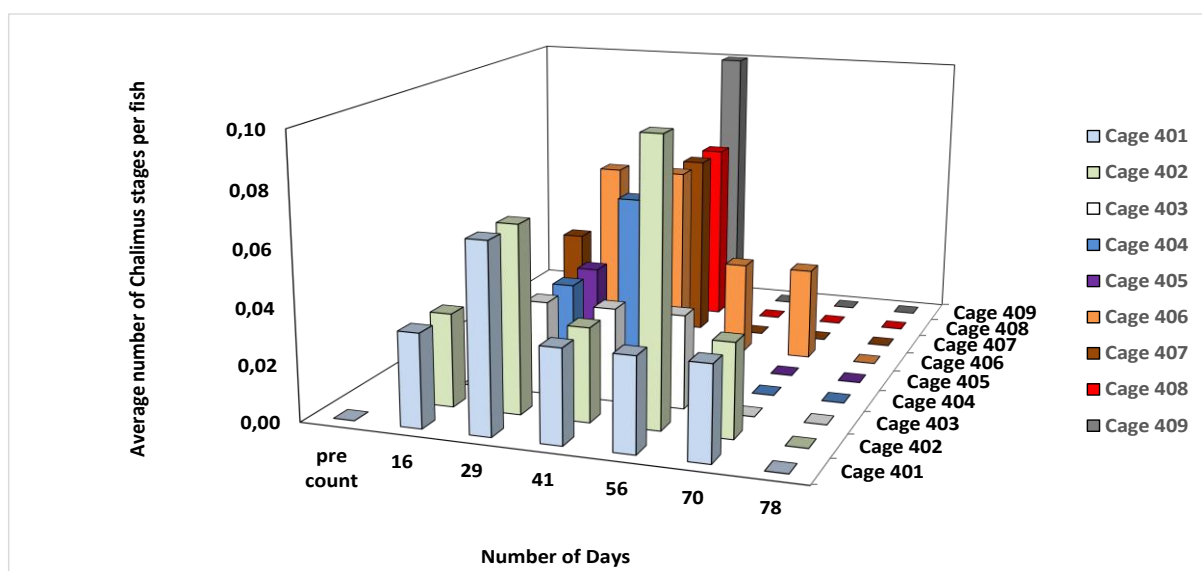
Family ID	Sampling Days			
	29	41	56	70
1	1.70 ± 0.07ab	1.60 ± 0.04abc	1.47 ± 0.01bcd	1.31 ± 0.01cd
2	2.07 ± 0.07a	1.97 ± 0.02a	1.73 ± 0.05a	1.59 ± 0.03a
3	1.70 ± 0.19ab	1.77 ± 0.09abc	1.57 ± 0.01ab	1.33 ± 0.01cd
4	1.82 ± 0.07ab	1.69 ± 0.08abc	1.59 ± 0.04ab	1.40 ± 0.06b
5	1.41 ± 0.28ab	1.40 ± 0.15c	1.29 ± 0.05d	1.18 ± 0.07d
6	1.91 ± 0.18ab	1.80 ± 0.03 ab	1.67 ± 0.07ab	1.54 ± 0.07ab
7	1.78 ± 0.07ab	1.91 ± 0.01a	1.72 ± 0.10a	1.54 ± 0.02ab
8	1.83 ± 0.04ab	1.79 ± 0.20abc	1.54 ± 0.03abc	1.33 ± 0.05cd
9	1.23 ± 0.39b	1.47 ± 0.08bc	1.33 ± 0.07cd	1.27 ± 0.03cd
ANOVA	3.61	7.28	16.84	18.68
df	8,17	8,17	8,17	8,17
P-value	0.037	0.004	< 0.001	< 0.001



Figur 3. Akkumulert dødelighet bland 9 familiegrupper av rognkjeks testet positivt for *Pasteurella* spp..

## 4.2 Utviklingen i infeksjonsgraden av lakselus

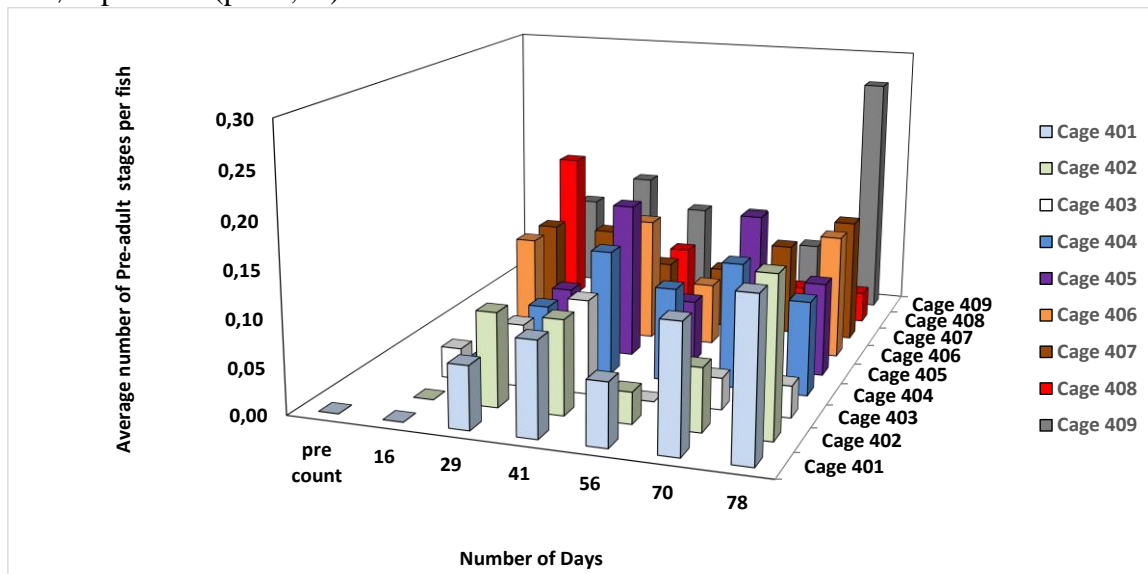
Ved lusetelling på laksen annenhver uke ble alle stadiene registrert. Utviklingen i påslaget av Chalimus stadiene er vist i Figur 4. Påslaget var lavt gjennom hele forsøket. Ved start var det null og på dag 16 var det i tre merder telt gjennomsnittlig kun 0,03 lus og ingen i de andre merdene. Deretter økte påslaget for de fleste merdene, for deretter å bli redusert. Ved siste lusetelling dag 78 var det ingen lus på Chalimus-stadiet på noen av laksen. Signifikante forskjeller mellom merdene ble ikke observert ved noen av måletidspunktene ( $p > 0.05$ ).



Figur 4. Gjennomsnittlig antall lus på Chalimusstadiet for hver av de ni forsøksmerdene.

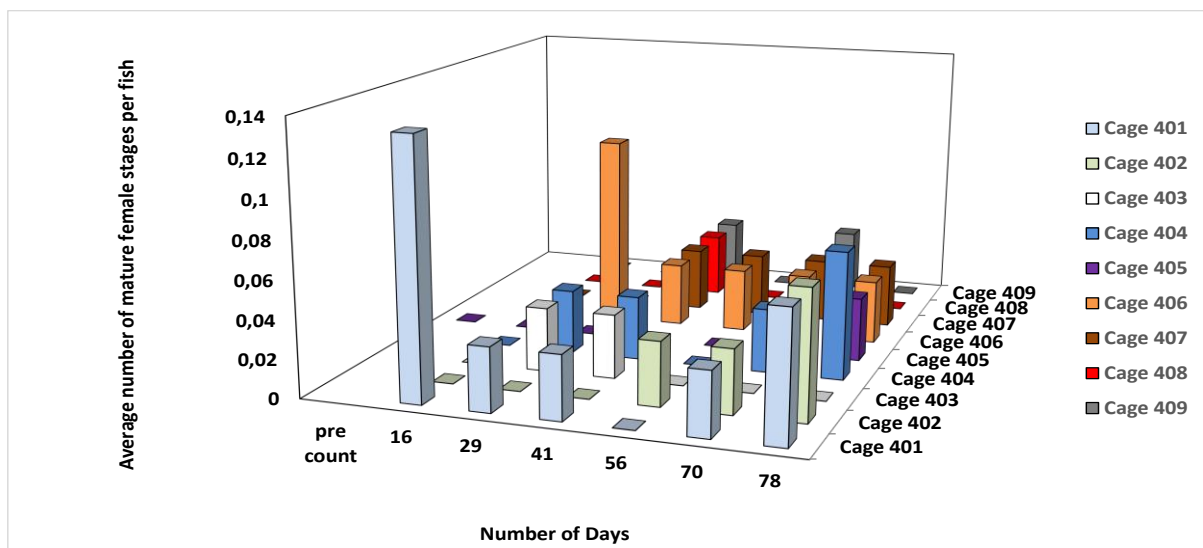
Utviklingen i infeksjonsgraden for pre-adult stadiet er vist i Figur 5. Det var ingen lus på dette stadiet ved forsøksstart. Dag 16 var påslaget størst i merd 408. Generelt økte påslaget for alle gruppene frem til dag 41, bortsett fra i merd 403 og 408 som endte opp med mindre enn 0,05 lus per fisk. Motsetningen til dette var merd 401, 402 og 409 hvor påslaget var på sitt høyeste (gjennomsnittlig 0,15 – 0,25 pre-adulte lus) ved siste måling dag 78. Det var ikke signifikante forskjeller i infeksjonsgrad av pre-adulte stadier av lus mellom merdene i løpet av

forsøksperioden ( $p > 0,05$ ).



Figur 5. Gjennomsnittlig antall lus på pre-adult stadiet for hver av de ni forsøksmerdene.

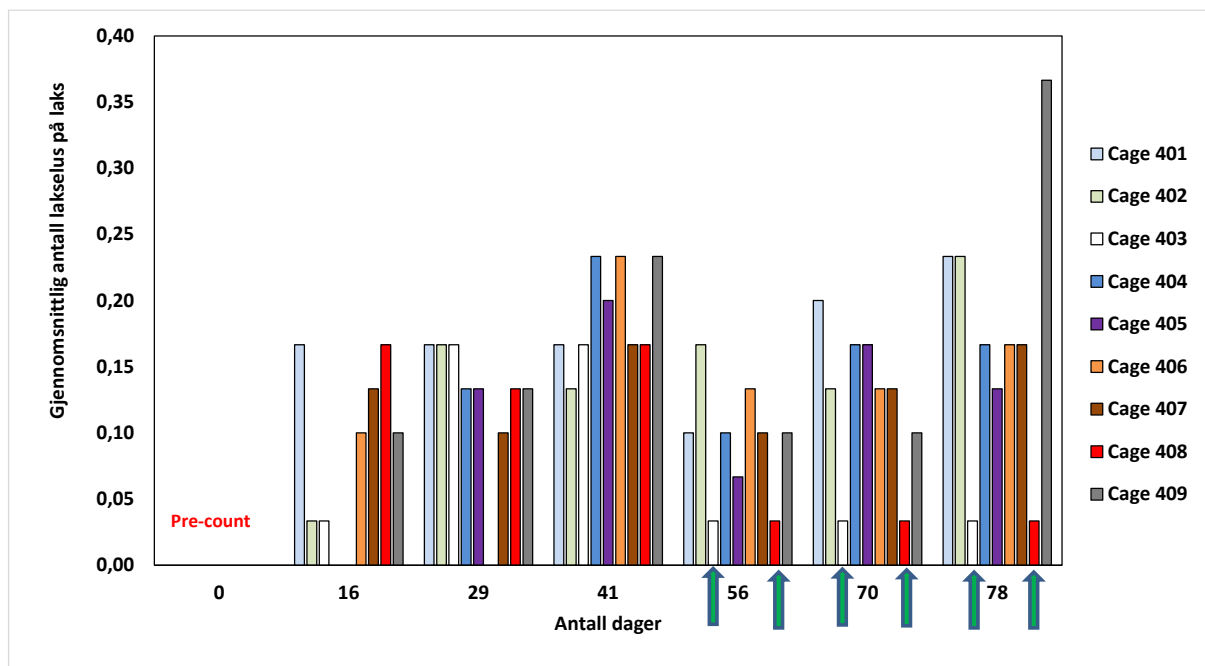
Utviklingen i infeksjonsgraden for modne hunnlus er vist i Figur 6. Det var ingen lus på dette stadiet ved forsøksstart. Høyest lusetall fant en i merd 401 dag 16 (0,13 lus per fisk), på samme tidspunkt som det ikke var påvist modne hunnlus i noen av de andre merdene. Ved etterfølgende lusetelling dag 29 var lusetallet i merd 401 kraftig redusert (0,03), mens det hadde økt i merd 403, 404 og 406. Merdene 403, 408 og 409 var de eneste merdene som fikk en klar reduksjon den siste halvdel av forsøket og endte på null ved forsøkslutt, mens merdene 401, 402 og 404 fikk en klar økning i modne hunnlus ved siste måling dag 78 (Figur 6).



Figur 6. Gjennomsnittlig antall modne hunnlus for hver av de ni forsøksmerdene.

Slår en sammen alle stadiene av lakselus (Figur 7) ser en at infeksjonsgraden generelt øker utover i forsøksperioden frem til dag 41, med luseverdier varierende mellom 0,00 og 0,23, men uten signifikante forskjeller mellom merdene ( $p > 0,05$ ). Fra dag 56 hadde merd 403 og 408 svært lave og

stabile lusetall, hovedsakelig bestående av lus på pre-adult stadiet (markert med piler i Figur 7). Motsetningen er merd 401, 402 og 409 som har høyest lusetall på slutten.

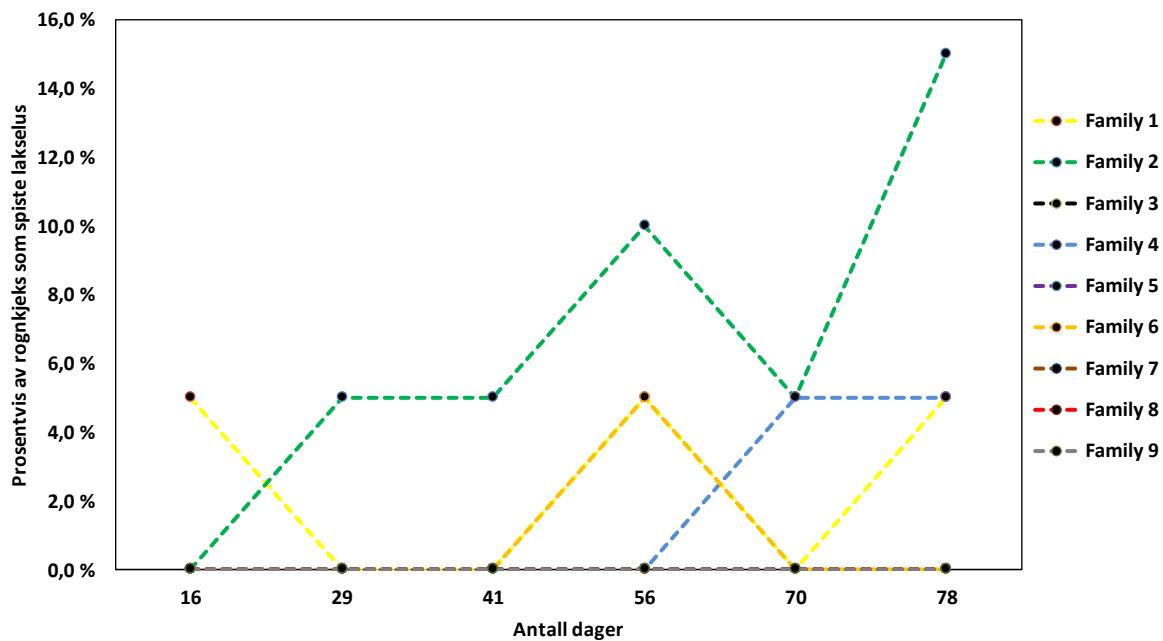


Figur 7. Utvikling i lusepåslag (alle stadier) gjennom forsøket. Pilene indikerer merdene (403 og 408) med klart størst reduksjon i lusepåslaget gjennom forsøket. Familie 2 er representert i begge merdene, sammen med familie 1 i merd 408 og familie 7 i merd 403.

Ser en nærmere på hvilke familiegrupper som er representert i de forskjellige merdene (Tabell 3 i foregående kapittel) legger en spesielt merke til at familie 2 er representert i begge merdene med størst reduksjon i lusetall utover i forsøket (merd 403 (sammen med familie 7) og 408 (sammen med familie 1)).

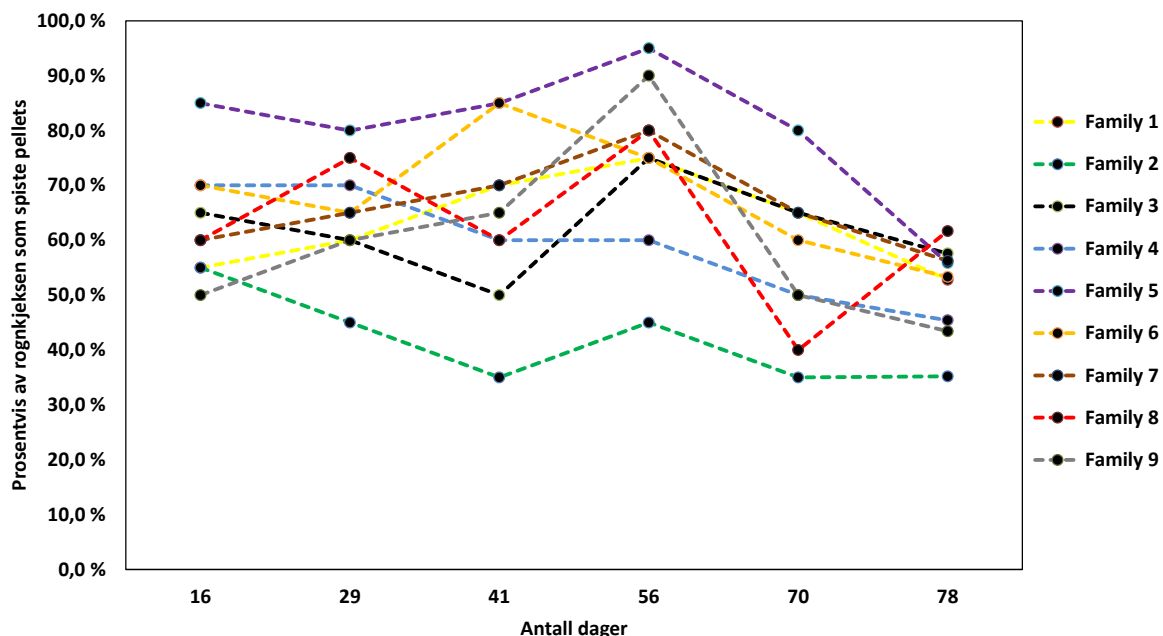
### 4.3 Mageanalyser

Selv om lusepåslaget var lavt i dette forsøket (Figur 7) var det en klar variasjon mellom familiegrupper som hadde spist lakselus (pre-adult og modne hunnlus) av *L. salmonis* og /eller *C. elongatus* (Figur 8). Det var ikke funnet lakselus i magene til familiene 3, 5, 7, 8 eller 9, mens andelen fisk som spiste lakselus i familie 2 økte utover i forsøket, og var signifikant høyest (SNK test,  $P < 0,05$ ) på dag 78, til tross for at lusepåslaget i merdene med denne familien (403 og 408) var lavest i denne perioden.(Figur 7). For familie 1 hadde 5% av individene spist lakselus ved dag 16, 56 and 78.



Figur 8. Prosentvis av rognkjeks som har spist lakselus.

Det var signifikante forskjeller i andel rognkjeks med laksefôr i magen, hvor familie 2 hadde lavest andel (35-55 %) og familie 5 høyest andel fisk som hadde spist laksefôr (Figur 9).

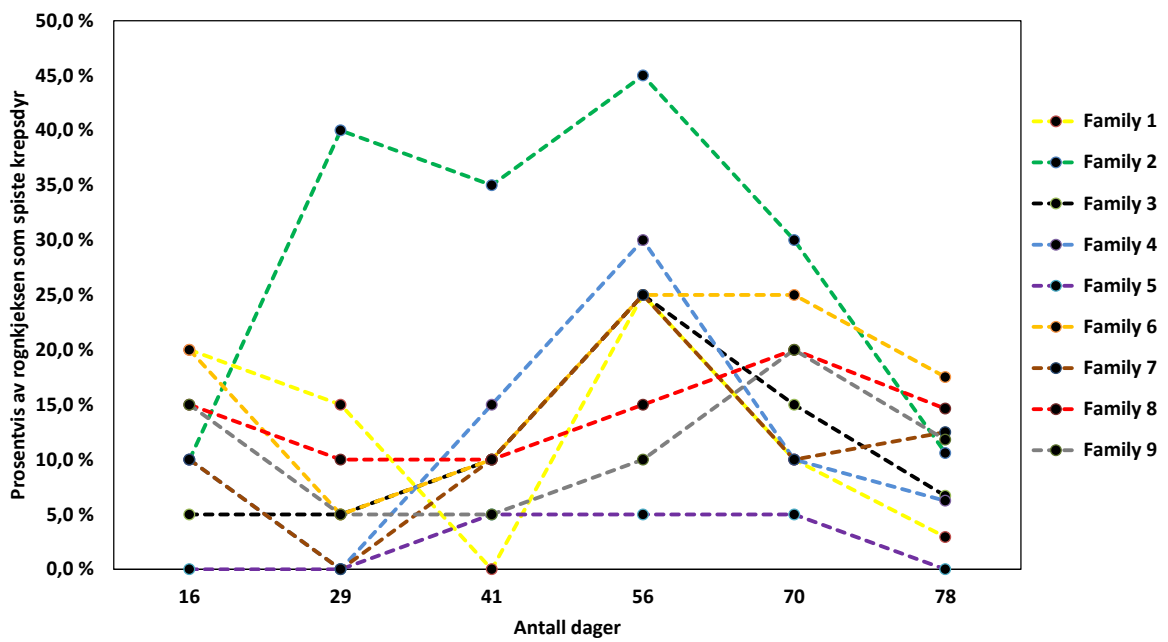


Figur 9. Prosentvis av rognkjeks som har spist laksepellet.

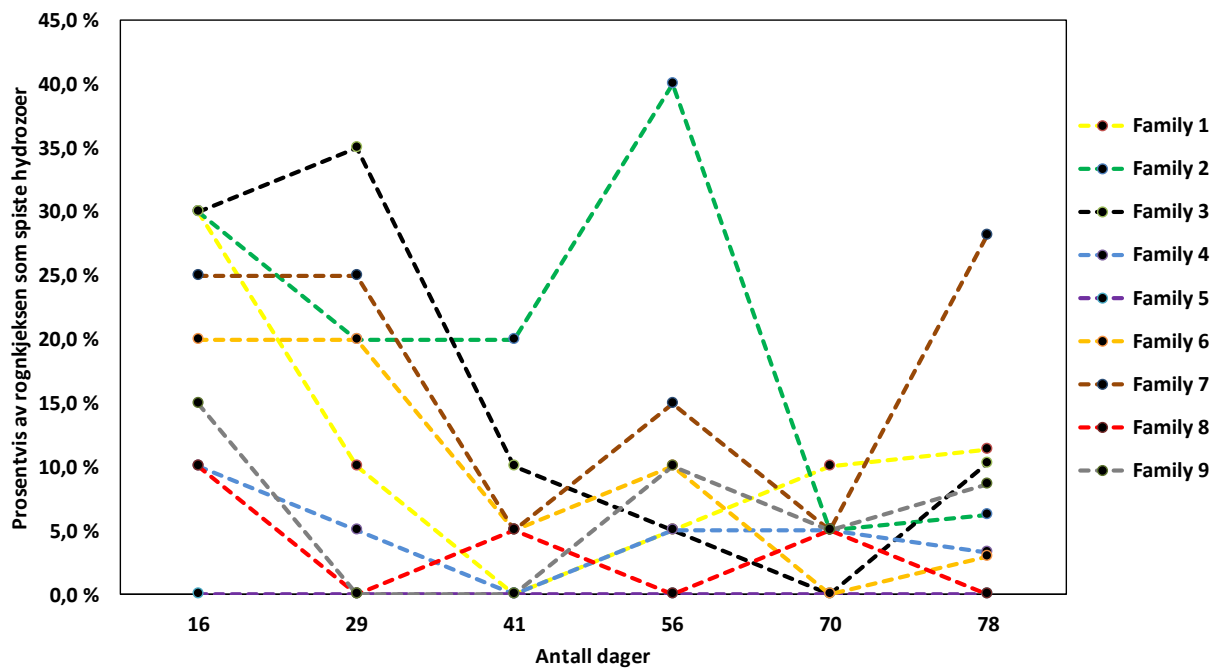
Tilsvarende hadde familie 2 stor preferanse for krepsdyr (Figur 10), hydrozoer (Figur 11), blåskjell (Figur 12) sammenlignet med de andre familiene. Ingen hydrozoer ble funnet i familie 5 og den



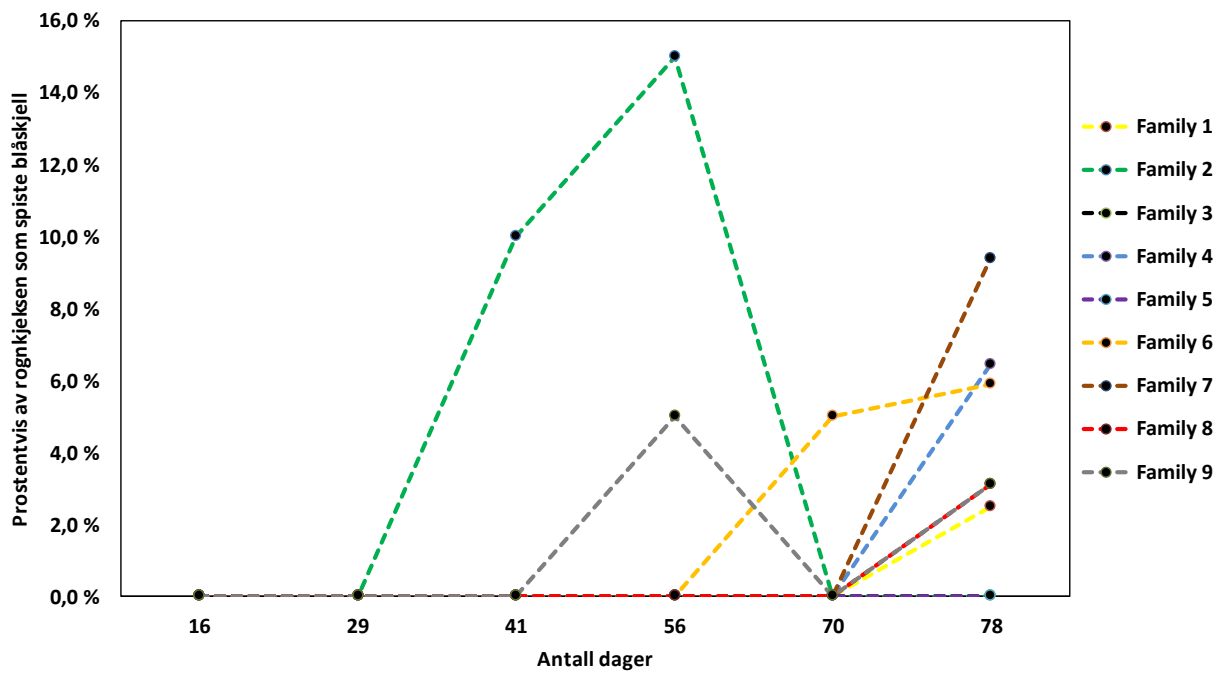
hadde også minst preferanse for krepsdyr. Andelen med krepsdyr i magen var høyest i familie 1 og 6 ved første prøvetaking (dag 16).



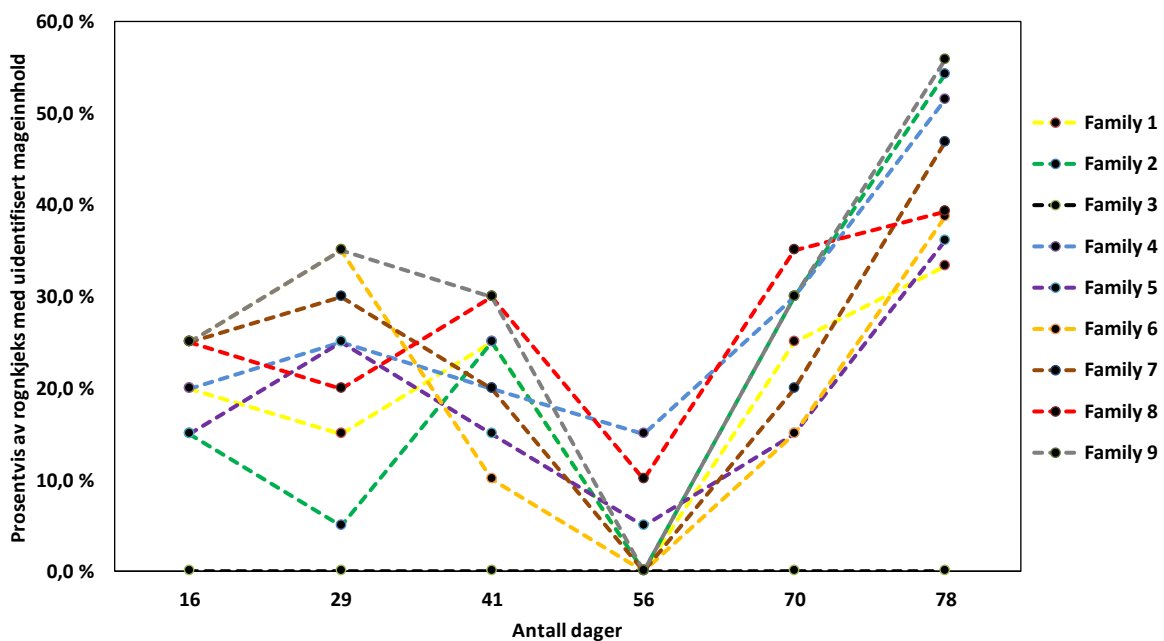
Figur 10. Prosentvis av rognkjeks som har spist krepsdyr.



Figur 11. Prosentvis av rognkjeks som har spist hydrozoer.



Figur 12. Prosentvis av rognkjeks som har spist blåskjell.



Figur 13. Prosentvis av rognkjeks med uidentifisert mageinnhold eller tom mage.

Bortsett fra dag 29 var det liten forskjell i andel fisk med tom mage eller mageinnhold som ikke kunne identifiseres (Figur 13). Her var det færrest fisk (5%) i familie 2 med tom eller uidentifisert mageinnhold. Det var en tendens til økende andel fisk med tom mage eller uidentifisert mageinnhold mot slutten av forsøket.

## 5 Diskusjon

Forskjellen i startvekt mellom familie 2 (122,6 g) og familie 5 (222,3 g) var ikke et resultat av sortering, men et resultat av forskjellig vekst fra tidlig yngelstadie (Tabell 1). I kontrast til dette hadde familie 2 den beste veksten sammenlignet med alle familiegruppene etter at den var satt ut i merder med laks. Mye av vekstforskjellen var derfor tatt igjen på slutten av forsøket. Grunnen til at familie 2 får bedre vekst i sjø enn i kar på land er usikkert. Noe kan forklares ved at liten fisk generelt har høyere vekstrate enn stor fisk. Temperaturen økte også utover i forsøket, og liten fisk har høyere temperaturoptimum for vekst enn større fisk. I tillegg var det forskjell i fødevalg, hvor familie 2 var mer generalist og hadde høyere innslag av naturlig føde enn laksefôr. Det kan tenkes at laksefôr, til tross for at det har høy energitetthet ikke er optimalt for vekst hos rognkjeks. Rognkjeks ble ikke føret spesielt i dette forsøket. Likevel var veksten jevnt over for alle gruppene god, i motsetning til tidligere rapportert i forsøk med rognkjeks i merd med laks hvor rognkjeks tapte tilvekst (P. Reynolds, GIFAS, upubliserte data). I forsøket referert var rognkjeks 200 g ved start og ble kjønnsmoden ved ca. 450 g. Ved kjønnsmodning viste den liten interesse for lakselus. Vill rognkjeks blir kjønnsmoden når den er 5-6 år gammel (Thorsteinsson, 1983) og hannen (rognkallen) kan modne opptil to år før hunnen (Davenport, 1985). Det var ingen tegn til kjønnsmodning i dette forsøket, og dette spilte derfor ikke inn på forskjellene i vekst og spiseatferd observert mellom de ni familiegruppene.

Dødeligheten i forsøket var relatert til *Pasteurella* spp. påvist i alle familiegruppene. Det var likevel signifikante forskjeller i dødelighet hvor tre familiegrupper viste klart lavers akkumulert dødelighet, til tross for at de også var kohabitanter med familier med den høyeste dødeligheten. Dette kan tyde på genetisk basert motstandsevne mot denne bakterien, noe som bør undersøkes nærmere mhp. muligheten for å avle på sykdomsresistens. Det var ingen dødelighet eller sykdomstegn på laksen som inngikk i forsøket.

Rognkjeks spiste aktivt lus til tross for lav infeksjonsgrad av lakselus, spesielt i merd 403 og 408 som begge inneholdt familie 2. Dette fremkommer som en klar nedgang i lusepåslag fra dag 42 hvor den generelt var høy i alle merdene (maksimalt 0,17), til et stabilt lavt nivå på mindre enn 0,05 i flere merder fra dag 56. God avlusingseffektivitet ved lavt infeksjonsnivå er en svært viktig egenskap hos rognkjeks, og viser at den er effektiv mot lakselus selv ved strenge lusekrav.

Den høyeste avlusingskapasiteten var spesielt knyttet til familie 2, hvor opptil 15% av fisken hadde lus i magen ved en infeksjonsgrad på mindre enn 0,05 lus (alle stadier). Det var ikke registrert lus i magene til fisk fra familiene 3, 5, 7 og 8 i forsøksperioden, mens fisk fra familiene 1, 4, 6 og 9 hadde lav og varierende andel individer som spiste lus. Den spesielt effektive og vedvarende (stabile) lusespisingen i familie 2 ga en lavere infeksjonsgrad i merdene hvor denne familien var representert (403 og 408) hvor totalt antall lakselus per merd var 43-92% lavere enn i andre merder med andre familier.

Biter av laksepellets var det vanligste mageinnholdet i alle familiegruppene, noe som ikke er overraskende siden all fisk var tilvendt fôrpellets siden tidlig yngelstadie, og det var den mest tilgjengelige og næringsrike fôrkilden. Det var likevel signifikante forskjeller i andel fisk mellom de forskjellige familiegruppene som hadde spist pellets, hvor familie 5 hadde størst andel fisk med pellets i magen sammenlignet med alle andre familier, og spesielt i forhold til familie 2. På den annen side hadde familie 2 høyere innslag av krepsdyrarter sammenlignet med alle andre familier, mens familie 5 hadde lavest andel individer med krepsdyr i magen. Lignende mønster var observert både for hydrozoer og blåskjellarver. Tidligere forsøk har vist at rognkjeks er svært fleksibel i næringsvalget og endrer fôrpreferanse i forhold til hva som er mest tilgjengelig (Imstrand et al., 2015). Dette kan være en måte å redusere energiforbruket som går til å søke etter mat. For eksempel sammenfalt perioden med høy forekomst av blåskjellarver i magen til fisk i familie 2 med perioden med høyt påslag av blåskjell på nøtene. Dette samsvarer med Ingólfsson and Kristjánsson (2002) som

fant at en begrenset andel ung rognkjeks spiste blåskjell, men at andelen kunne øke hvis forekomsten av blåskjell økte. Slik opportunistisk spiseatferd er også observert hos vill rognkjeks (Ingólfsson and Kristjánsson, 2002; Vandendriessche et al., 2007).

På tross av at pellets er mer næringsrikt og tilgjengelig enn naturlige fôrorganismer for alle familiegrupper i forsøket har flere familier, og spesielt familie 2, en sterk preferanse til naturlige fôrorganismer som har lavere energitetthet og er mindre tilgjengelig enn laksefôr. Dette kan ha bakgrunn i at naturlige tilpasninger og preferanser til slike organismer, og spesielt lakselus, gjennom mange generasjoner har manifestert seg gjennom genetisk seleksjon. Dette er også i overenstemmelse med teorier (Sih et al., 2004; Sih et al., 2004; West-Eberhard, 2003) om at slik spiseatferd ikke bare er styrt av miljø (fenotypisk plastisitet), men at den genetiske innflytelsen kan være sterk. Basert på denne teorien som støttes av observasjonene i dette forsøket bør den potensielle genetiske variasjonen knyttet til viktige atferdsmessige egenskapen som øker avlusingskapasiteten hos rognkjeks undersøkes nærmere, og utnyttes i genetisk seleksjon og avlsprogrammer for rognkjeks som lusespisere.

Det er kjent at atferdsmessige trekk er påvirket av både naturlig og kjønnsavhengig seleksjon. Fisk fra familie 1 og 2 har samme far, men forskjellige mødre. Tatt i betraktning forskjellen i opptak av naturlige fôrorganismer mellom disse to familiene og at dette til en viss grad er genetisk påvirket er det mest sannsynlig at disse egenskapene er ført videre gjennom maternale (mor) heller enn paternale (far) linjer. Studier som underbygger dette viser at både maternale (Royle et al., 2012) og paternale (McGhee and Bell, 2014) effekter på adferden til avkommet kan oppstå via epigenetiske endringer på genomet.

## 6 Konklusjoner og anbefalinger

Viktige egenskaper knyttet til lusespising hos rognkjeks varierer mellom forskjellige familiegrupper. Dette gir grunnlag for genetisk seleksjon og systematisk avl på egenskaper knyttet til spiseatferd for kontinuerlig forbedring av avlusingskapasiteten hos rognkjeks.

Det var klare forskjeller i viktige egenskaper mellom de ni familiegruppene, hvor spesielt familie 2 og 5 fremhevet seg. Familie 5 hadde en sterk preferanse for laksefôr og lite eller ingen lakselus i magen. Det var også relativt høy dødelighet i denne familiegruppen. Familie 2 var karakterisert med best vekst (til tross for ingen fôring av rognkjeks), størst variasjon i fødevalg, stor preferanse på lus og høy avlusingskapasitet (15% av fisken med lus i magen) ved svært lavt lusepåslag (0 modne hunnlus og mindre enn 0,05 pre-adulte lus) ved siste måling. Avlusningseffektiviteten gjorde seg også utslag i stor netto reduksjon av lus (over 80%) i merd 3 og 8 hvor familie 2 var representert. Det var ingen slik nettoeffekt i merd 1, 2 og 9, men ca. 56 % nettoeffekt i merd 4, 5 og 6.

Næringen bør i fellesskap organisere seg rundt avlsprosjekter på rognkjeks der flere avlsmål legges inn. Viktigst er sannsynligvis lusespising og sykdomsresistens. Stamfiskrekrutter fra slike prosjekter bør fordeles til stamfiskanlegg som kan sikre rogn til yngelproduksjon fra avlet rognkjeks.

## 7 Referanser

Davenport, J., 1985. Synopsis of biological data of the lumpsucker *Cyclopterus lumpus* (L 1758). FAO Fisheries Synopsis No. 147.31 pp.

Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., Elvegård, T.A., 2015. Assessment of suitable substrates for lumpfish in sea pens. *Aquaculture International* 23, 639-645.

Ingólfsson, A., Kristjánsson, B.K., 2002. Diet of juvenile lumpsucker (*Cyclopterus lumpus*) in floating seaweed: effect of ontogeny and prey availability. *Copeia* 2, 472-476.

- McGhee, K.E., Bell, A.M., 2014. Paternal care in a fish: epigenetics and fitness enhancing effects on offspring anxiety. *Proc. R. Soc. B* 281, 1146-1151.
- Royle, N.J., Smiseth, P.T., Kolliker, M., Champagne, F.A., Curley, J.M., 2012. Genetics and epigenetics of parental care. In: Royle, N.J., Smiseth, P.T., Kolliker, M. (Eds.), *The evolution of parental care*. Oxford University Press, Oxford, UK., pp. 304–324.
- Sih, A., A. M. Bell and J. C. Johnson., 2004. Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends in Ecology & Evolution* 19(7), 372-378.
- Sih, A., A. M. Bell, J. C. Johnson and R. Ziemba., 2004. Behavioral syndromes: an integrative overview. *Quarterly Review of Biology* 79, 241-277.
- Thorsteinsson, V., 1983. Some aspects of the biology and the fisheries of the lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) *J. Ichthyol.* 10, 77-83.
- Vandendriessche, S., Messiaen, M., O’Flynn, S., Vincx, M., Degraer, S., 2007. Hiding and feeding in floating seaweed: Floating seaweed clumps as possible refuges or feeding grounds for fishes. *Estuarine Coast Shelf Sci.* 71, 691-703.
- West-Eberhard, M. J., 2003. *Developmental Plasticity and Evolution*. Oxford University Press, Oxford.
- Zar, J.H., 1984. *Biostatistical Analysis*, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 718 pp.