

Skottelusen:

en kilde til viktig kunnskap, men også en mulig fremtidig trussel?

Skottelusen er svært flink til å smitte og utvikle seg på laks i laboratoriet. Hvorfor er ikke den da en hyppigere gjest på laks i merdene i Norge? Hvordan generalisten (skottelus) og spesialisten (lakselus) sin kamp mot vertens immunforsvar utspiller seg, kan gi grunnleggende, viktig kunnskap i jakten på nye og bedre løsninger på luseproblemet. I denne artikkelen gis en innføring i lusenes ulike biologiske strategier og evolusjonære mekanismer.

Aina-Cathrine Øvergård og Lars Are Hamre
SLRC, Institutt for Biovitenskap, Universitetet i Bergen
Aina-Cathrine.Overgard@uib.no - Lars.Hamre@uib.no



Figur 1. Skottelus er kanskje den vanligste fiskelusen å finne på fisk langs norskekysten. Voksen skottelus, hunn til venstre og hann til høyre. Legg merke til lunulene lengst fremme, dette er to små sugekopper som den voksne lusen bruker som ekstra feste til fisken. Disse er vanlige for lus i slekten der skottelusen hører hjemme (*Caligus*), men ikke i slekten *Lepeophtheirus* der lakselus hører hjemme.

Caligus elongatus trives på en rekke ulike fiskearter og er kanskje den vanligste fiskelusen å finne på fisk langs norskekysten. Den fikk kallenavnet skottelus siden den tidlig i lakseoppdrettens historie var det vanligste problemet i skotske laksemerder, mens lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) var dominerende her hjemme. I dag er skottelusen bare tidvis et problem for lakseoppdrettere her i landet, da spesielt i nordligere deler av Norge. Den har rykte på seg for å irritere laksen mer enn lakselus og en ser at fisken klør og hopper mer, noe som kan resultere i ytre skader og økt dødelighet. Men sett bort i fra dette er skottelusen en fascinerende parasitt. Ikke bare er den en generalist som klarer å leve på svært mange ulike fiskeslag (funnet på mer enn 80 ulike arter), det er heller ikke uvanlig å finne voksne individer fritt i plankton, noen ganger i store mengder. Som sikkert mange kjenner til kan disse drive inn i oppdrettsanlegg og gi plutselige og noen ganger betydelige påslag av voksne lus. Men for å klare å bli voksen må skottelusen, i likhet med andre fiskelus, ha truffet en vert da den var infektiv larve

(kopepoditt), etablert seg, spist og utviklet seg til voksen. Ute i det store havet er det ren og skjær griseflaks for en liten kopepoditt å treffe på en vert og de aller fleste sulter i hjel og dør. Dermed er det et mysterium at så mange skottelus slipper tak i den opprinnelige verten de en gang var så heldig å treffe. Mystisk er det også at den klarer å leve på så mange ulike verter. Vanligvis er fiskelus spesialister, der for eksempel lakselusen lever på ulike typer laksefisk og torskelus (*Caligus curtus*) lever på ulike torskfisk. Hvordan klarer skottelus å lure immunsystemet til så mange ulike arter og dermed unngå å bli drept? Og kan vi lære mer om både skottelus og lakselusen ved å sammenligne deres kamp mot laksens immunforsvar for å overleve? Før vi går inn på dette skal vi se litt på likheter og ulikheter mellom disse to artene.

Livet i plankton: riktig dyp betyr alt

Selv om skottelus er mindre enn lakselusen så er de anatomisk nokså like, men med noen små og viktige forskjeller. I det embryoet er nesten fullt utviklet og egget nærmer seg klekking begynner de første forskjellene å bli synlige. På dette stadiet begynner pigmentcellene å danne pigmenter, og fargeforskjellene mellom skottelusens rødpigmenterte og lakselusens svartpigmenterte planktoniske larver trer frem. Generelt så har zooplankton som holder til i overflaten ofte svarte pigmenter for å beskytte seg mot UV-stråling, mens de som holder til lenger nede har gjerne mere rødfarger som gir lite synlighet og beskyttelse mot predatorer i dypere vann. Forskjeller i farge kan dermed gi et

en MODERNE MEDIA produksjon

FISKEPODDEN

*– En podkast fra VESO
for alle som er interessert
i fiskeoppdrett og havbruk*



hint om at lakselusens og skottelusens infektive stadier kanskje er tilpasset ulike dyp i sjøen. Dybdepreferanse er en første og viktig del av deres vertsspesifisitet og avgjør hvilke verter de møter. Vi vet at skottelusen er positivt fototaktisk, det vil si at den søker mot lys slik lakselusen gjør, men det finnes også studier som indikerer at de ikke holder seg helt i de samme vannlag som lakselusens larver.

Å møte en fisk: en god porsjon flaks og kraftige klør

De infektive kopepodittene som er heldige nok til å møte en fisk griper tak med kraftige klør som de hugger inn i fiskens hud for å holde seg fast (se figur 2). Kort etter begynner de å spise for første gang i livet, noe som er helt nødvendig for å skaffe næring til utviklingen som skjer inne i kroppen frem mot skallskifte til chalimus 1. Selv om skottelusen både er mindre enn lakselusen og bruker kortere tid på å bli voksen, så bruker den lengre tid på kopepodittstadiet enn det lakselusen gjør. I denne fasen kan de bevege seg på fiskens overflate på leting etter et godt sted å feste frontalfilament før første skallskifte. Frontalfilamentet festes gjennom fiskens overhud, gjerne til skjell og ben i finner. Det holder dermed lusens kropp godt festet under selve skallskiftet, men også gjennom en serie mellomstadier (chalimus) der de ikke enda har fått en kroppsform som tillater dem å bevege seg fritt på fisken. Mens lakselusen bytter filament for hvert skallskifte, så sitter skottelusens kropp fast med det samme filamentet helt frem til den er voksen, nemlig det som den lille kopepoditten fester like før første skallskiftet (se figur 3). Skottelusens kropp vokser så gjennom 4 chalimus stadier før den blir voksen. Lakselusen klarer å utvikle en sugekopp-kropp som ligner de voksnes allerede etter bare 2 chalimus-stadier, og lever dermed fritt på fisken som preadult 1 og preadult 2 mellom de neste to skallskiftene frem til voksen. Kjedelige bagateller for mange kanskje, men viktig når vi skal se på detaljene i de punktene der lus og fisk møtes.

Kampen for tilværelsen i møtet med fisken

Alle levende organismer har sine parasitter og et immunforsvar for å beskytte seg mot disse. Det foregår et konstant evolusjonært kappløp mellom vert og parasitt der det er utviklet kompliserte mekanismer på begge sider; verten prøver å kvitte seg med parasitten mens parasitten på sin side prøver å motstå vertens forsvar. Det er her sammenligningen mellom skottelusens og lakselusens begynnelse å bli

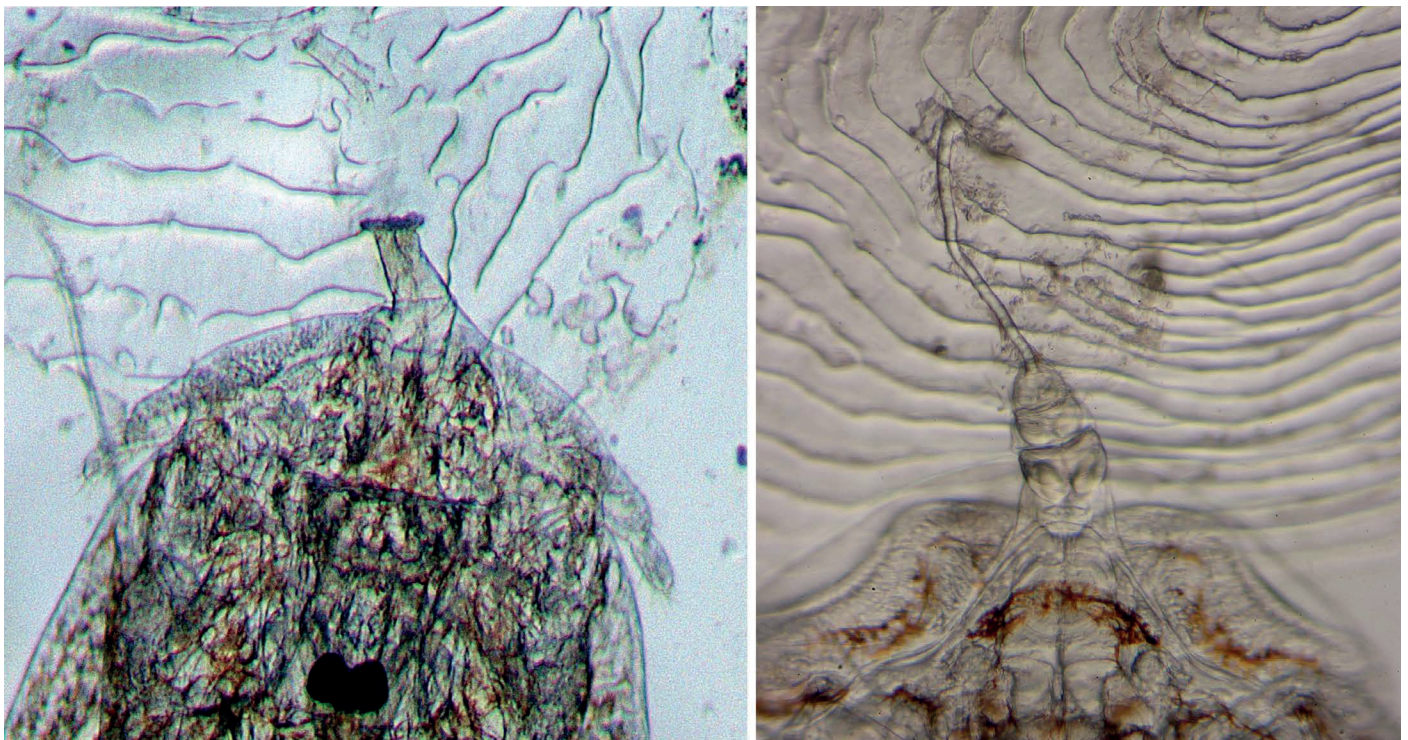


Figur 2. Kopepoditter fra ulike arter av fiskelus. Øverst ser vi en lakselus, i midten en skottelus og nederst en torskelus som er tatt med for å illustrere klørne de bruker til å feste seg på fisken. Disse er godt synlige på bildet av torskelus nederst og delvis på bildet av skottelus. Merk og lakselusens sorte pigmenter og de røde pigmentene vi finner hos både skottelus og torskelus. Foto: Lars Hamre og Christiane Eichner

virkelig spennende. På tross av at den er en generalist så ser vi at skottelusens kopepoditter smitter og utvikler seg på laksen med nesten lik suksess som lakselusen. Dessuten er skottelusens kjent for å irritere laksen betydelig mer enn lakselusen, noe vi også ser i laboratoriekulturene våre. Allerede idet de ørsmå kopepodittene fester seg til fisken med klørne sine, er det tydelig at fisken kjenner det. En liten stund etter smitte så roer fiskene seg midlertidig og virker lite plaget i de tidlige stadiene der både skottelusens og lakselusens hovedsakelig bare spiser av overhuden, og i liten grad trenger ned til blodårene i lærhuden. Vi ser også at frontalfilamentet de er festet med gir lite reaksjoner i laksens hud og man ser lite tilstrømming av farlige immunceller til der lusen sitter i denne fasen. Men idet lakselusen når de mobile preadulte stadiene trenger de dypere ned i lærhuden for å spise blod, og de tiltrekker seg nå flere immunceller samt at de begynner å irritere og skade fisken i større grad. Voksne skottelus (se figur 1) spiser også blod, og det er nå vi virkelig begynner å se at skottelusens, på tross av deres beskjedne størrelse, er en større plage for fisken.

Kunsten å manipulere: eksokrine kjertler

Fiskelus må under hele sin parasittiske tilværelse være nødt til å håndtere potensielt farlige immunkomponenter fra fisken for å overleve, enten ved å unngå dem, inhibere dem eller bryte dem ned. Man har lenge trodd at lakselusen skiller ut såkalte immundempende faktorer for å greie dette. Forskning rundt immundempende faktorer har derfor vært et sentralt tema ved Sea Lice Research Centre (SLRC), siden kunnskap om disse kan gi oss nye og mer effektive metoder for å håndtere lakselusproblemet. Sentralt i å produsere slike immundempende faktorer er noe som på fagspråket kalles eksokrine kjertler og disse finner man inne i lusen. Dette er kjertler som tømmer sitt sekret til overflater og hulrom via utførselskanaler, der menneskets spyttkjertler er eksempler på slike. Våre spyttkjertler produserer både slim og enzymer som sekreseres inni munnen vår for å bløte opp og starte nedbrytningen av maten vi spiser. Lakselusen har også spyttkjertler, men lusens utførselskanaler går et stykke ut i den avlange tubeformede munnen og ender opp ytterst i munnen.



Figur 3. Frontalfilamenter. Venstre: lakselus chalmus 2 festet med sitt korte og tykke filament til benvevet i et fiskeskjell. Merk det gamle og mindre filamentet som fremdeles sitter fast like ovenfor. Høyre: en skottelus chalmus 4 med sitt lange og tynne filament festet til benvev i et fiskeskjell. Det tykke partiet nærmest lusen består en serie noder der en ny node er blitt festet for hvert skallskifte. Ved å telle disse kan en enkelt stadiumbestemme skottelus.

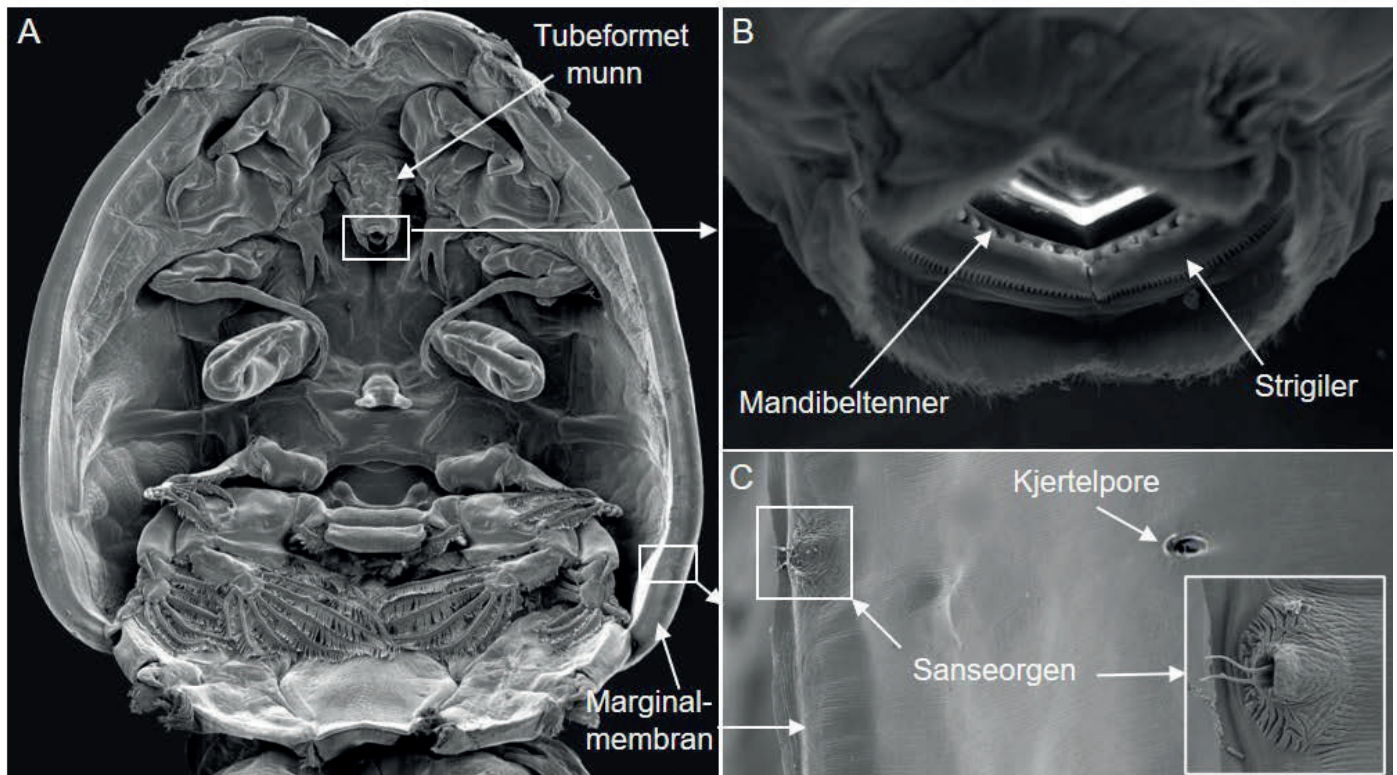
Her kan man se såkalte mandibeltenner (se figur 4), og det er langs disse mandiblene spyttet til lakselusen ender opp slik at det møter huden til laksen der lusen spiser. Gjennom arbeidet i SLRC har vi funnet en rekke proteiner i spyttet som ser ut til å dempe laksens immunrespons på ulike måter, og vi har dermed bekreftet teorien om at lakselusen faktisk demper immunresponsen til laksen. Spyttkjertlene til lakselusen er ferdig utviklet allerede idet de er klare til å sette seg på en vert på kopepoditt stadiet. Men når lakselusen kommer til de mer skadelige bevegelige stadiene, så dukker det opp en ny kjerteltype. De bevegelige stadiene har som nevnt en sugekoppformet overkropp, denne gjør at lusen kan bevege seg fritt på fisken og samtidig holde seg fast. Sugekoppen er utstyrt med en forseglende membran langs randen, og det er på undersiden av denne membranen de nydannede kjertlenes utførselskanaler ender (se figur 4). Når lakselusen sitter på fisken er membranen i tett kontakt med fiskens hud, og kjertlenes innhold

blir sektrert direkte på fisken. I nærheten av kjertlenes porer har vi også funnet små sanseorganer som antagelig registrerer lakselusens bevegelse og kontakt med fisken. Vi vet fremdeles ikke hva disse kjertlene produserer, men vi har en teori om at de skiller ut stoffer som demper laksens hudirritasjon.

Hvilken strategi har skottelusen for å overleve på fisken?

Gjennom ModuLus, et prosjekt finansiert av FHF, har vi fått mulighet til å se videre på lakselusens kjertler og deres produkter, men vi skal her også studere skottelusens kjertler og se nærmere på de molekylære interaksjonene mellom skottelusen og laksen. Dette gjør vi fordi det ligger et stort potensial i sammenligningen mellom generalisten (skottelus) og laksespesialisten (lakselus) for å oppdage viktige faktorer som er avgjørende for lakselusens vertsspesifisitet, men også

fordi skottene begynner å bli plagsomme i norsk oppdrett. Vi ser at skottelusen i likhet med lakselusen har en spyttkjertel, men kjertlene som hos lakselus er knyttet til membranen langs randen av overkroppen finner vi ikke. Dette styrker teorien om at disse mystiske kjertlene demper hudirritasjon forårsaket av lakselusens bevegelige stadier. I ModuLus-prosjektet skal vi dessuten gå dypere til verks og sammenligne i detalj hvordan disse to typene fiskelus modulerer laksens immunrespons gjennom ulike stadier i utviklingen. Særlig interessant blir dette for de voksne stadiene, der den lille skottelusen spiser langt mindre fra fisken, men likevel klarer å irritere den langt mer. Detaljer rundt hudskadene og immunresponsen som skottelusen gir på laks er lite studert, men en studie har vist at det er en svært begrenset tilstrømning av immunceller til der unge stadier av skottelus er festet med filamentet. I våre forsøk så langt ser det faktisk ut til at generalisten skottelus gir mindre immunresponser rundt de fastsittende



Figur 4. A) Viser nærbilde av den sugekoppformede overkroppen til lakselusen, med alle dens klør og føtter. Lakselusens tubeformede munn, samt marginalmembranen som går langs hele overkroppens rand er merket av. Marginalmembranen er en tynn hinne som for det meste består av det samme som skallet som dekker resten av lusen. B) Nærbilde av munnen, der man kan skimte mandibeltennene bak en struktur som kalles strigiler. Begge disse er trodd å være viktig for lusen når den skal tygge i seg hud og for å beite seg ned til lærhuden til laksens blod. C) Nærbilde av lakselusens marginalmembran der utførselskanalen til en av mange tegmental type 3 kjertler ender opp i en pore. Sanseorganet er også synlig som sitter akkurat i kanten av overkroppen der marginalmembranen starter.

stadiene enn det spesialisten lakselus gir. Og her ligger kanskje svaret på hvorfor skottelusen er så god til å finne et trygt hjem på så mange forskjellige fiskearter, et svar som ikke nødvendigvis trenger å ligge gjemt i skottelusens kjertler.

Hvorfor lykkes ikke skottelusen bedre på oppdrettslaksen?

Frem til for noen år siden har skottelusens tilstedeværelse i norske oppdrettsanlegg i store trekk vært anonym og begrenset. Lakselusen, som har langt høyere fekunditet enn skottelus, har vært den dominerende arten på oppdrettslaks i våre farvann. Men skottelusens nære slektning *Caligus rogercresseyi*, som har mange likhetstrekk med skottelusen, har derimot i mange år skapt store problemer for chilensk oppdrettsnæring. Laksefisk fantes ikke sør for ekvator før vi mennesker introduserte dem der, og *C. rogercresseyi* levde opprinnelig på en rekke ulike lokale fiskeslag og ikke på laks. Men med tiden ble det rikelig av den på laks i merder. Så det er kanskje underlig, når vi ser hvor flink skottelusen er til å smitte og utvikle seg på laks i laboratoriet, at ikke skottelusen også er en hyppigere gjest å finne på laks

i merdene her i Norge? Søker skottelus kopepodittene mot dypere vannlag enn lakselusen? Eller kan det være at de mange behandlingene mot lakselus rett og slett har gjort oppdrettslaksen til en lite egnet vert? Skottelusen er antagelig mer sårbar for medisiner siden hoveddelen av skottelus populasjonen er å finne på villfisk langs kysten og et slikt stort refugium av lus som aldri blir behandlet gjør at de ikke utvikler resistens i samme grad som lakselusen. Et spørsmål er om noe vil endre seg i årene fremover, eller kanskje er i ferd med å endre seg allerede, nå som vi håndterer lakselusproblemet på nye måter. Hva er konsekvensene av begrenset medisinbruk, eller ny teknologi som for eksempel lukkede anlegg med dypvannsinntak, eller nye typer anlegg som tvinger fisken dypere ned i vannet? Kan dette gi skottelusen anledning til bedre å tilpasse seg et liv på laks i merd? Hvis ja så kan det være avgjørende allerede nå å sammenligne hvordan generalisten og spesialisten sin kamp mot vertens immunforsvar utspiller seg, både siden det kan gi oss grunnleggende viktig kunnskap i jakten på nye og bedre løsninger på luseproblemet, men også som historisk dokumentasjon og som kunnskapsgrunnlag for å forstå eventuelle evolusjonære endringer i fremtiden •



kiwa

Sertifisering for ansvarlig oppdrett

Dokumenter at du utøver ansvarlig oppdrett som oppfyller lovforskrifter og miljø- og fiskehelsekrav.

firmapost@kiwa.com | Tlf.: 22 86 50 00 | www.kiwa.no/mat

Trust
Quality
Progress