

Mot utval for auka motstandskraft mot lus hos laks

Bjarne Gjerde





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

Nofima har om lag 400 ansatte.

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

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø

Ås:

Osloveien 1
Postboks 210
NO-1431 ÅS

Stavanger:

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

Bergen:

Kjerreidviken 16
NO-5141 Fyllingsdalen

Sunndalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Averøy:

Ekkilsøy
NO-6530 Averøy

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140

Faks: 64 97 03 33

E-post: post@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

		ISBN: 978-82-8296-074-8 (trykt) ISBN: 978-82-8296-075-5 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Tittel:</i> Mot utval for auka motstandskraft mot lus hos laks		<i>Rapportnr.:</i> 16/2013
		<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Bjarne Gjerde		<i>Dato:</i> 14.03.2013
<i>Avdeling:</i> Avdeling for avl og genetikk		<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 11
<i>Oppdragsgiver:</i> Norges forskningsråd/Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond		<i>Oppdragsgivers ref.:</i> NFR 190487/FHF # 532024
<i>Stikkord:</i> Lakselus, avl og laks		<i>Prosjektnr.:</i> 2458
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> Se eget kapittel		
<i>English summary/recommendation:</i> <p>Salmon lice on farmed Atlantic salmon and development of lice resistant to chemotherapeutants are an increasing problem leading to interest for alternative means.</p> <p>Lice count data from controlled challenge tests show large genetic variation in resistance to salmon lice in salmon and no unfavorable genetic correlations to other traits.</p> <p>Selection for increased resistance will over time reduce the need for delousing. How fast depending on the weight given to this trait in the breeding objective.</p> <p>Predictions show that selection for only increased resistance will reduce lice count per fish with 24 % per generation or 75 % over five generations.</p>		

Innhold

1	Samandrag	1
2	Hovudmål	1
3	Bakgrunn	2
4	Resultat frå kvart delmål	3
5	Tillegg studium.....	5
6	Vitskapelege/faglege publikasjonar	8
7	Resultatformidling retta mot relevante målgrupper.....	10
8	Allmennretta formidlingstiltak - Oppslag i massemedia	11
9	FoU-resultater.....	11
10	Kommersielle resultater med bidrag fra prosjektet.....	11
11	Innføring av teknologi	11
12	Mastergrad	11

1 Samandrag

Lus på oppdrettslaks og utvikling av resistens hos lus mot kjemiske midlar mot lus har blitt eit aukande problem dei siste åra. Dette har ført til auka interesse for bruk av alternative strategiar som leppefisk, spesialfôr, vaksine, mekanisk avlusing, tradisjonell avl og markørassistert og genomisk seleksjon. Ein påliteleg test av motstandskraft mot lus er berre muleg i ein kontrollert smittetest og kan målast som tettheit av fastsittande (TFL) eller bevegelege (TBL) lus per fisk.

For alle dei fire årsklassane som vart testa i dette prosjektet vart det funne stor arveleg variasjon i både TFL og TBL. Dette viser at laksen sin motstandskraft mot lus kan aukast gjennom eit målretta avlsarbeid og utan negative effektar på andre eigenskapar det vert gjort utval for. Det vil ikkje løyse dagens luseproblem, men vil over tid kunne redusere behovet for avlusing, redusere risikoen for utvikling av lus som er resistent mot dagens legemidlar mot lus og auke levetida på desse legemidlane, og redusere infeksjonspresset av lakselus på vill laksefisk.

Det vart funne mange SNP-ar spreidde over mange kromosom med betydeleg skilnad i allel frekvens mellom fisk med mange og få lus. Men vi fann ingen kraftig QTL for motstandskraft mot lus hos laks, noko som tyder på at denne eigenskapen er styrt av mange gen kvar med ein liten effekt. Dette arbeidet fortsetter i samarbeid med SalmoBreed.

Ved utval berre for auka motstandskraft mot lus kan vi vente ein framgang på 24% per generasjon eller ein akkumulert effekt på heile 75% over fem generasjonar; dvs. at tal fastsittande lus per fisk i ein merd vil bli redusert frå i gjennomsnitt 3 til 0.75. Men fordi det også må gjerast utval for andre eigenskapar vil framgangen i praksis bli mindre enn dette. Kor lang tid det vil ta før ein matfiskoppdrettar vil kunne sjå ein positiv effekt i form av redusert tal avlusingar er difor avhengig av kor stor vekt avlsselskapa legg på eigenskapen motstandskraft mot lus i forhold til andre eigenskapar dei gjer utval for.

Det lange tidsperspektivet vi må ha ved avl for auka motstandskraft mot lus gjer det vanskeleg for eit avlselskap åleine å legge stor vekt på denne eigenskapen, då det på kort sikt vil gjere deira materiale mindre konkurransedyktig for andre eigenskapar.

Fordi eigenskapen motstandskraft mot lus har svært stor samfunnsøkonomisk verdi bør ein difor diskutere om staten og næringa i fellesskap bør setje eit krav om at alle avlsselskapa må teste og gjere utval for auka motstandskraft mot lus.

2 Hovudmål

Meir kunnskap om genetisk variasjon i motstandskraft mot lakselus hos laks og korleis denne kunnskapen kan brukast i avlsprogram for å gjere eit kostnadseffektivt utval for auka motstandskraft mot lus.

3 Bakgrunn

Laks infisert med lakselus er eit potensielt stort reservoar for infisering av både oppdretta og ville populasjonar av laksefisk. Lus på oppdrettslaks har blitt eit aukande problem dei siste fire - fem åra. Det same gjeld utvikling av resistens hos lus mot kjemiske midlar. Dette har ført til auka interesse for bruk av alternative midlar mot lus som leppefisk, vaksine, tradisjonell avl og markørassistert og genomisk seleksjon. Desse alternative strategiane kan ikkje kvar for seg løyse luseproblemet, men kan samla sett vere eit godt supplement til kjemisk behandling, og på sikt redusere behovet for bruk av kjemiske midlar og risikoen for at desse akkumulerer i sediment under nøtene med negativt verknad på andre levande organismar.

Før start av dette prosjektet var det med basis i tal lus per fisk registrert etter naturleg påslag i merd rapport relativ låg arveleg variasjon i motstandskraft mot lakselus, mest truleg på grunn av få tal lus per fisk. Derimot vart det funne ein middels høg arvegrad for tal fastsittande lus i kontrollert smittetest i kar, og ein høg genetiske korrelasjonen mellom tal lus per fisk i kontrollert smittetest og etter naturleg infeksjon, men basert på data frå berre 50 fullsysken familiar. Difor var det viktig å få testa eit større tal familiar i kontrollerte smittetestar. I tillegg var det viktig å få eit påliteleg estimat av storleiken på den genetiske korrelasjonen mellom tal fastsittande lus og tal bevegelege lus per fisk, både i smittetest og under naturleg infeksjon. Ein høg genetisk korrelasjon mellom desse eigenskapane vil seie at utval for auka motstandskraft mot lus kan baserast på registrering av tal fastsittande lus per fisk i ein kontrollert smittetest.

Fordi det i avlsarbeidet vert gjort utval for fleire eigenskapar samtidig er det viktig med pålitelege estimat av storleiken på dei genetiske korrelasjonane mellom alle desse eigenskapane, for eksempel storleiken på den genetiske korrelasjonen mellom motstandskraft mot lus og andre viktige produksjonseigenskapar som tilvekst og motstandskraft mot viktige virus- og bakteriesjukdomar.

Fisk testa mot lus i kontrollerte smittetestar kan vanskeleg brukast som avlsfisk fordi dei kan infisere dei andre avlskandidatane (avlskjernen) med ikkje ynskja virus og bakteriar. Det gjer at vi i avlsarbeidet for denne eigenskapen ikkje kan gjere oss nytte av den genetiske variasjonen mellom fisk i kvar familie, noko som reduserer den genetiske framgangen vesentleg. Visst vi kunne finne ein eller fleire biomarkørar med høg korrelasjon til tal lus per fisk, eller ein genetisk markør (QTL) som forklarar ein stor del av variasjonen mellom enkeltfisk i tal lus per fisk, kunne desse markørane brukast som eit indirekte utvalskriterium for motstandskraft mot lus og slik mulegjerer også eit utval innan familie.

Teljing av tal lus på 1500-2000 fisk i løpet av maks to - tre dagar er ein stor jobb som føreset at teljing vert gjort av 5-6 trenarar med godt fargesyn under gode lystilhøve (helst dagslys). Difor er det svært viktig å få utvikla ny teknologi som kan gjere denne jobben raskare og som samtidig gir oss eit meir objektivt mål for tal lus per fisk. I dette prosjektet testa vi digital biletteknologi

4 Resultat frå kvart delmål

Delmål 1. Oppnå påliteleg estimat av storleiken på den genetiske variasjonen i motstandskraft mot lakselus hos laks.

Ein optimal test av motstandskraft mot lus hos laks føreset i gjennomsnitt minst 10 lus per fisk. Det er berre mogleg å få til i kontrollert smittetest. Motstandskraft mot lus kan best målast som tettheit av fastsittande (TFL) eller bevegelege (TBL) lus per fisk = tal lus per fisk dividert på vekten av fisken opphøgd i 2/3. Både TFL og TBL viser svært stor fenotypisk variasjon mellom enkeltfisk noko som gjer at den arvelege variasjonen er stor sjølv ved relativ låg arvegrad for desse eigenskapane. For alle dei fire årsklassane som vart testa i prosjektet (sjå Tabell 1) vart det funne betydeleg arveleg variasjon i TFL, både ved test i kar (årsklasse 2007 og 2008) og i merd (årsklasse 2008, 2009 og 2010). Det vart funne ein høg genetisk korrelasjon (≥ 0.80) mellom TFL ved test av fisk frå dei same familiene i to kar på same tidspunkt (2007 og 2008), i to merdar til ulik tidspunkt (2009), og i kar og merdar til ulikt tidspunkt (årsklasse 2008). For årsklasse 2008 vart det også funne ein betydeleg arveleg variasjon i TBL og ein svært høg genetisk korrelasjon (0.87) mellom TFL og TBL. For årsklasse 2010 vart det funne ein høg genetisk korrelasjon (0.77) mellom TFL i kontrollert smittetest i merd i september og naturleg smitte i merd i juni året etter.

Delmål 2. Undersøke storleiken på den genetiske korrelasjonen mellom motstand mot lakselus og andre eigenskapar hos laks.

Familiane av årsklasse 2007 vart også testa mot furunkulose, ILA og IPN i kontrollerte smittetestar og for tilvekst (vekt ved slakting) på to av teststasjonane til SalmoBreed. Det vart som venta funne betydeleg arveleg variasjon i motstand mot både furunkulose, ILA, IPN og vekt, og positive (0.21 - 0.50) genetiske korrelasjonar mellom motstandskraft mot furunkulose, ILA og IPN. Dei genetiske korrelasjonane mellom TFL og kvar av dei tre sjukdomseigenskapane eller vekt var låge (-0.17 – 0.05) og ikkje signifikant ulike frå null. Dette viser at det ikkje er nokon ugunstige genetiske samanhengar mellom desse eigenskapane og at det difor er muleg å oppnå betydeleg genetisk framgang for alle eigenskapane dersom dei vert testa og selektert for i avlsarbeidet.

Delmål 3. Undersøke om vi kan finne biomarkørar som indirekte mål for motstandskraft mot lakselus hos laks.

Ein samleprøve av DNA frå fisk frå med eit høgt tal lus frå kvar av 95 familiar, og ein tilsvarande samleprøve frå fisk med eit lågt tal lus frå dei same 95 familiene vart genotypa ved hjelp av ein 7K SNP matrise. Det vart funne mange SNP-ar spreidde over mange kromosom med betydeleg skilnad i allel frekvens mellom desse to samleprøvane. Men det vart ikkje funne nokon kraftig QTL, noko som tyder på at motstandskraft mot lus hos laks i det vesentleg er styrt av mange gen kvar med ein liten effekt.

For å teste i kva grad skilnadane i allelfrekvens mellom desse to samleprøvane er reelle vart vevsprøvane frå kvar fisk i samleprøvene typa for 60 av dei mest lovande SNP-ane. Så langt har vi fått resultata frå 30 av SNP-ane og 12 av desse tyder på ein signifikant effekt på motstandskraft mot lus. Genotyping av dei resterande SNP-ane og genotyping av fisk frå ein annan årsklasse vil bli gjort i samarbeid med og med midlar frå SalmoBreed.

For utval av fisk med høg motstandskraft mot lus kan vi i staden for eller i tillegg til genetiske markørar også bruke andre biologiske markørar. Vi samanlikna grad av uttrykk hos mange gen hos laks med ulik grad av motstandskraft mot lus, men skilnaden i uttrykka for alle gen var svært små og

ikkje reproduserbare. Vi forsøkte å oppnå sterkare uttrykk av dei same gena ved å samanlikne motstandskraft mot lus hos laks injisert og ikkje injisert (kontroll) med kortisol (stresshormon). Dei to gruppene var infisert med lus i same grad trass i betydeleg effekt av kortisol på genuttrykk i vev frå skin. I eit anna forsøk fann vi at tal lus per fisk vart merkbart redusert under kjønnsmodning, spesielt hos hannfisk, og vi fann store skilnader i genuttrykk hos kjønnsmoden og ikkje kjønnsmoden laks. Ved å injisere laks med kjønnsormon vart tal lus per fisk redusert 1.6 (østrogen) -2.4 (testosteron) gongar. Hos laks som fekk fôr tilsett kjønnsormon og laks som fekk eit kontrollfôr fann vi store skilnader i genuttrykk. Dei mest aktuelle gena vil bli testa hos laks med ulik motstandskraft mot lus og ved test og utvikling av nye spesialfôr mot lus.

Delmål 4. Undersøke om teljing av tal lus per fisk kan automatiserast ved hjelp av biletanalyse.

Ein ekstern partnar skulle utvikle teknologi for teljing av fastsittande lus på bedøvd fisk ved hjelp av digital biletanalyse. Dette viste seg å vere eit for omfattande arbeid. Prosjektet vart avslutta etter Fase 1 på grunn av svært mangelfull rapport frå Fase 2 og 3 som ikkje var i samsvar med det som vart rapportert frå Fase 1.

5 Tillegg studium

Skilnad i motstandskraft mot lus hos laks og regnbogeaure

I smittetest av årsklassane 2007 og 2008 testa vi saman med laksen også eit lite tal regnbogeaure med opphav frå SalmoBreed (2007) og AquaGen (2008). I begge årsklassane vart det funne at regnbogeauren var betydeleg meir mottakeleg for lus enn laksen. For årsklassen 2008 vart det talt fastsittande lus på same fisken i to etterfylgjande smittetestar (med avlusing etter den første), og i den andre testen også tal bevegelege lus. Mellom TFL i desse testane vart det funne ein positiv fenotypisk korrelasjon (i gjennomsnitt 0.28) noko som tyder på ein genetisk variasjon i motstandskraft mot lus hos regnbogeaure på nivå med det vi fann hos laks.

Samanhengen mellom tal lus per fisk og tilvekst

For årsklassen 2008 vog vi fisken både vel teljing av tal fastsittande lus (november 2009) og tal bevegelege lus i januar 2010. Korrelasjonen mellom tilvekst i denne perioden og TFL eller TBL var ikkje signifikant ulik frå null. Dette tyder på at dei fastsittande (i gj.snitt 12.4 lus per fisk) og bevegelege lusa (i gj.snitt 19.8 lus per fisk) ikkje plagar fisken så mykje at dette går utover appetitt og tilvekst. Før publisering vil desse resultatane bli supplert med data frå årsklassen 2009.

Utførte FoU-oppgåver

1. Individmerka og vaksinert fisk frå to årsklasser (2007 og 2008) laks frå SalmoBreed.
2. Kjøp og individmerka regnbogeaure (vanleg produksjonsfisk) frå to årsklassar.
3. Test av laks frå fire SalmoBreed årsklassar mot lakselus i kontrollerte smittetestar i kar og merd og til ulik tid på året, og regnbogeaure.
4. Statistisk analyse av lusedata frå kontrollerte smittetestar av fire årsklassar laks mot lus.
5. Statistisk analyse av overlevingsdata av laks frå kontrollerte smittetestar mot furunkulose, ILA og IPN, vektdata registrert ved slakting hos Bolaks og Salten Stamfisk (data frå SalmoBreed årsklasse 2007) og lusedata frå årsklasse 2007.
6. Uttak av vevsprøver frå alle individmerka fisk i årsklasse 2007 ved vaksining i mars 2008 og genotyping av eit utval av desse ved hjelp av ein 7K SNP matrise.
7. Test av digital biletanalyse for automatisk teljing av fastsittande og bevegelege lus.
8. Måling av genuttrykk hos laks med (a) ulik grad av motstandskraft mot lus, (b) injisert med kortisol, og (c) gitt fôr tilsett kjønnsormon.

Involverte miljø

Nofima har vore ansvarleg for føring og stell av fisken frå individmerking til ferdig smittetest, den praktiske gjennomføringa av alle smittetestane ved Nofima, Averøy og dei statistiske analysane av data og skriving av alle vitenskaplege og populærvitenskaplege artiklane. Frå SalmoBreed har vi fått individmerka fisk frå tre årsklassar (2007, 2008, 2009), vektdata ved slakting og smittetestdata for furunkulose, ILA og IPN frå to årsklassar (2007 og 2008), og lusedata for ein årsklasse (2010). Feed Control Norway AS gjorde forsøk på utvikling av digital biletteknologi for teljing av lus på bedøvd fisk.

Prosjektgjennomføring og ressursbruk

Ein stor del av fisken i årsklassen 2007 døde på grunn av maneter som blokkerte vassinntaket i begge kara rett etter at smittetesten var gjennomført. Difor merke vi ut fisk frå ein ny årsklasse (2008). Nesten all fisken i det eine karet i denne årsklassen døde på grunn av algar som blokkerte vassinntaket til karet. Vi fekk smittetesta ein tredje årsklasse (2009) ved at vi fekk løyve til å ta over individmerka fisk frå denne årskassa som SalmoBreed i utgangspunktet hadde tenkt brukt til eit anne føremål. Totalt sett eit langt større ressursbruk (fisk og arbeid) enn det vi hadde planlagt for.

Så langt er det publisert seks vitenskapelige og fem populærvitenskapelige artiklar, og ein master grad ved UMB. Det er halde fire publiserte foredrag på internasjonale møter/konferansar og 14 foredrag/poster på nasjonale møter/konferansar. I prosjektet har vi utvikla smittetest av laks mot lus i merd med lukka presenning, ein metode som er godkjent av Mattilsynet 22.02.2011.

Prosjektet er omtala på www.kyst.no (2 gongar), www.europharma.no (1), www.intrafish.no (1), www.salmobreed.no (4), www.kystogfjord.no (1), www.forskning.no (1), www.fish.no (1), www.nofima.no (1), www.nrk.no (1), www.namdalsavisa.no (1), www.mobil.tk.no (1) og www.miljonytt.no (1).

Betyding og nytteverdi av resultata

Resultata viser at laksen sin motstandskraft mot lus, målt som TFL i ein kontrollert smittetest, kan aukast gjennom eit målretta avlsarbeid utan negativ effekt på dei andre eigenskapar det vert gjort utval for. Eit utval for auka motstandskraft mot lakselus vil ikkje løyse dagens luseproblem, men vil over tid kunne redusere behovet for avlusing, redusere risikoen for utvikling av lus som er resistent mot dagens legemiddel mot lus og auke levetida på desse legemidlane, og redusere infeksjonspresset av lakselus på vill laksefisk.

Kor lang tid det vil ta før ein matfiskoppdrettar vil kunne sjå noko positiv effekt i form av redusert tal avlusingar er først og fremst avhengig av kor stor vekt avlsselskapa vil legge på denne eigenskapen i forhold til dei andre eigenskapane dei gjer utval for, noko som er eit viktig strategisk val for kvart avlsselskap. På grunn av den lange tidshorisonen ein må ha i alt avlsarbeid, spesielt for eigenskapen motstandskraft mot lus, er det viktig å starte opp dette arbeidet så fort råd er, og ikkje vente på at det skal dukke opp andre tiltak (for eksempel ein vaksine eller markør assistert og/eller genomisk seleksjon) som eventuelt vil gjere eit tradisjonelt avlsarbeid for denne eigenskapen mindre aktuelt.

For å motivere avlsselskapa til å starte eit utval for større motstandskraft mot lakselus, og kundane deira (smolt- og matfiskprodusentane) til å etterspørje eit genetisk materiale med større motstandskraft mot lakselus, bør ein få demonstrert kva som kan oppnåast i form av redusert tal avlusingar gjennom eit målretta avlsarbeid. Det kan gjerast ved å teste avkom etter laks selektert for betre motstandskraft mot lus saman med avkom etter laks som ikkje er selektert for motstandskraft mot lus på nokre oppdrettslokalitetar med ulikt infeksjonspress.

Korleis resultata vil bli fylgt opp, formidla og utnytta

Resultata er publisert i vitenskapelige og populærvitenskapelige artiklar og i foredrag på nasjonale og internasjonale møter. SalmoBreed har inkludert rutinetest av sitt avlsmateriale for lakselus frå og med årsklasse 2010, og har frå og med sesongen 2010/2011 selt augerogn etter foreldre selektert for auka motstand mot lakselus. AquaGen AS har i 2012 testa sin 2011 årsklasse for lakselus. Alle desse smittetestane vert gjennomført hos Nofima, Averøy.

Resultat som vil bli ferdigstilt etter prosjektslutt

To vitenskapelige artiklar er under skriving, og resultata for ein tredje (om QTL) vil bli klar i løpet av 2013.

Tabell 1 Tal årsklassar, familiar og fisk testa for lakselus i prosjektet

Årsklasse	Talfam	Tal fisk		Kar/Merd	Dato	Type test ¹	Stadium ²	Tal lus per fisk	
		Laks	Regnb					Laks	Regnb
2007	154	1094	58	K1	Jun08	K	Fa	27.1	78.9
		1112	61	K2	Jun08	K	Fa	13.9	92.8
2008	153	683	134	K1	Mai09	K	Fa	14.2	9.3
		1081	150	K2	Mai09	K	Fa	11.9	11.1
		655	122	M1	Okt09	K	Fa	3.2	26.8
		649	119	M1	Nov09	K	Fa	12.4	98.7
		638	118	M1	Jan10	K	Be	19.8	16.6
2009	240	2314	-	M1	Sep10	K	Fa	13.9	-
		2655	-	M2	Des10	K	Fa	7.3	-
		1877	-	M2	Jan11	K	Be	3.4	-
2010	154	1059	-	M1	Sep11	K	Fa	26.3	-
		1341	-	M2	Okt11	K	Fa	16.7	-
		2114	-	M1+M2	Jun12	N	Be	5.0	-

¹ K=Kontrollert smittetest, N=Naturleg smitte

² Fa=Fastsettende lus, Be=Bevegelege lus

6 Vitskapelege/faglege publikasjonar

Artiklar i vitskapelege tidsskrift med referee

- Gjerde, B., Saltkjelvik, B. 2009. Susceptibility of Atlantic salmon and rainbow trout to the salmon lice *Lepeophtheirus salmonis*. Aquaculture 291, 31-34.
- Gjerde, B., Saltkjelvik, B., Ødegård, J. 2010. Quantitative genetics of salmon lice resistance in Atlantic salmon at different life stages. 9th WCGALP, Leipzig, Germany, 2.-6. August.
- Krasnov A, Timmerhaus G, Afanasyev S, Jorgensen S.M. 2011. Development and assessment of oligonucleotide microarrays for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Comp Biochem Physiol Part D Genomics Proteomics, 6:31-38.
- Gjerde, B., Ødegård, J., Thorland, I., 2011. Estimates of genetic variation in the susceptibility of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis*. Aquaculture 314, 66–72.
- Tadiso T., Krasnov A., Skugor S., Afanasyev S., Hordvik I., Nilsen F. (2011). Gene expression analyses of immune responses in Atlantic salmon during early stages of infection by salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) revealed bi-phasic responses coinciding with the copepod-chalimus transition. BMC Genomics, 12:141.
- Skugor S., Glover K. A, Nilsen F., Krasnov, A. 2008. Local and systemic gene expression responses in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) to infection with the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*). BMC Genomics 2008, 9:498 doi:10.1186/1471-2164-9-498.

Vitskapelege artiklar under skriving

- Gjerde, B., Thorland, I. Quantitative genetics of salmon lice resistance in Atlantic salmon at different life stages of the lice.
- Gjerde, B., Wang, H., Thorland, I. Estimates of the genetic correlation between salmon lice resistance and disease resistance in Atlantic salmon.
- Baranski, M., Gjerde, B., Detection of quantitative trait loci for sea lice resistance in Atlantic salmon using selective DNA pooling.

Publiserte artikler i andre vitenskapelige og faglige tidsskrifter

- Gjerde, B., Saltkjelvik, B. og Ødegård, J. 2009. Arveleg variasjon i motstandskraft mot lakselus hos laks. Norsk fiskeoppdrett 6a, 46-48.
- Das, A. 2009. Screening of blood and mucus parameters. Towards breeding for resistance to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) in Atlantic salmon. A thesis submitted to the Norwegian University of Life Sciences (UMB) in joint supervision with the Swedish University of Agricultural Sciences (SLU). 66 pp.
- Gjerde, B. og Ødegård, J. 2010. Genetisk samanheng mellom ulike mål for motstand mot lus hos laks. Norsk fiskeoppdrett 9, 66-68.
- Gjerde, B. og Ødegård, J. 2010. Avl mot lus – eit tveigga sverd? Norsk fiskeoppdrett 10, 48-51.
- Gjerde, B. 2010. Infeksjonstestar mot lakselus – eit viktig tiltak i avlsforsøk og avlsarbeid. Norsk fiskeoppdrett nr 11, 50-52.

Publiserte foredrag frå internasjonale møter/konferansar

- Tadiso, T.M., Krasnov, A., Nilsen, F., Hordvik, I. 2010. Immunity effector molecules in Atlantic salmon, and their transcriptional changes during early *Lepeophtheirus salmonis* infection (copepod-chalimus transition). – International Sea Lice Conference, May 9-12, Victoria, BC, Canada

- Krasnov, A., Castro, V., Afanasyev, S., Larsson, T., Mørkøre, T., Takle, T. 2010. Development of oligonucleotide microarrays and bioinformatic system for aquaculture research. Workshop on the Swimming Physiology of Fish. Barcelona, July 2-3.
- Krasnov, A., Afanasyev, S., Timmerhaus, G., Jørgensen, S.M. 2010. Oligonucleotide microarrays: development of bioinformatic tools and performance in pilot experiments. Genetics in Aquaculture (GIA 2009). Bodø, July 5-7.
- Gjerde, B., Ødegård, J. 2011. Differences in susceptibility to the salmon louse between a high and a low lice susceptible group of Atlantic salmon. 62nd Annual Meeting EAAP 2011, August 29th – September 2nd, Stavanger, Norway.

Andre rapporter, foredrag og presentasjoner frå faglege møter

- Gjerde, B. 2008. Avl for ein oppdrettslaks med større motstandskraft mot lakselus - eit supplerande tiltak til 'Nasjonal handlingsplan mot lus på laksefisk'. Kunnskapsstatus og kunnskapsbehov ved bekjempelse av lakselus, Gardermoen 10.12.2008.
- Gjerde, B., Saltkjelvik, B. & Ødegård, J. 2009. Avl for ein oppdrettslaks med større motstandskraft mot lakselus - eit supplerande tiltak til 'Nasjonal handlingsplan mot lus på laksefisk'. Frisk Fisk, Bergen 21. januar 2009.
- Gjerde, B., Ødegård, J. 2009. Arveleg variasjon i motstandskraft mot lakselus hos laks. Frisk Fisk, Bergen, 21. januar.
- Gjerde, B. 2009. Avl for ein oppdrettslaks med større motstandskraft mot lakselus - eit supplerande tiltak til 'Nasjonal handlingsplan mot lus på laksefisk'. Kunnskapsstatus og kunnskapsbehov ved bekjempelse av lakselus. SalmoBreed fagmøte, 28.01.2009.
- Gjerde, B. 2010. Towards selection for increased resistance to the salmon louse in Atlantic salmon. SalmoBreed kundemøte i Bergen, 16. februar.
- Gjerde, B., Ødegård, J. 2010. Genetisk (ko)variasjon i motstandskraft mot lus hos laks på tre ulike tidspunkt. Havbruk 2010, Trondheim 19.-21. april.
- Gjerde, B. 2010. Kan vi redusere luseproblemet på oppdretta og vill laks gjennom eit målretta avlsarbeid? Foredrag under Blå konferanse, Rørvik, 21. september.
- Gjerde, B. 2010. Kan vi redusere luseproblemet på oppdretta og vill laks gjennom eit målretta avlsarbeid? Foredrag ved Ytre Namdal vidaregåande skole, Rørvik, 22. september.
- Gjerde, B., Ødegård, J. 2011. Finst det arveleg variasjon i motstand mot lakselus hos regnbogeaure? Frisk Fisk Tromsø 19.-20. januar.
- Gjerde, B. 2011. Arveleg variasjon i motstand mot lus hos laks og regnbogeaure. Seminar hos Nofima Averøy, 24. januar.
- Gjerde, B. 2011. Selective breeding for increased lice resistance. Lakselusworkshop i regi av Norges forskingsråd, Ålesund 13.-14. april.
- Gjerde, B. 2011. Selective breeding for increased lice resistance. Foredrag for AquaGen AS hos Nofima, Averøy, 24. april.
- Krasnov A., Skugor S., Jørgensen S.M. 2011. Functional genomics changes views on fish immunity. Genomics in Aquaculture. Heraklion, Crete, Greece, September 14-17.
- Gjerde, B. 2011. Korleis kan avl bidra til mindre lakselus? Lakselus-seminar i regi av Kystlab AS, Molde 29. november.
- Gjerde, B., Wang, H. 2013. Genetisk korrelasjon mellom motstand mot lakselus, furunkulose, ILA og IPN hos laks. Frisk Fisk Bergen 5.- 6. februar.

7 Resultatformidling retta mot relevante målgrupper

Bedre tilvekst gir mer lus

http://www.kyst.no/index.php?page_id=95&article_id=83804, 22.01.2009

Avl kan lette lusestrusselen

Europharma Focus nr 1/2009

SalmoBreed møter næringens utfordringer!

http://salmobreed.no/uploads/Nyhetsbrev/2010_3_nyhetsbrev_SalmoBreed.pdf, april 2010

Økt motstandsevne mot lus

http://salmobreed.no/uploads/Nyhetsbrev/2010_4_nyhetsbrev_SalmoBreed.pdf, april 2010

Robusthet mot lus

http://salmobreed.no/uploads/Nyhetsbrev/2010_6_nyhetsbrev_SalmoBreed.pdf, september 2010

Lanserer rogn med motstand mot PD og lus

<http://www.intrafish.no/norsk/nyheter/article264212.ece>, 18.02.2010

Praksis viser at avl er trygt

http://www.kyst.no/index.php?page_id=95&article_id=89271, 28.09.2010

Sterkere i møte med lusa

<http://www.nofima.no/marin/nyhet/2011/05/sterkere-i-mote-med-lusa>, 16. mai, 2010

<http://www.kystogfjord.no/nyheter/oppdrett/Sterkere-i-moete-med-lusa>, 16. mai, 2010

<http://www.salmobreed.no/sfresampler.aspx?src=585>, 16. mai, 2010

<http://www.fish.no/oppdrett/4529-sterkere-i-mote-med-lusa.html>, 20. mai, 2010

<http://www.forskning.no/artikler/2011/mai/287683>, 15. august 2011, 2010

Nationen, 16. mai, 2010

8 Allmennretta formidlingstiltak - Oppslag i massemedia

Oppdrettslaksen kan bli kvitt lusa

http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/nrk_trondelag/1.7302401, 21.09.2010

Gener mot lus

<http://www.namdalsavisa.no/Nyhet/article5319845.ece>, 21.09.2010

Sterkere i møte med lusa

<http://mobil.tk.no/nyheter/article5607109.ece>, 16. mai, 2010

<http://www.miljonytt.no/?sed=2011-05-16>, 16. mai, 2010

Nationen, 16. mai, 2010

9 FoU-resultater

Ferdigstilte nye/forbedrede metoder/modeller/prototyper

Har utvikla infeksjonstest av laks mot lus i merd med lukka presenning, godkjent av Mattilsynet 22.02.2011.

10 Kommersielle resultater med bidrag fra prosjektet

Ferdigstilte nye/forbedrede produkter

SalmoBreed AS tilbyr (frå sesongen 2010/2011) lakserogn etter foreldre selektert for bedre motstand mot lakselus.

11 Innføring av teknologi

Samarbeidende bedrifter som har innført ny teknologi

SalmoBreed AS har inkludert test av sitt avlsmateriale for lakselus frå og med årsklasse 2010.

Bedrifter utenfor prosjektet som har innført ny teknologi

AquaGen AS har i 2012 testa sin 2011 årsklasse for lakselus hos Nofima, Averøy.

12 Mastergrad

Wang, Huanhuan, 2012. A study of the genetic relationship between salmon lice resistance and disease resistance in Atlantic salmon. Master Thesis in Aquaculture, Department of Animal and Aquacultural Sciences, Norwegian University of Life Sciences, Ås, Norway. 32 pp.

