

# Arveleg variasjon i motstandskraft mot lakselus hos laks

Hos laks er det påvist arveleg variasjon i motstandskraft mot lakselus. Laksen sin motstandskraft mot lus kan difor aukast gjennom eit målretta avlsarbeid. Dette vil ikkje løyse dagens luseproblem, men vil over tid kunne redusere behovet for avlusing, redusere risikoen for utvikling av lakselus som er resistent mot legemidlane mot lakselus og auke levetida på desse legemidlane, og redusere infeksjonspresset av lakselus på vill laksefisk.

BJARNE GJERDE<sup>1</sup>, BJARNE SALTJKJELVIK<sup>2</sup>  
OG JØRGEN ØDEGÅRD<sup>1</sup>  
NOFIMA MARIN, ÅS<sup>1</sup> OG AVERØY<sup>2</sup>

## Bakgrunn

For atlantisk laks er det publisert to artiklar om arveleg variasjon i motstandskraft mot lakselus. I forsøk med naturleg infeksjon er det funne låg arvegrad (sjå faktaboks 1) for tal lus per fisk ( $0,07 \pm 0,02$ , Glover mfl., 2005;  $0,14 \pm 0,02$ , Kolstad mfl., 2005), men middels høg arvegrad i kontrollert infeksjonstest ( $0,26 \pm 0,07$ ; Kolstad mfl., 2005).

Den genetiske korrelasjonen mellom tal lus per laks under kontrollert og naturleg infeksjon er høg ( $0,88$ , Kolstad mfl., 2005); dvs. at dei familiane som er genetisk disponert for stort lusepåslag i ein infeksjonstest også er disponert for stort påslag under naturleg infeksjon. Ein slik kontrollert infeksjonstest er difor

godt egna til å rangere familiar av laks for motstandskraft mot lakselus. Å basere ein slik test på felldata er ikkje mogleg fordi ein ikkje får nok lus per fisk (før ein etter dagens forskrifter må avluse) til å kunne skilje familiane med omsyn til motstandskraft mot lus.

Den genetiske korrelasjonen mellom tal fastsittande og tal bevegelege lus per fisk er høg ( $0,98 \pm 0,12$ ) sjølv ved eit lågt tal fastsittande (gjennomsnitt  $1,67$ ) og tal bevegelege (gjennomsnitt  $2,63$ ) lus per fisk (Kolstad mfl., 2005); dvs. at rangeringa av familiane med omsyn til motstandskraft mot lus er nær den same ved desse to utviklingsstadia av lusa.

Fordi infeksjonstesten i Kolstad mfl. (2005) vart gjennomført med relativt få familiar (50) har vi etterprøvd desse resultat med 154 familiar.

## Material og metodar

Infeksjonstesten vart gjennomført i to kar med sjøvatn (diameter 3 m, vasshøgde 1,8 m); 1094 laks i kar 1 og 1112 i kar 2, og som var avkom etter 78 hannfisk og 154 hofisk frå avlskjerna til SalmoBreed. Fiskane vart individmerka i september 2007 hos Nofima Marin, Sunndalsøra, og var 1+ smolt då dei vart transportert til Nofima Marin, Averøy 20. mai 2008.

## Faktaboks 1

**Arvegrad:** Kor stor del av variasjonen mellom dyr for ein eigenskap som er styrt av arv. Dei fleste eigenskapane det vert gjort utval for i avlsarbeidet har arvegrad mellom 0,1 og 0,4, dvs. at mellom 10 og 40 prosent av variasjonen mellom dyr er styrt av dei gena dyra får overført frå sine foreldre.

**Individutval (fenotypeutval):** Utval av foreldre til ein ny generasjon basert på data (for eksempel tal lus per fisk) registrert på dei aktuelle avlskandidatane.

**Syskenutval:** Utval av foreldre basert på data (for eksempel tal lus per fisk) registrert på full- og halvsysken til dei aktuelle avlskandidatane.

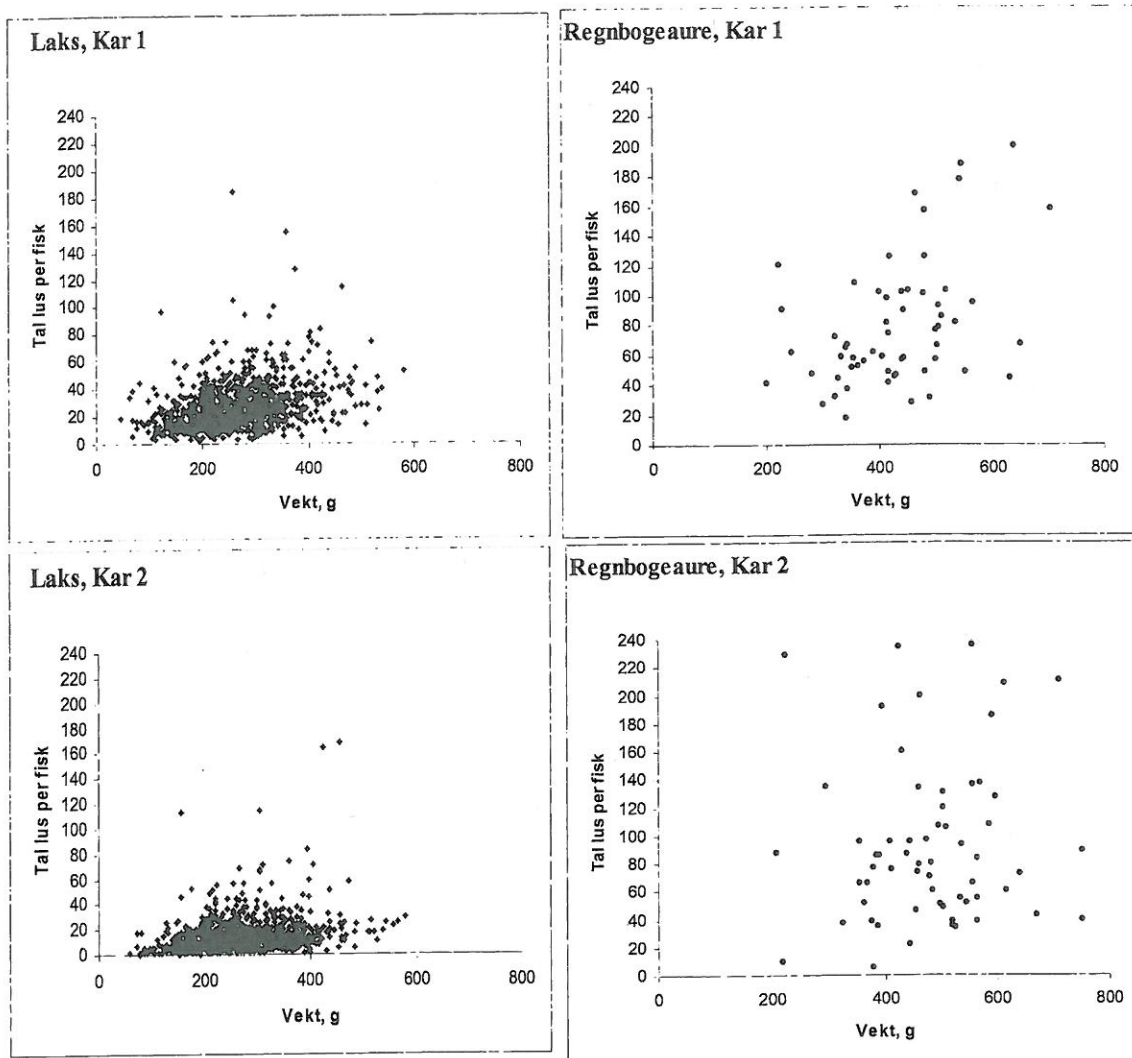
I dei to kara testa vi også 58 (kar 1) og 61 regnbogeure (kar 2). Dette var ordinær produksjonsfisk av Aqua Gen stamme som var sett i sjøen på Averøy som 0+ settefisk i desember 2007.

Laksen og regnbogeuren i dei to kara vart infisert med lakselus 20. juni (kar 1) og 23. juni (kar 2), og med i gjennomsnitt 74 luselarvar (copepodittar) per fisk i kar 1 og 36 i kar 2. Tal fastsittande lus (chalimus II-III) per fisk vart telt 30. juni (kar 1) og 2. juli (kar 2). Laksen var då i gjennomsnitt 260 gram og regnbogeuren 455 gram. Det var ikkje muleg å få tak i regnbogeure av same storleik som laksen.

## Resultat

### Gjennomsnitt og variasjon i tal lus per fisk

Gjennomsnitt tal lus per laks var 27,1 i kar 1 og 13,9 i kar 2. Det var svært stor variasjon i tal lus per fisk; frå 2 til 185 i kar 1 og frå 0 til 168 i kar 2 (figur 1). Korrelasjonen mellom tal lus per fisk og vekta på fisken var positiv, men låg;  $0,34$  i kar 1 og  $0,27$  i kar 2; dvs. at berre om lag ti prosent av variasjonen mellom fisk i tal lus per fisk har sin årsak i at stor fisk har fleire lus enn liten fisk.



**FIGUR 1**  
Samanhengen mellom tal lus per fisk og vekta på fisken (Gjerde og Saltkjelvik, 2009).

#### Betydeleg arveleg variasjon i tal lus per fisk

Arvegrada for eigenskapen tal lus per fisk var  $0,29 \pm 0,09$ ; dvs. at 29 prosent av variasjonen mellom enkeltfisk i tal lus per fisk har sin årsak i gen nedarva frå far og mor. Korrelasjonen mellom avlsverdiane for eigenskapen tal lus per fisk for dei 154 familiane i dei to kara var relativt høg (0,73; sjølv om det berre var 7–8 fisk per familie i kvart kar), og familie avlsverdiane for tal lus per fisk varierte frå om lag 20 til 36 i kar 1, og frå omlag 8 til 34 i kar 2 (figur 2). Desse resultatane viser at det er ein betydeleg arveleg variasjon i tal lus per fisk hos laks.

#### Ugunstig genetisk korrelasjon mellom tal lus per fisk og vekt

Estimatet av den genetiske korrelasjonen mellom tal lus per fisk og vekta på fisken (eit resultat av tilvekst i ferskvatn og 1,5 månader i sjøen) var positiv, men med ein relativt stor standardfeil ( $0,57 \pm 0,28$ ). Også Kolstad m. fl. (2005) fann ein positive genetisk korrelasjon mellom tal lus per fisk og vekta på fisken ( $0,37 \pm 0,10$ ). Dette tyder på at utval for betre

tilvekst aukar laksen sin mottakelegheit for lus, og difor til meir alvorlege/intense infeksjonar. Men fordi utval for større tilvekst resulterer i kortare produksjonstid, treng ikkje dette resultere i fleire angrep av lus og såleis fleire avlusingar per utsett.

Resultata for regnbogeare finst i faktaboks 2.

#### Diskusjon

At det er funne betydeleg arvelege variasjonar i tal fastsittande lus per laks, viser at ein over tid kan redusere luseproblema hos laks gjennom eit målretta avlsarbeid. Kor lang tid det vil ta før ein vil kunne sjå noko positiv effekt av dette, er først og fremst avhengig av kor stor vekt avlsselskapa vil legge på denne eigenskapen i forhold til andre eigenskapar dei gjer utval for. Dersom avlsselskapa gjer utval for betre motstandskraft mot lakselus vil det medføre mindre genetisk framgang for andre eigenskapar. Kor stor vekt som i så fall skal leggjast på lus i avlsprogramma, blir derfor eit strategisk viktig val for avlsselskapa.

Før ein inkluderer denne eigenskapen i avlsmålet for laks bør ein få eit påliteleg estimat av storleiken på den genetiske korrelasjonen mellom tal lus per fisk registrert til ulik tid på året (ulik sjøtemperatur, fiskestorleik, osv.); og meir påliteleg estimat av den genetiske korrelasjonen mellom tal lus per fisk ved ulike utviklingsstadium av lusa (fastsittande, bevegelse, vaksne) og mellom tal lus per fisk og andre eigenskapar som til dømes tilvekst. Dette vil bli gjort i eit nytt prosjekt finansiert av Noregs forskingsråd og Fiskeri- og havbruksnæringens forskingsfond (FHF) (prosjekt nr.190486/S40, 2009-2012).

Utval for ein laks med større motstandskraft mot lakselus vil ha stor økonomisk verdi: (a) redusert behov for avlusing, (b) redusert risiko for utvikling av lakselus som er resistent mot dei legemidlane som vert brukt i dag og auka levetida på desse legemidlane, og (c) redusert smittepress av lakselus på vill laksefisk. Men fordi avl for einkvar eigenskapar må ha eit langsiktig perspektiv, vil ikkje avl mot lakselus løyse dagens luseproblem. Men difor er det også viktig å starte opp dette arbeidet så

fort vi meiner å ha nok kunnskap til å gjere dette på ein god måte, og ikkje vente på at det skal dukke opp andre tiltak som eventuelt vil gjere eit avlsarbeid for denne eigenskapen mindre aktuelt, for eksempel ein vaksine eller markørassistert (genomisk) seleksjon (sjå Gjerde, 2007 for meir diskusjon om dette).

Dagens krav til avlusing (maks 0,5 vaksne holus per fisk, eller totalt fem lus, i gjennomsnitt per fisk) gjer at eit avlsarbeid for betre motstandskraft mot lus må skje basert på uvalsmetoden syskenutval (sjå faktaboks 1). Alle avlsselskapa for laks i Noreg har mulegheit til å gjennomføre eit slikt utval for denne eigenskapen. Men for å motivere avlsselskapa til å starte eit utval for større motstandskraft mot lakselus, og kundane deira (smolt- og matfiskproduzentane) til å etterspørje eit genetisk materiale med større motstandskraft mot lakselus, bør ein få demonstrert kva ein kan oppnå gjennom eit målretta avlsarbeid. For eksempel ved å teste avkom etter laks selektert for betre motstandskraft mot lakselus saman med avkom etter laks som ikkje er selektert for motstandskraft mot lakselus på nokre oppdrettslokalitetar med ulikt infeksjonspress.

Ei innvending vi har møtt mot å gjere utval for ein laks som er meir motstandskraftig mot lakselus, er at lusa vil kunne tilpasse seg den «nye laksen» og at dette utvalet såleis ikkje vil ha nokon positiv effekt for oppdrettslaksen. Men at den «nye lusa» heller kan ha ein sterkare negativ effekt på vill laksefisk (laks, sjøaure, røye) enn dagens lus. Dette har vi per i dag ikkje noko kunnskap om. Men tilsvarende innvending kan ein bruke mot å auke laksens motstandskraft mot bakterie- og virussjukdommar gjennom avl og vaksinerings (for eksempel vaksine mot lus). Så langt er det ikkje dokumentert noko negativ effekt av å auke laksen sin motstandskraft mot bakterie- og/eller virussjukdommar gjennom avl.

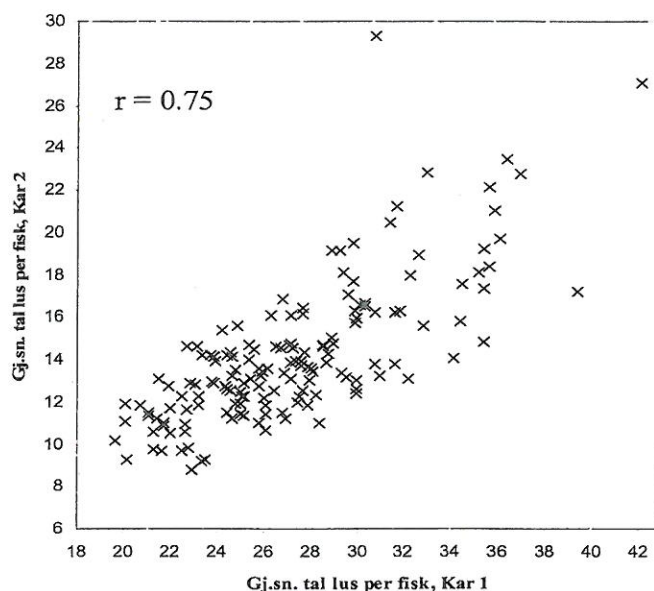
Skal vi få utvikla eit levedyktig og berekraftig oppdrett av laks og regnbogeare, må vi løyse det store problemet som lakselus representerer både for oppdrettsnæringa og dei ville artane av laksefisk. Og då må vi prøve alle dei tiltak vi meiner kan ha ein positiv effekt (leppefisk, legemidlar, avl, vaksine, føring, godt stell), og ikkje utelukke noko tiltak.

#### Takk

Prosjektet er finansiert av FHF (prosjekt nr. 532024). Familiematerialet av laks fekk prosjektet vederlagsfritt frå SalmoBreed AS.

#### Litteratur

- Gjerde, B. 2007. Avl for ein laks med større motstandskraft mot lakselus – eit supplement til «Nasjonal handlingsplan mot lus på laksefisk». Norsk fiskeoppdrett 7, 40–45.
- Gjerde, B., Saltkjelvik, B. 2009. Susceptibility of Atlantic salmon and rainbow



**FIGUR 2**  
Samanhengen mellom familieavlsvardiar for tal lus per fisk i kar 1 og 2 (Gjerde og Ødegård, sendt til Aquaculture).

## Faktaboks 2

**Resultat regnbogeare:** Gjennomsnitt tal lus per regnbogeare var 78,9 i kar 1 og 92,8 i kar 2. Variasjon mellom fisk i tal lus per fisk var svært stor; frå 17 til 200 i kar 1 og frå 6 til 236 i kar 2 (figur 1). Korrelasjonen mellom tal lus per fisk og vekta på fisken var positiv, men låg; 0,42 i kar 1 og 0,07 i kar 2. Korrigert til same gjennomsnittsvekt som regnbogearen var tal lus per laks 38,4 i kar 1 og 23,8 i kar 2; dvs. vesentleg høgare tal lus per fisk hos regnbogeare enn hos laks.

På det undersøkte utviklingsstadiet for lusa (chalimus II-III) var regnbogearen difor meir mottakeleg for lus enn laksen. Dette er ikkje i samsvar med tidlegare funn (Jackson and Minchin, 1993; Jackson et al., 1997) og den generelle haldninga som råder om at regnbogearen er mindre mottakeleg for lus enn laksen.

Difor bør vi undersøke om det er stor nok arveleg variasjon i motstandskraft mot lus også hos regnbogeare til å starte eit avlsarbeid mot lus hos denne arten. Men dette krev eit avlsarbeid som gjer det mogleg med syskenutval (faktaboks 1), noko dei færraste avlsselskapa for regnbogeare i Noreg har økonomi til i dag.

Hos coho laks er det funne at skilnaden i tal lus per fisk var ulikt på ulike utviklingsstadium til lusa (Johnson and Albright, 1992). Difor bør resultatata etterprøvast ved å registrere tal lus per fisk også på seinare utviklingsstadium for lusa (bevegelege, vaksne).

- trout to the salmon lice *Lepeophtheirus salmonis*. Aquaculture, in press.
- Gjerde, B. and Ødegård, J. Estimates of genetic variation in the susceptibility of Atlantic salmon to the salmon lice *Lepeophtheirus salmonis*. Submitted to Aquaculture.
- Glover, K.A., Aasmundstad, T., Nilsen, E., Storset, A., Skaala, Ø., 2005. Variation of Atlantic salmon families (*Salmo salar* L.) in susceptibility to the sea lice *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus*. Aquaculture, 245:19–30.
- Jackson, D., Minchin, D., 1993. Lice infestations of farmed salmon in Ireland. In Pathogens of wild and farmed fish. s.

- 188–201. Ed. G. A. Boxshall and D. Defaye. Ellis Horwood, London. 378 ss.
- Jackson, D., Deady, S., Leahy, Y., Hassett, D., 1997. Variations in parasitic caligid infections on farmed salmonids and implications for their management. ICES Journal of Marine Science, 54:1104–1112.
- Kolstad, K., Heuch, P.A., Gjerde, B., Gjedrem, T., Salte, R., 2005. Genetic variation in resistance of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis*. Aquaculture, 247:145–151.