

Temperatures innflytelse på lakseluslarver

SLUTTRAPPORT FHF-PROSJEKT 901073

Av Sussie Dalvin



Foto: Lars Håmre



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

Innhold

Sammendrag / Summary	4
1 Innledning	5
2 Problemstilling og formål	6
3 Prosjektgjennomføring	6
4 Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon	7
5 Leveranser	9
6 Referanser	9

Sammendrag

Utvikling og overlevelse av lakseluslarver (*Lepeophtheirus salmonis*) larver avhenger av temperatur. Spredningspotensialet bestemmes av tiden det tar å utvikle seg fra klekking av nauplier til kopepoditten dør. I tillegg er det smittsomme vinduet bestemt av hvor lenge kopepodittene overlever. Formålet med prosjektet var å måle utviklingstiden ved seks ulike temperaturer representative for hele den norske kystlinjen. Slike data er avgjørende for å forstå spredning av parasitten og å estimere smittepresset skapt av gravide voksne holus på fisk i sjøen. Alle moderlus ble akklimatisert til den valgte temperaturen før oppstart av larveeksperimentet. Klekking og overlevelse ble overvåket i inkubatorer i laboratoriet. Resultatet av forsøkene er at den lengste overlevelsen av infestøse larver, målt i døgn, ble funnet ved 7-10 °C. Ved 3 °C fant vi ingen produksjon av kopepoditter og infeksjonssuksessen var sterkt redusert ved 5 °C. Lakseluslarvene overlevde selv ved den høyeste temperaturen (20 °C), men her var levetiden deres kortere, dyrene mindre og eggproduksjonen redusert. Resultatene gir ny informasjon om utviklingshastigheter av lakselus, spesielt ved høye og lave temperaturer. Dataene er viktig for å gi mer presisjon i verktøykassen for håndtering av parasitten i akvakultur så vel som i forvaltning.

Summary

Development and survival time of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) larvae are temperature dependent. The potential for spread of the parasite is determined by the time it takes from hatching to the death of the copepodite. Furthermore the infestation window is determined by the longevity of survival for the copepodites. The purpose of the project was to measure larval developmental times at six temperatures representative for the Norwegian coast line. This information is crucial to understand the spread of the parasite and to estimate infection pressure created by gravid adult females on fish in the sea. All female salmon lice used had been acclimatized to the chosen temperature before initiation of the larval experiment. Hatching and survival was monitored in incubation trays in the laboratory. The main results were that the longest survival of copepodites, measured in days, was found at 7-10 °C. At 3 °C we did not detect any production of copepodites, and at 5 °C the success of reinfection was significantly reduced. Salmon lice larvae had good survival even at the highest temperature (20 °C), but here survival was short, the animals small, and eggproduction decreased compared to the lower temperatures. These results provide new information about the performance of salmon louse at extreme temperatures and provide a useful tool in management of the parasite in aquaculture settings as well as in governmental management.

1. Innledning

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er et vekselvarmt dyr og utviklingshastigheten er derfor styrt av temperatur. Jo varmere det er i sjøen, jo forttere utvikler dyrene seg. Denne økning i biologisk aktivitet gjelder både utvikling av egg, utvikling fra naupliuslarve til voksent dyr og eggleggingsfrekvensen hos voksne hunner. En absolutt øvre og nedre grense for overlevelse av lakselus er ikke fastlagt, men erfaringer fra næringen tyder på at lusene trives dårligere ved ekstreme temperaturer. Et antall studier har undersøkt ulike aspekter av temperatureffekter på lakselusenes utvikling og deres evne til å reproducere, bl.a. noen studier som har sett på effekten av temperatur på overlevelse og utvikling av kopepoditter: Johnson & Albright 1991, Ritchie et al 1993, Gravil 1996, Boxaspen and Næss, 2000, Heuch et al 2000, Stien et al 2005 med flere. Resultatene fra disse studiene er vanskelig å sammenligne på grunn av store forskjeller i forsøksoppsettene.

Lakseluspopulasjonen i Norge og i Nord-Atlanteren kan ikke deles opp i separate populasjoner (Glover et al 2011). Dette betyr at i løpet av relativ få år vil eventuelle endringer i lakselusens genetiske bakgrunn spres i hele populasjonen (Besnier et al 2014). Vi kan derfor anta at lus i Norge ikke er tilpasset spesielle områder. Lakseluslarver spiser ikke før de er blitt kopepoditter og har infisert en fisk. Inntil da overlever de på plommemassen som holusen har deponert i hvert egg. Fra studier hvor lus er overført fra en temperatur til en annen, kan vi se at eggleggende hunner tilpasser sine egg til temperatur. Dette skjer høyst sannsynlig ved at mengden av egg og mengden av plommemasse som legges inn i hvert egg justeres. Mengden av energi i egget avgjør hvor lenge en larve kan overleve innen den finner sin vert og begynner å spise som kopepoditt. I varmere vann vil luselarver både utvikle seg forttere til kopepoditter, og bruke opp sin energi forttere. Infestasjonsvinduet til lakselus er i dag antatt å ligge fra 50-150 døgngader, noe som danner grunnlag for smittespredningsmodeller (Asplin et al 2014, Johnsen et al 2014). Men ikke-publiserte data indikerer at disse tallene ikke er korrekte i hele temperaturskalaen. Som et resultat av årstidsvariasjoner og geografisk lokalitet, vil temperaturen i sjøen ofte variere mye, og dette vil gi store utslag på mengden av lakselus kopepoditter i sjøen og dermed smittepresset på vill- og oppdrettsfisk.

Prosjektets omfang

Prosjektet bestod av karforsøk hvor lakselusens utvikling ble holdt ved seks ulike temperaturer. Lusene ble fulgt fra tilpasning av mødre til temperatur og frem til produksjon av kopepoditter.

Prosjektorganisering

Prosjektleder: Sussie Dalvin

Prosjektgruppe: Frode Oppedal, Lars Asplin, Tim Dempster, Fransisca Samsing og Ingrid Johnsen

Styringsgruppe: Geir Magne Knutsen, Marit Stormoen og Ketil Rykhus.

2. Problemstilling og formål

Formålet med prosjektet var å undersøke overlevelse og smittbarhet av lakselus ved utvalgte temperaturer korresponderende til temperaturer i merdmiljøet langs hele den delen av norskekysten som har oppdrett av laks og ørret. Alle forsøk ble utført ved seks ulike temperaturer.

- Måle utviklingshastighet fra klekking av egg til kopepoditt (spredningspotensial)
- Måle lengden av kopepodittstadiet (infestasjonsvinduet)
- Innhente laboratoriedata på reprodutiv aktivitet og overlevelse ved ekstreme temperaturer

3. Prosjektgjennomføring

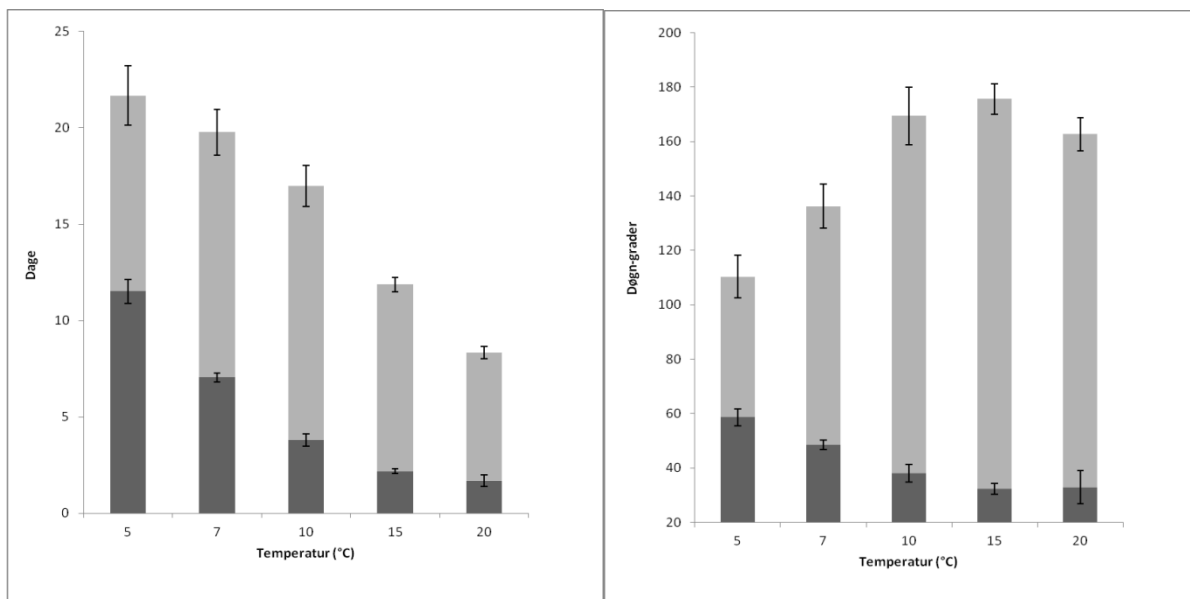
Forsøket ble gjennomført ved Havforskningsinstituttet (HI) sine fasiliteter i Matre (Masfjorden). Lus til bruk i forsøket ble hentet fra fisk i sjøen slik at forsøket avspeiler de biologiske egenskaper (med tanke på resistens og ev. tilpasninger i lakselusen sin livsstrategi til akvakulturaktiviteter) til den populasjon av lus som fantes i sjøen våren 2015 (Austevoll, Hordaland). Fisken ble smittet ved 10 °C og deretter gradvis tilpasset ønsket temperatur før kjønnsmodning og innsamling av eggstrenger. De valgte temperaturene er basert på temperaturen langs kysten og innspill fra ulike industriaktører på behov for økt viten. De valgte temperaturer var 3, 5, 7, 10, 15 og 20 °C.

Eksperimentelt forløp:

- Eggstrenger ble innsamlet fra lakselus på atlantisk laks i sjø og klekket i laboratorie
- Alle grupper ble infisert på 10 °C og holdt på denne temperatur frem til chalimus-stadiet
- Heretter ble temperaturen justert til valgt temperatur, og fisken ble holdt til lusene var voksne og produserte eggstrenger
- Eggstrenger (første eggstreng ble IKKE brukt) ble innsamlet, fotografert og lagt til klekking
- Klekking, utvikling til kopepoditt og opphør av svømmeaktivitet ble loggført
- Kopepoditter klekt ved 5, 10 og 20 °C ble også brukt til smitteforsøk for å bestemme smitteeffektivitet

4. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon

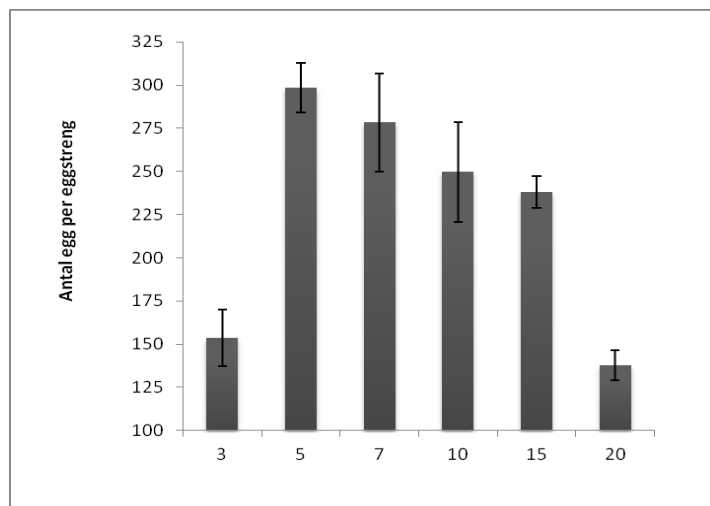
Total overlevelse i tid var lengst ved kalde temperaturer og det infestøse vinduet var lengst (i dager) ved 7-10 °C. De to naupliusstadiene er markert i mørkegrå og kopepodittstadiet i lysegrå.



Figur 1. Den infestøse vinduet. Lengde av larvestadier er angitt som gjennomsnitt i dager med standard avvik.

Lakseluslarver produsert ved høye temperaturer var signifikant mindre: Voksne holus produsert ved 20 °C er 20 % mindre (one-way ANOVA, $P < 0.001$).

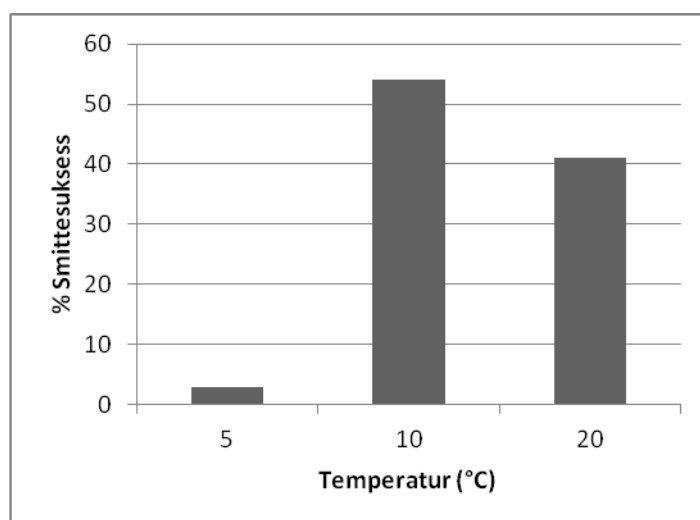
Ved ekstreme temperaturer produserte lakselus kortere eggstrenger med færre egg i: Voksne holus produsert ved 3 eller 20 °C hadde 40 % kortere eggstrenger (one-way ANOVA, $P < 0.001$) med 40-50 % færre egg (one-way ANOVA, $P < 0.001$).



Klekkesuksessen av egg var høyest ved varme temperaturer: Ved 15 og 20 °C var suksessen 100 %, ved 5, 7 og 10 °C over 75 % og ved 3 °C 50 %

Liten produksjon av kopepoditter på 3 °C: Selv om holusen la egg og 50 % av disse klekte, utviklet ikke naupliuslarvene seg til kopepoditter.

Smittesuksess er lav ved 5 °C: Kopepoditter produsert ved 5, 10 og 20 °C ble brukt til å smitte laks. Den høyeste smitteeffektivitet ble oppnådd på 10 °C.



Diskusjon og konklusjon: Lengde av nauplius- og kopepodittstadiene rapportert her er til dels i godt samsvar med tidligere publiserte data, men dette er det første sammenhengende datasettet som dekker alle temperaturer som er relevante for lakselusen sin utbredelse i Norge. Dette datasettet er også unikt i og med at alle egg som er brukt, er produsert av mødre akklimatisert før initiering av eksperimentet. Lakselus brukt i studiet er hentet fra sjøen våren 2015 og avspeiler derfor den nåværende populasjonen av lakselus langs norskekysten. Vi har ikke sett noen signifikante endringer i levetid sammenlignet med tidligere rapporter, men grunnet store forskjeller i metodikken er det vanskelig å detektere mindre forskjeller.

Ikke overraskende var lengde på overlevelse, eggproduksjon og evne til å infisere laks stor ved temperaturer mellom 7 og 15 °C. Ved 20 °C var eggklekkingen maksimal og smitteevnen god, men det ble produsert færre egg og lengden på overlevelse var kort. Dette vil ha betydning for lusen sin evne til å spre seg. Ved 5 °C var levetiden lang og eggens klekkeevne høy, men evnen til å infisere fisk var veldig lav. Ved 3 °C produserte lakselusen også færre egg, men av større betydning er den manglende produksjon av kopepoditter. Til sammen indikerer disse resultatene at lusen sin evne til å spre seg og infisere ny fisk er nedsatt ved 5 °C og sterkt begrenset ved 3 °C.

Nytteverdi for sjømatnæringen og videre anvendelse av resultater fra prosjektet:

Resultatene fra dette forsøket gir verdifull viten om produksjonsoverlevelse av lakseluslarver ved ulike temperaturer. Spesielt gir prosjektet ny viten om lakselusen sin respons til høye og lave temperaturer. Resultatene fra dette prosjektet er nyttig i forhold til planlegging av lusehåndtering hos enkeltoppdrettere langs hele kysten. Bedre tall for smitterisiko er også positivt for målrettet innsats, spesielt ved lave temperaturer og i forhold til tidlige tiltak om våren/forsommeren når temperaturene begynner å stige. Forsøkene gir også mer viten om reprodutiv aktivitet og overlevelse av lus ved høye temperaturer, hvor håndtering av lus må ta høyde for reprodutiv aktivitet med god eggklekking. Spredning av lus ved høy temperatur er signikant, men begrenset i tid. I tillegg til disse resultatene, må det gjøres nye tilsvarende temperaturforsøk for å fastslå utviklingstider for resten av lakselusens livssyklus. Disse forsøkene bør også se på fiskens overlevelsessuksess. Dette vil gi gode verktøy for oppdretter til å forutsi utviklingen av infestasjoner både i tid og mengde.

Resultatene fra dette prosjektet vil også bidra til å ytterligere øke kvaliteteten og treffsikkerheten på de hydrodynamiske modellene av lakselusmitte og spredning. Denne typen modeller vil være et viktig bidrag til optimal lokalisering av akvakulturanlegg, og et nødvendig verktøy for etablering av soner og den fremtidige forvaltningen av akvakulturnæringen.

5. Leveranser

- Presentasjon av arbeidet på tre konferanser (Jan 2016, FHF-møte om ikke-medikamentelle løsninger, Programkonferansen HAVBRUK april 2016 og SeaLice2016, september Irland).
- Vitenskapelig manuskript hvor forsøksresultater publiseres (innsendelse senest feb 2016).
- Vitenskapelig manuskript innen 1. april 2016 hvor forsøksresultater brukes i hydrografisk modellering.

6. Referanser

- Asplin L, Johnsen IA, Sandvik AD, Albretsen J, Sundfjord V, Aure J, Boxaspen KK (2014) Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord. *Mar Biol Res* 10:216-225.
- Besnier F, Kent MP, Skern-Mauritzen R, Lien S, Malde K, Edvardsen R, Taylor S, Ljungfeldt L, Nilsen F, Glover K. Human-induced evolution caught in action: SNP-array reveals rapid amphi-atlantic spread of pesticide resistance in the salmon ectoparasite *Lepeophtheirus salmonis*. *BMC Genomics* 2014 (15).
- Boxaspen K, Næss T (2000) Development of eggs and the planktonic stages of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) at low temperatures. *Contr Zool* 69:51-55.
- Glover KA, Stølen ÅB, Messmer A, Koop BF, Torrissen O, Nilsen F. Population genetic structure of the parasitic copepod *Lepeophtheirus salmonis* throughout the Atlantic. *Mar Ecol Prog Ser* 2011 ;Volum 427. s. 161-172.
- Gravil HR (1996) Studies on the biology and ecology of the free swimming larval stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer, 1838) and *Caligus elongatus* Nordmann, 1832 (Copepoda: Caligidae). Doctor of Philosophy, University of Stirling, U.K.
- Heuch PA, Nordhagen JR, Schram TA (2000) Egg production in the salmon louse [*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)] in relation to origin and water temperature. *Aquac Res* 31:805-814.

- Johnsen IA, Øyvind F, Sandvik AD, Asplin L (2014) Vertical salmon lice behaviour as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system. *Aquac Environ Interact* 5:127-141.
- Johnson SC, Albright LJ (1991) The developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligidae). *Can J Fish Aquat Sci* 69:929-950.
- Ritchie G, Mordue AJ, Pike AW, Rae GH, Boxshall GA, Defaye D (1993) The reproductive output of *Lepeophtheirus salmonis* adult females in relation to seasonal variability of temperature and photoperiod. In: Boxshall GA, Defaye D (eds) *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice*. Ellis Horwood Ltd. , West Sussex, U.K.
- Stien A, Bjørn PA, Heuch PA, Elston DA (2005) Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Mar Ecol Prog Ser* 290:263-275.