



UIT

NORGES  
ARKTISKE  
UNIVERSITET

Fakultet for biologi, fiskeri og økonomi, Norges fiskerihøgskole

# Infestasjon med bendelorm (*Eubothrium* sp.) i oppdrettslaks (*Salmo salar* L.) i sjø

En kartlegging av smittedynamikk hos vår- og høstutsett i Hordaland

**Trine Elisabeth Sakariassen**

*Masteroppgave i Fiskehelse (60p)*

*Mai 2019*





## Forord

*Denne masteroppgaven ble utført ved Norges Fiskeriskole, Fakultet for biovitenskap, fiskeri og økonomi, Universitetet i Tromsø – Norges Arktiske universitet. Forskningsprosjektet ble utført for Veterinærinstituttet – og finansiert av FHF. Prosjektet var en del av et samarbeidsprosjekt mellom Veterinærinstituttet, VESO, MOWI, Lerøy og Skretting. Oppgaven ble påbegynt i april 2018 og avsluttet i mai 2019.*

*Først vil jeg takke Veterinærinstituttet, med veileder Haakon Hansen i spissen for tilliten og muligheten til å bli med og gjennomføre dette prosjektet. Det har vært utrolig spennende, men samtidig utfordrende på mange måter. Jeg vil takke Haakon, Sigmund Sevatdal og Egil Karlsbakk som har vært mine hovedveiledere gjennom denne prosessen. Jeg vil gjerne takke dere for gode råd og tett oppfølging, samt utfordringene dere har gitt meg gjennom denne masterperioden. Jeg vil også gi en takk til MOWI og Lerøy, og deres ansatte for å ha stilt opp med lokaliteter og forsynt oss med fisk/tarmer, noe som har gjort denne studien mulig. Jeg vil også takke Roar Kristoffersen, som har vært min formelle veileder her på UiT, for at du stiller opp når det trengs.*

*Det må også gis en takk til medstudenter og menneskene som har stått meg nær i de siste fem årene. Jeg setter stor pris på støtten og de gode samtalene vi har hatt i løpet av årene her ved UiT. Det har vært en utrolig lærerik, spennende og utfordrende reise. Takk til alle som har gjort disse fem årene til de herlige årene de har vært. Til slutt vil jeg sende en stor takk til min familie for at dere alltid har gitt meg støtte og motivasjon gjennom mine studieår. Tusen takk!*

*Tromsø 15. mai 2019*

*Trine Elisabeth Sakariassen*

Trine Elisabeth Sakariassen



# Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon .....	1
2	Materiale og metoder .....	6
2.1	Beskrivelse av kohorter og område .....	6
2.2	Analyser av prøver .....	8
2.2.1	Metode 1 .....	8
2.2.2	Metode 2 .....	9
2.2.3	Telling og veiing .....	9
2.2.4	Identifisering av parasittene .....	10
2.3	Behandling av data .....	11
2.4	Termologi .....	12
2.5	Statistikk .....	12
3	Diskusjon av metoder .....	13
4	Resultater .....	14
4.1	Forskjeller i smittedynamikk om høsten og våren .....	14
4.2	Sammenhengen mellom vertens størrelse og bendelormens abundans. ....	18
4.3	Vekst og utvikling av <i>Eubothrium</i> sp. over tid. ....	19
4.4	Oppdrettsbetingelser og laksens vekst igjennom studieperioden .....	24
5	Diskusjon .....	27
6	Konklusjoner og mulige tiltak .....	34
	Referanseliste .....	36
	Appendiks I - Bendelormens fordeling i verten og vertspopulasjonen .....	41
	Appendiks II – Laksens vekst gjennom studieperioden .....	43
	Appendiks III - Oppsummeringstabeller over rådata .....	45
	Appendiks IV - Spearmans rank korrelasjonskoeffisient .....	49

## Sammendrag

Det har i flere år blitt rapportert om økte forekomster av bendelorm i oppdrettslaks i Norge. Det ble derfor etablert et prosjekt i 2017, FHF 901449. Denne studien utgjorde en del av dette prosjektet. Det har blitt satt spørsmål om tidspunkt for utsett av smolt og om størrelsen på fisken påvirker infestasjonsdynamikken til parasitten. Hensikten med denne studien var dermed å undersøke infestasjonen gjennom starten av produksjonssyklusene av laks ved ulike årstider, og se på hvordan infestasjonen utviklet seg over tid. Fire fiskegruppene var fordelt på to lokaliteter. Den ene lokaliteten hadde to fiskegrupper satt ut i sjøen høsten 2017, mens den andre hadde to fiskegrupper satt ut i sjøen våren 2018. Lokalitetene var lokalisert i Hordaland, og ble fulgt i perioden oktober 2017 – November 2018. Det ble undersøkt totalt 600 fisk fordelt på fiskegruppene. Den marine varianten, *Eubothrium* sp. følger en sesongmessig syklus, der det tilsynelatende observeres en høyere infestasjon om sommer og utover høsten/tidlig vinter, og en lavere infestasjon om våren. Dette hadde trolig sammenheng med tetthet av infiserte mellomverter gjennom året. Det ble ikke observert kontinuerlig infestasjon gjennom studien. Andelen unge stadier avtok, kombinert med et økt innsalg av store individer utover studieperioden. Det ble ikke påvist infestasjon i perioden mars- mai i vårutsettene. Fisk satt ut på våren hadde en klart mere begrenset infestasjon enn fisk satt ut på høsten. Fisk satt ut på høsten hadde høy prevalens og gjennomsnittlig abundans av parasitten allerede en måned etter utsett i sjø, og nådde en maksimal prevalens på rundt 100% løpet av studieperioden. Vårutsett nådde en prevalens på maks 60% og 87% gjennom studieperioden, men en betydelig lavere gjennomsnittlig abundans. Ved en høy infestasjon ble det observert et fall i gjennomsnittlig abundans, der intraspesifikk konkurranse trolig var årsaken, i tillegg til lav rekruttering av nye parasitter. Vekst og utvikling av *Eubothrium* sp. i fisken var relatert til antall parasitter i infrapopulasjonen. Det ble observert at de mest infiserte fiskene hadde primært unge stadier, men etterhvert som de ble færre og større økte likevel totalvekten av parasittene. Det ble påvist en negativ korrelasjon mellom laksen størrelse og bendelormens abundans i kraftige infestasjoner. Trolig var årsaken at små fisk er mer tilbøyelig til å beite mer på copepoder som var infisert med bendelormlarver. Korrelasjonen forsvant ettersom fisken vokste, som kunne relateres til at større fisk beiter mindre på copepoder, i tillegg til redusert rekruttering av nye parasitter gjennom året. Basert på resultatene i denne studien, synes det med hensyn til *Eubothrium* sp. infestasjon, gunstig å sette ut smolt om våren, da det kan føre til mere begrenset bendelorminfestasjoner.

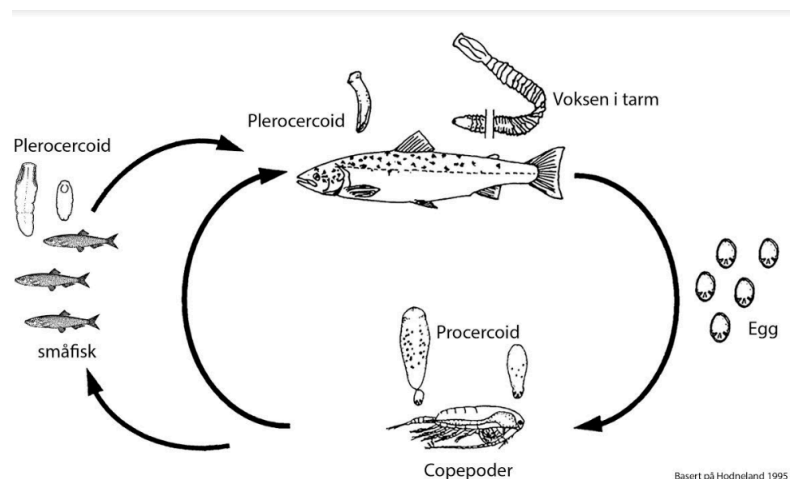
# 1 Introduksjon

Norge har lang erfaring med lakseoppdrett, og er av de fremste på området i verden. Oppdrett av atlantisk laks (*Salmo salar*) i Norge begynte tidlig i 1970 årene, og det er med tiden opparbeidet god kunnskap om arten som oppdrettsfisk. Laks er en anadrom fisk, dvs. at den lever deler av sitt liv i ferskvann og deler av livet i havet. I vill tilstand vil laks vandre opp i elvene for å gyte. Villaksen vil leve sine første år i elvene før den migrerer til havet. For å migrere fra elver til havet er laksen nødt til å tilpasse seg et liv i saltvann, dette skjer ved en prosess kalt smoltifisering. Laksen gjennomgår da fysiologiske endringer som gjør den i stand til å gå fra ferskvann til saltvann (Heggberget et al., 1992). For å benytte laks som oppdrettsfisk er det viktig å ta hensyn til denne livssyklusen. Derfor begynner produksjon av laks i lukkede tanker på land, og avsluttes hovedsakelig i merder i sjøen. Når laksen er smoltifisert blir den satt ut i sjø som smolt, og regnes vanligvis som slakteklar når der har oppnådd en vekt på ca. 4 kg (Bernhoft & Fardal, 2007). Dette tar ca. 12-18 måneder. Smoltifiseringen kan manipuleres av oppdrettere, slik at det er mulig å lage smolt gjennom hele året. Utsett på de ulike årtidene byr også på ulike utfordringer gjennom året på grunn av ulike patogener, inkludert parasitter.

Parasitter er organismer som sameksisterer med andre organismer (verter) på bekostning av disse. Typisk får parasitten sine næringsstoffer fra verten, og forbindelsen er ødeleggende for verten (Tønjum, 2018). Noen parasitter har kun én vert i sin livssyklus, mens andre kan ha flere verter, som de på obligat vis skifter imellom i forløpet av livssyklusen (Gjerde, 2011). Den dyrearten, hvor parasitten oppnår å bli kjønnsmoden, kalles sluttvert (Gjerde, 2011). Produksjon av laksefisker (salmonider) er ofte assosiert med et bredt spekter av parasitter som stammer fra villfisk som lever i de samme vannmassene (Sundnes, 2003). Laks holdes i åpne merder i sjøen, hvor smittsomme agens fritt kan utveksles mellom ville og kultiverte fiskepopulasjoner (Ervik et al., 2003; Kent, 2000; McVicar, 1997). Et økende problem i oppdrettsanlegg i Norge i dag er infestasjon med bendelorm, nærmere bestemt infestasjon med *Eubothrium* sp. (Infestasjon: Inntrenging av en parasitt i en vert). Dette er temaet i denne oppgaven.

Bendelorminfestasjoner i fisk er kjent både i ferskvann og sjø. Flere av de viktigste bendelormene som infiserer laksefisk tilhører slekten *Eubothrium* (Orden: Bothriocephalidea (Kuchta et al., 2008)), hvor *E. crassum* og *E. salvelini* er kjente og mye studerte arter som er alminnelige i Norge. Det som er interessant med denne slekten er at noen arter er marine, noen ferskvannarter, og noen er i stand til å leve i begge miljøene. *E. crassum* og *E. salvelini* ser ut å tilhøre den siste kategorien (Kennedy, 1978). Det finnes en marin variant av *E. crassum*, som muligens er en egen art og derfor refereres til som *Eubothrium* sp. (Saksvik et al., 2001a). De lever som voksne i tarmkanalen til laks og ørret (*Salmo trutta*). De er lange og flate, og størrelsen kan variere fra få millimeter til flere meter. De består av en kjede av eggproduserende enheter kalt proglotider, som utvikles fra den distale enden av ormen fremre festeregion, scolex. Scolex er en spesialisert struktur, som parasitten har for å feste seg til vertsorganismens tarmslimhinne (Goater et al., 2014). Morfologien av scolex kan variere mye mellom arter.

Det er blitt gjort lite forskning på den marine varianten, *Eubothrium* sp.. Det er dermed manglende kunnskap om livssyklus. Parasitten har laks og ørret, inkludert oppdrettslaks som sluttvert (Sluttvert: Den dyrearten parasitten oppnår å bli kjønnsmoden). Ahkmerov (1962) referert i Saksvik et al. (2001b) foreslo at bare en mellomvert (Mellomvert: vert for de ikke-kjønnsmodne utviklingsstadiene (larver) til parasitten), en copepod (hoppekreps), er nødvendig i den marine livssyklusen. I et forsøk gjort av Saksvik et al. (2001b) ble laks infisert med *Eubothrium* sp. etter inntak av eksperimentelt infiserte marine copepoder (*Acartia tonsa*). Dette støtter opp Ahkmerovs teori om kun en mellomvert i den marine livssyklusen. Småfisk kan trolig fungere som transportvert (Transportvert: Midlertidig bærer av et umodent eller ukjønn stadium av en parasitt. Det skjer ingen utvikling av parasitten i transportverten.), men er ikke nødvendig i livssyklusen.



**Figur 1** - Livssyklus hos den marine *Eubothrium* sp. modifisert versjon av figur laget av Hodneland (1995). Parasitten har laks (*Salmo salar*) som sin sluttvert og copepoden *Acartia tonsa* som (eksperimentell) mellomvert. Småfisk kan trolig fungere som transportvert, men er ikke nødvendig i livssyklus.

Etablering av bendelorm i naturen bestemmes i stor grad av dens næringsvaner og habitatvalg (Bérubé & Curtis, 1986; Curtis, 1982; Frandsen et al., 1989; Henricson & Nyman, 1976; Kennedy, 1975). Habitat og næringstilgang hos oppdrettsfisk er sterkt begrenset. Laksen kan kun benytte seg av næring tilgjengelig i merdene, hovedsakelig pellets.

Det har i flere år blitt rapportert om økte forekomster av bendelorm i oppdrettslaks i Norge. I dag er det fiskehelsetjenester som gjør undersøkelser, og som regel blir ikke funn artsbestemt (Hansen & Bornø, 2018). Det antas at de fleste påvisningene er av *Eubothrium* sp., noe som er utgangspunktet for studien. Veterinærinstituttet påviste *Eubothrium* sp. hos laks på 35 lokaliteter med matfiskproduksjon i 2018, omtrent like mange som året før (36 lokaliteter) (Hansen & Bornø, 2018). Flesteparten av lokalitetene lå i sør-vest og midtre delen av Norge. Området denne parasitten forekommer ser ut til å utvides. I 2017 var det ingen lokaliteter nord for Trøndelag som hadde påvisninger (Hansen & Bornø, 2017), mens allerede i 2018 er det noen få anlegg som har fått påvisninger nord for Trøndelag (Hansen & Bornø, 2018). Bendelorminfestasjoner kan medføre økt fôrforbruk (Hansen & Bornø, 2018) og gi nedsatt tilvekst hos fisken (Saksvik et al., 2001a). I en spørreundersøkelse gjort av veterinærinstituttet meldte 41% av lokalitetene at opplevde problemer med bendelormen i 2018 (Hansen & Bornø, 2018). I dag behandles en bendelorminfestasjon i fisk med praziquantel (PZQ), men det er bekymring over resistensutvikling og behandlingssvikt av legemidlet (Hansen & Bornø, 2018).



Selv om forekomsten av *Eubothrium* sp. ser ut til å utvides, har lite forskning blitt utført på *Eubothrium* sp. i laks de siste årene. Det er derfor behov for økt forskningsfokus på flere aspekter knyttet til denne parasitten og effekten på oppdrettslaks. Det ble derfor etablert et prosjekt i 2017, med tittel «Infeksjoner med bendelormen *Eubothrium* sp. i oppdrettsanlegg i Norge; resistens, utbredelse og påvirkning på fiskehelsen» (FHF 901449), og denne masteroppgaven er en del av dette prosjektet.

Abiotiske faktorer påvirker forekomsten av parasitter på lokaliteter, og er blant annet saltholdighet, strømforhold og temperatur. Strømforhold på ulike lokaliteter kan variere sterkt, selv innen korte avstander. Avhengig av havstrømmen vil f.eks. parasitter med frittlevende spredningsstadier eller infiserte mellomverter som driver med strømmen, i ulik grad bli ført bort eller til oppdrettslandlegg. På den måten kan infestasjon mellom lokaliteter bli unikt (Strøm, 2007). Copepoder er en klasse små krepser som lever i havet og ferskvann, og utgjør en stor andel av zooplanktonet langs norskekysten. Planktoniske copepoder som ofte kan fungere som mellomverter til flere arter parasitter. Zooplankton kan drive inn i de åpne merdene etc., og laks som spiser zooplankton vil dermed ha større risiko for smitte.

Sjøtemperaturen har stor årstidsvariasjon i våre farvann, og påvirker utvikling, infektivitet og overlevelse av parasitter (Möller, 1978). Parasittinfestasjon i fisk viser ofte sesongmessige fluktasjoner (Awachie, 1966, 1968; Chubb, 1982), som ifølge Kennedy (1975) hovedsakelig skyldes variasjoner i tilgjengelighet av infektive stadier og endringer i vertens næringsvalg gjennom sesongen. Variasjon i temperaturregimet gjennom året kan føre til endringer i infestasjonsraten av parasitter mellom lokaliteter (Strøm, 2007). Om våren blir dagene lengre, og det skjer en oppblomstring av planteplankton i havet. Etterfulgt av dette vil det skje en økning i tetthet av zooplankton (bl.a. copepoder), og tilgjengeligheten av mellomverter øker. I tempererte regioner vil toppen av eggproduksjon hos parasitter med fisk som sluttvert foregå sein vår og tidlig sommer i ferskvann, og eggene vil modnes parallelt med økningen i temperatur i vannet utover sommeren (Kennedy, 1975).

Ifølge Kennedy (1970) øker parasittinfestasjonen i fisk med alderen. Dette gjelder også parasitter som har fisk som sluttvert (Skogsholm, 1990). *E. crassum* har en sesongmessig syklus i overføring, vekst og utvikling av parasitten i ørret i ferskvann (Kennedy, 1996). Kennedy (1996) rapporterte at *E. crassum* hadde et infestasjonsvindu fra tidlig sommer – tidlig høst (ca. august), der infestasjon av parasitter etter dette vinduet. Bendelormen hadde en levetid på ca. ett år, og ble kjønnsmoden sen vår, tidlig sommer. Den marine varianten kan tenkes å ha en lignende sesongmessig syklus; der modning av egg og infektive larver vil følge den økende tettheten av mellomverter. Det kan indikere at det blir mange tilgjengelige infiserte mellomverter (copepoder) fra sommer og utover høsten, og at infestasjon vil øke.

Hensikten med denne oppgaven var å undersøke infestasjonen gjennom starten av produksjonssyklusene av laks, og se på hvordan den utviklet seg over tid.

Infestasjonsdynamikken og forekomsten av *Eubothrium* sp. ble undersøkt ved to ulike lokaliteter på to ulike årstider. Det er blitt stilt spørsmål om tidspunkt for utsett til sjø og om størrelsen på fisken påvirker infestasjonen til bendelormen. Dersom smittetidspunktet er begrenset til en bestemt tid på året og/eller er knyttet til størrelsen til fisken, kan infestasjonen kontrolleres ved å unngå utsett i den aktuelle tiden eller den aktuelle størrelsen.

Problemstillingene i oppgaven oppsummeres i følgende spørsmål:

- 1) Hvordan er smittedynamikken til den marine *Eubothrium* sp. i oppdrettsanlegg? Når smittes fisken etter utsett i sjø, og vil det være en kontinuerlig smitte med nye parasitter gjennom året?
- 2) Er det forskjell i infestasjon på fisk satt ut på høsten og fisk satt ut på våren?
- 3) Finnes det en korrelasjon mellom fiskens størrelse (vekt og lengde) og bendelormens abundans? Har størrelse en betydning på infestasjon?
- 4) Hvordan er utviklingen av bendelormen i fisken etter infestasjon gjennom studieperioden?

## 2 Materiale og metoder

### 2.1 Beskrivelse av kohorter og område

Denne studien er en kohortstudie, hvor grupper (kohorter) av laks følges fra smoltstadiet og videre gjennom produksjonssyklusen i anlegg. Kohortstudie er en studie hvor en følger en gruppe individer over tid og ser hvem som utvikler sykdom. Spesifikt vil en se på når den bestemte kohorten blir infisert med bendelormen *Eubothrium* sp. og følge denne infestasjonen utover produksjonen.

I denne oppgaven følges fire kohorter, alle lokalisert i Hordaland (Figur 2). Dette er fire ulike fiskegrupper fra ulike smoltanlegg, som ble satt ut i sjø ved ulike tidspunkt og på to lokaliteter. Hver fiskegruppe fikk tildelt et kohortnummer som fulgte dem igjennom hele studien. Det ble satt ut totalt ca. 200 000 fisk pr. kohort, og det ble i løpet av denne studien analysert totalt 600 fisk fordelt på de fire kohortene.



**Figur 2** - Kart over studieområdet viser lokaliseringen av de to lokalitetene med i denne studien. To kohorter satt ut på lokalitet 1 (4+5) og to kohorter satt ut på lokalitet 2 (11+12), alle lokalisert i Hordaland, Norge.

De fire kohortene er fordelt på to lokaliteter hvor to kohorter (4+5) ble satt ut på lokalitet 1 høsten 2017 og de to andre (11+12) på lokalitet 2 våren 2018. Kohort 4 ble satt ut på lokaliteten 24.10.2017, og kohort 5 08.09.2017. Kohort 11 ble satt ut på lokaliteten 04.04.2018, og kohort 12 ble satt ut 28.02.2018. Lokalitetene ble valgt fordi de ligger nær hverandre, og gir dermed et relativt likt utgangspunkt mht. miljøforhold (f.eks. saltholdighet, temperatur).

Prøveuttak for denne studien begynte høsten 2017 og ble avsluttet våren 2019. Det ble for hver kohort tatt prøveuttak med jevnlig mellomrom. Første prøveuttak ble tatt i ferskvann (smoltanlegg) før sjøutsetting, med unntak av kohort 11 og 5. Første uttak for disse kohortene ble tatt etter laksen hadde blitt satt ut i semi-lukkede merder. Her ble de holdt en stund før de ble flyttet til vanlig merder. Første prøveuttak fungerte som kontroll på om fisken alt var blitt infisert i ferskvann, i så fall ville den være lite egnet til å kartlegge infestasjon etter sjøsetting. Neste prøveuttak ble så tatt omtrent én måned etter sjø-utsett, og deretter hver tredje måned for å følge infestasjonen gjennom produksjonen (tabell 1).

Prøveuttakene ble utført av ansatte på lokalitetene. For samtlige kohorter ble det tatt ut 30 fisk hvert prøveuttak. Fisken ble tilfeldig valgt fra merdene, og ble fanget ved hjelp av en håv. Fisken ble så avlivet ved enten overdose med bedøvelse (Benzocain) eller med et slag mot hodet. Det ble målt lengde og vekt før tarmkanalen (mage- endetarm) ble fjernet og lagt separat i en plastpose for hver fisk. Plastposene ble så merket i henhold til detaljer gitt av prosjektleder (fiskenummer, dato ved uttak og kohortnummer). Tarmene ble så fryst ned på stedet for senere forsendelse til Veterinærinstituttet eller UiT. Det ble fra kohort 4 og 5 sendt hel fisk fra første prøveuttak (ferskvannuttak), da fiskene var små. Lengde og vekt av disse ble målt på laboratoriet.

**Tabell 1** – Tidspunkt over prøveuttak igjennom studieperioden (okt. 2017 – nov. 2018) i kohortgruppene på de to lokalitetene med i denne studien. Kohort 5+4 ble satt ut høsten 2017, kohort 11 + 12 ble satt ut våren 2018.

Lokalitet/Kohort	Prøveuttak / tid i sjø					
	U1	U2	U3	U4	U5	U6
	<i>Ferskvann</i>	<i>1 mnd</i>	<i>3 mnd</i>	<i>6 mnd</i>	<i>9 mnd</i>	<i>12 mnd</i>
Lok 1/kohort 4	Uke 42 2017	5.12.17	08.02.18	11.05.18	15.08.18	16.11.18
Lok 1/kohort 5	Uke 42 2017	5.12.17	19.02.18	11.05.18	15.08.18	16.11.18
Lok 2/ kohort 11	04.04.18	14.05.18	20.08.18	15.10.18		
Lok 2/ kohort 12	01.03.18	14.05.18	20.08.18	15.10.18		

## 2.2 Analyser av prøver

Materialet i denne studien ble sendt til to ulike laboratorier; Universitetet i Tromsø (UiT) og Veterinærinstituttet i Oslo og undersøkt for antall *Eubothrium* sp. i fiskene. Hvert prøveuttak fikk tildelt et nummer (heretter kalt PJS-nummer). Det ble brukt to metoder i løpet av studiet, hvor metode 1 hovedsakelig ble brukt på laboratoriet ved UiT, og metode 2 på Veterinærinstituttet.

### 2.2.1 Metode 1

Prøvene ble tatt opp for tining, og kohortnummer og fiskenummer ble registrert på eget skjema. Magesekken ble ikke undersøkt i dette studiet, men fjernet. Pylorussekkene ble undersøkt for adulte og juvenile *Eubothrium* sp. Tarmene ble klippet opp med saks og innhold skrapet ut. Pylorussekkene ble så presset mellom to glassplater med gjennomlysning for å forsikre at alle parasittene ble skrapet ut. Parasittene er synlig gjennom glassplatene, spesielt scolex er lett å identifisere. Innholdet fra pylorussekkene ble lagt i planktonnetting (50 µm i maskevidde) og skylt med kaldt springvann. Restene av innholdet ble lagt i ei stor petriskål med fysiologisk saltvann (NaCl 0,9%) og parasittene ble plukket ut, lagt i en egen petriskål og antall scolex registrert. Petriskålen med tarminnhold ble undersøkt under stereomikroskop for parasitter.

Tynntarmen og endetarmen ble så undersøkt. Tarmen ble klippet opp og innhold skrapet ut i en stor petriskål med fysiologisk saltvann. Tarmvegg og innhold ble så undersøkt for parasitter under et stereomikroskop. Parasitter ble plukket ut med pinsett, lagt i en egen petriskål og antall scolex ble registrert.



## 2.2.2 Metode 2

Denne er relativt lik metode 1, med unntak av bruk av planktonnetting. Tarmene ble klippet opp, innhold skrapet ut, og pylorussekkene ble presset mellom to glassplater med gjennomlysning. Innholdet fra pylorussekkene ble lagt i en stor petriskål, og fortynnet med fysiologisk saltvann i flere petriskåler. Det ble i de siste uttakene tatt i bruk en netting for å spare tid. Parasittene ble så plukket ut og lagt i egen petriskål med fysiologisk saltvann. Innholdet fra pylorussekkene ble undersøkt under stereomikroskop og eventuelle parasitter ble plukket ut. Tynntarm og endetarm ble undersøkt som i metode 1.

## 2.2.3 Telling og veiing

For alle fiskene ble antall ( $n$ ) *Eubothrium* sp. registrert, med utgangspunkt i antall scolex eller avsmalnende strobila, og kategorisert etter lengde og livsstadium (tabell 2). Antall bendelorm ble registrert før de ble lagt direkte på ETOH (70%) på laboratoriet på VI, og ETOH (96%) på laboratoriet på UiT for senere veiing.

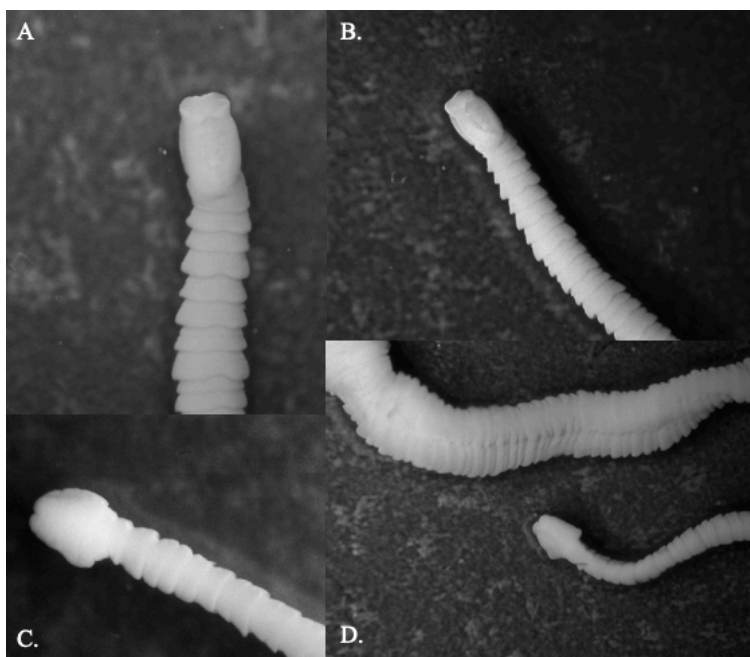
**Tabell 2** – Kategorier av *Eubothrium* sp. funnet i laks (*Salmo salar*) i kohortstudiet, samt beskrivelse av livsstadium, lengde og utseende av de ulike kategoriene.

<i>Kategori</i>	<i>n plero</i>	<i>n &lt; 1 cm</i>	<i>1cm &lt; n &lt; 5 cm</i>	<i>n &gt; 5 cm</i>
<i>Livsstadium</i>	<i>Plerocercoid</i>	<i>Juvenile</i>	<i>Små</i>	<i>Store</i>
<i>Lengde</i>	0,3-0,6mm	1 mm- 10 mm	1 – 5 cm	Over 5 cm
<i>Beskrivelse</i>	Hvit (oval), uten scolex og segmenter	Liten, men scolex og segmenter	Scolex med strobila og proglotider	Scolex med strobila og proglotider

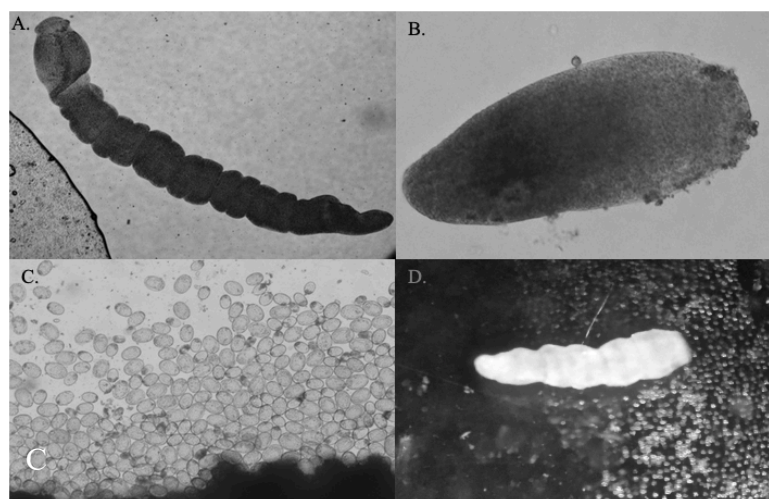
Etter flere uker på ETOH ble bendelormprøvene veid (Sartorius M-PROVE, nøyaktighet 0,000g), og vekten (g) ble registrert på eget skjema. Bendelormprøvene fra hver enkelt fisk ble veid hver for seg. Parasittene ble lagt på tørkepapir i 30 sekunder før de ble veid, og vekt ble registrert. Parasittene ble deretter lagret på ETOH (96%). På et prøveuttak ble vekten for unøyaktig for å veie de aller minste parasittene (juvenile og plerocercoid). Dette gjaldt prøveuttak 2 (kohort 4). For å anslå vekten på disse parasittene ble alle i det uttaket veid samtidig. Det ble regnet ut gjennomsnitt av biomassen, og deretter ble antall parasitter telt i hver fisk multiplisert med gjennomsnittet. På denne måten fikk man et estimat på vekten av parasittene i hver enkelt fisk i dette uttaket.

## 2.2.4 Identifisering av parasittene

I denne studien ble parasittene kun bestemt til *Eubothrium* sp.. Morfologiske karakteristiske trekk for slekten *Eubothrium* ble benyttet (Andersen, 1979). Bilder tatt av parasitter i denne studien ble tatt med stereomikroskop (ZEISS steREO Discovery. V8) (figur 3). Strobila er tydelig segmentert. Scolex har tydelig apical disk og bothria. Apical disk var fire-«lobed» med fire innrykk. Livsstadiene funnet i denne studien ses i figur 4.



**Figur 3** – Scolex og strobila hos adult *Eubothrium* sp.. **A.** og **B.** Scolex hos adult *Eubothrium* sp., tydelig apical disk, og langstrakt og vid bothria. Strobila tydelig segmentert. **C.** og **D.** Scolex hos *Eubothrium* sp., apical disk mindre tydelig, langstrakt og vid bothria. Bilder tatt med stereomikroskop (ZEISS steREO Discovery. V8).



**Figur 4** - Ulike livsstadier av *Eubothrium* sp funnet ved analyser av laks (*Salmo salar*). **A.** Juvenil *Eubothrium* sp., apikal disk og bothria har blitt tydelig utviklet, og strobila tydelig oppdelt i proglotider. **B.** Plerocercoid, larvestadium hos *Eubothrium* sp., infektiv stadium hos laks. **C.** Egg fra proglotider. **D.** Juvenil *Eubothrium* sp., scolex ferdig utviklet, og strobila består av et fåtall av umodne proglotider. Bilder tatt av Kristian Ruud på UiB.

Scolex av adulte *Eubothrium* sp. ble funnet i pylorusregionen. De foretrukne blindsekkene for store *Eubothrium* sp. var anterior del av pylorusregionen; de fremste blindsekkene nærmest magesekken. Scolex lå lokalisert innerst i blindsekkene. I tillegg ble det funnet kadaverøse fragmenter av store *Eubothrium* sp. i tynn- og endetarm. Parasittene funnet i endetarmen var «juvenile» og små bendelorm (tabell 2).

### 2.3 Behandling av data

For å kunne si noe om hvordan laksen vokste gjennom produksjonen ble det beregnet kondisjonsfaktor (k-faktor). K-faktoren gir indikasjon på om laksen hadde god eller dårlig kondisjon. K-faktor for ulike fisker er gjerne artsbestemt: En kondisjonsfaktor på >1 hos laks tilsvarer at laksen er i god kondisjon, mens en k-faktor på <1 vil si at laksen er tynn. Fulton's formel ble brukt for å beregne k-faktoren hos laksen, og beregnes etter følgende formel:

$$K = \frac{100 * V (g)}{L^3(cm)}$$

hvor: V er vekt hos laks i gram.

L er lengde i cm.

For å kunne si noe om hvordan parasittene er fordelt i vertspopulasjonen ble *varians* ( $s^2$ ) brukt som en statistisk parameter, og denne beregnes etter følgende formel:

$$S^2 = \sum \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

hvor:  $x_i$  er observert *Eubothrium* sp. hos én vert.

er gjennomsnitt for hele prøveuttaket (abundans)

n er antall undersøkte verter i et prøveuttak

Forholdet mellom abundans og varians gir informasjon om fordelingsmønsteret til en parasittart innen en vertspopulasjon. Ut fra dette forholdet kan en beregne fordelingsmønsteret av *Eubothrium* sp. i vertspopulasjonen, og som grovt deles inn i tre kategorier:

- i) Regulær fordeling: varians < abundans  $\rightarrow s^2/\bar{x} < 1$
- ii) Tilfeldig fordeling: varians  $\approx$  abundans  $\rightarrow s^2/\bar{x} \approx 1$
- iii) klumpet fordeling: varians > abundans  $\rightarrow s^2/\bar{x} > 1$

## 2.4 Termologi

For å beskrive parasittforekomstene hos laks fra de to lokalitetene ble termene lokalitet, prevalens, abundans og gjennomsnittlig abundans benyttet i henhold til følgende definisjoner (Bush et al., 1997)

*Lokalitet:* Det geografiske stedet hvor verten (laks) er tatt ut fra.

*Abundans:* Antall parasitter av en gitt art på eller i en enkelt vert uavhengig om verten er infisert eller ikke.

*Gjennomsnittlig abundans:* Gjennomsnittlig antall parasitter i hver enkelt vert av de undersøkte vertene (**antall parasitter av en gitt art/antall undersøkte verter**)

*Prevalens:* Andelen av de undersøkte vertene som er infisert med en eller flere parasitter av en gitt parasittart (prøveprevalens) (**Antall verter infisert/antall undersøkte verter**)

## 2.5 Statistikk

Tekst, tall, figurer, tabeller og statistiske tester er utført og presentert med Microsoft WORD 2019 og Microsoft EXCEL 2019 for Windows. Alle målinger av lengde og vekt av laks, *Eubothrium* sp. og temperaturer er vist med gjennomsnitt  $\pm$  standardavvik (S.D.) i parentes med mindre annet er oppgitt. S.D er standardavviket.

Parasitter er sjeldent tilfeldig eller normalfordelt i vertspopulasjonen, men vanligvis klumpet (Anderson & Gordon, 1982) med en negativ binominal fordeling. For å vise sikkerheten på estimatene gjennomsnittlig abundans og prevalens ble det brukt 95% konfidensintervaller (KI). Det ble estimert standard binomiale 95% KI for prevalens, som ble regnet ut i Excel. For å estimere 95% KI for gjennomsnittlig abundans, uavhengig av fordeling i dataene, ble det brukt «bootstrapping» i «Resample.xls» (Wood, 2003), som gjøres som beskrevet i Rózsa et al. (2000).

I de aller fleste tilfeller er parasitter klumpet fordelt i en vertspopulasjon (jfr. resultater **Feil! Fant ikke referanseilden.**), derfor ble ikke-parametriske tester benyttet for å teste gjennomsnittlig abundans og biomasse. Chi-kvadrat test ( $\chi^2$ -test) ble benyttet for å undersøke forskjeller i prevalens av *Eubothrium* sp. mellom prøveuttak i kohorter. Prevalens ble ansett som signifikant forskjellig ved  $p < 0,05$ . En Mann-Whitney U-test (MW) ble brukt for å sammenligne gjennomsnittlig abundans i to grupper for å se om det var signifikant forskjell mellom prøveuttak i en kohort. Korrelasjoner ble undersøkt med Spearmans rank korrelasjonskoeffisient ( $r_s$ ). Det ble testet om det var en korrelasjon mellom vertens størrelse (vekt og lengde) mot bendelormens abundans (Appendiks IV).

### 3 Diskusjon av metoder

Kohort 4 og 5 ble fulgt i en lengre tidsperiode enn kohort 11 og 12. På grunn av tids- og ressursbegrensninger ble det ikke mulig å følge kohortene lengre, eller undersøke et større antall laks. Ved analyse ble det oppdaget at uttak 3 fra kohort 12 var svært kadaverøs, noe som gikk utover kvaliteten av bendelormene i tarmen, og kanskje presisjonen i undersøkelsene. Det ble kun observert fragmenterte bendelorm og enkelte scolex i dårlig stand. Dette gjør det usikkert om det er et representativt prøveuttak. Dette kan bety at prøveuttaket i august for kohort 12 er noe underestimert.

I undersøkelsene av enkelte fisk ble det kun funnet fragmenter og/eller kun scolex av *Eubothrium* sp. Dette gjør at estimer for antall og biomasse av *Eubothrium* sp. bør betraktes som minimumsestimer.



## 4 Resultater

### 4.1 Forskjeller i smittedynamikk om høsten og våren

Det ble ikke funnet *Eubothrium* sp. i ferskvannuttakene (tabell 3). Parasittene ble kun observert i fisk som hadde stått en periode i sjø.

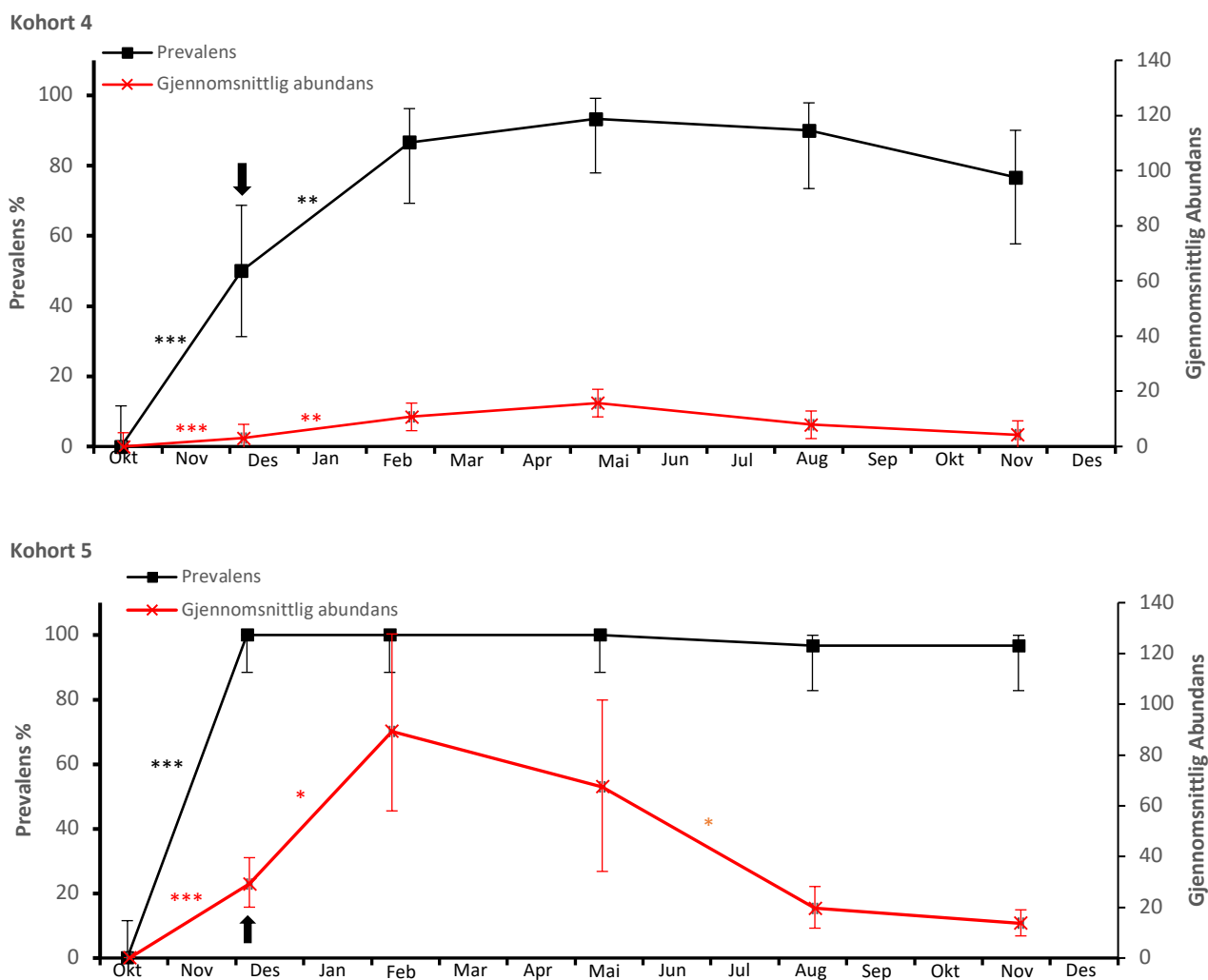
**Tabell 3** – Antall laks (*Salmo salar*) observert med *Eubothrium* sp. i fire kohorter i studieperioden okt. 2017 – nov. 2018. Første prøveuttak ble tatt i ferskvann. Kohort 4+5 hadde første prøveuttak i sjø (1 måned) desember 2017, og kohort 11+12 hadde første prøveuttak i sjø (1 måned) i mai 2018. n= antall laks undersøkt.  
\* = markerer kohorter hvor første prøveuttak ble tatt i semi-lukkede merder i sjø.

Tid i sjø / Uttak	Kohorter	n infisert/n analysert (%)			
		4	5	11	12
Ferskvann / 1		0/30 (0)	0/30 (0)*	0/30 (0)*	0/30 (0)
1 mnd i sjø / 2		30/30 (100)	15/30(50)	0/30 (0)	0/30 (0)
3 mnd i sjø / 3		30/30(100)	26/30(87)	18/30(60)	12/30(40)
6 mnd i sjø / 4		30/30(100)	28/30(93)	16/30(53)	26/30(87)
9 mnd i sjø / 5		29/30(97)	27/30(90)		
12 mnd i sjø / 6		29/30(97)	23/30(77)		

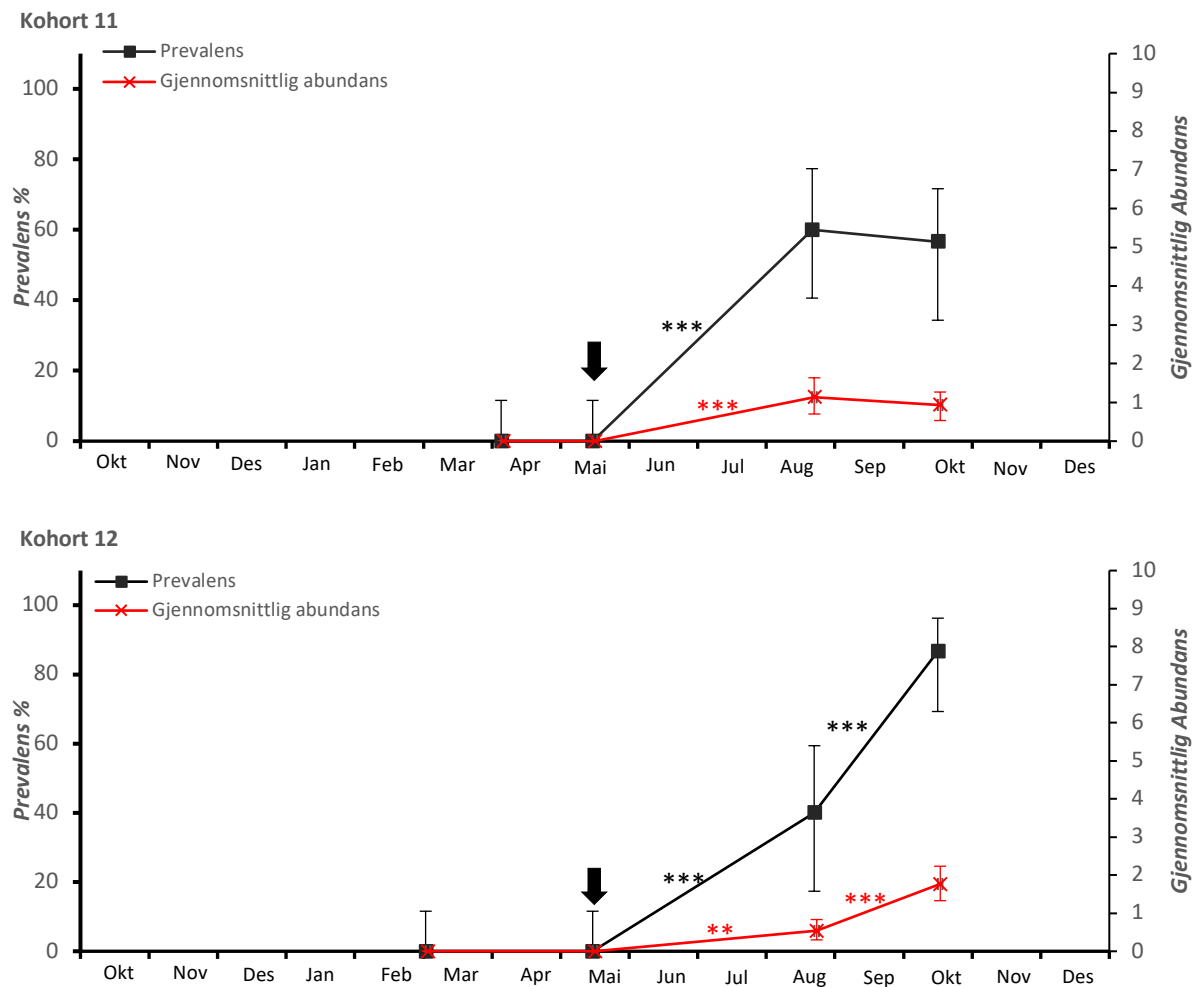
Første prøveuttak i sjø for begge kohorter satt ut på høsten (kohort 4 og 5) var desember 2017 (figur 5). Kohort 5 hadde en signifikant økning i prevalens (100%) i desember. Den holdt seg stabilt rundt 100% gjennom studieperioden. Kohort 4 hadde en signifikant økning i prevalens frem til februar, da hadde fisken stått tre måneder i sjø, og holdt seg relativt stabil gjennom studieperioden. Kohort 5 hadde en signifikant økning i gjennomsnittlig abundans fra første prøveuttak i sjø og frem til februar. Den gjennomsnittlige abundansen nådde et platå i februar før den hadde signifikant nedgang fra mai til august (MW,  $p=0,03$ ). Den gjennomsnittlige abundansen var 107 parasitter på det høyeste. Den gjennomsnittlige abundansen i kohort 4 viste et lignende mønster som kohort 5; det var en signifikant økning frem til februar. Den gjennomsnittlige abundansen holder seg relativt stabil utover studieperioden, det observeres tendenser til en nedgang fra mai. Etter seks måneder var det høyest gjennomsnittlig abundans i kohort 4 på 15 parasitter. Kohort 5 hadde en større infestasjon enn kohort 4. Kohort 5 hadde en betraktelig høyere gjennomsnittlig abundans enn kohort 4, i tillegg til høyere prevalens frem til februar.

Første prøveuttak for kohortene satt ut på våren (kohort 11 og 12) var mai 2018 (figur 6). Det ble ikke påvist *Eubothrium* sp. før august. Da hadde fisken stått i sjøen i tre måneder. Kohort 12 hadde en signifikant økning i prevalens og gjennomsnittlig abundans fra mai og ut studieperioden. Kohort 11 hadde en signifikant økning i prevalens og gjennomsnittlig abundans fra mai og frem til august. Høyeste gjennomsnittlige abundans for kohort 11 var én parasitt i prøveuttaket i august, og 2 parasitter for kohort 12 i prøveuttaket i oktober. Kohort 11 og 12 hadde en relativt lik infestasjon mht. prevalens og gjennomsnittlig abundans frem til august. Fra august var infestasjonen blitt større i kohort 12 enn kohort 11 (MW,  $p=0,01$ ).

Høstutsettene (kohort 4 og 5) ble infisert med en gang etter utsett i motsetning til vårutsettene (kohort 11 og 12), som ble infisert etter tre måneder. Høstutsettene hadde en større infestasjon mht. prevalens og gjennomsnittlig abundans enn vårutsettene. Vårutsettene hadde en betraktelig lavere gjennomsnittlig abundans enn høstutsettene. I tillegg til en lavere prevalens gjennom studieperioden.



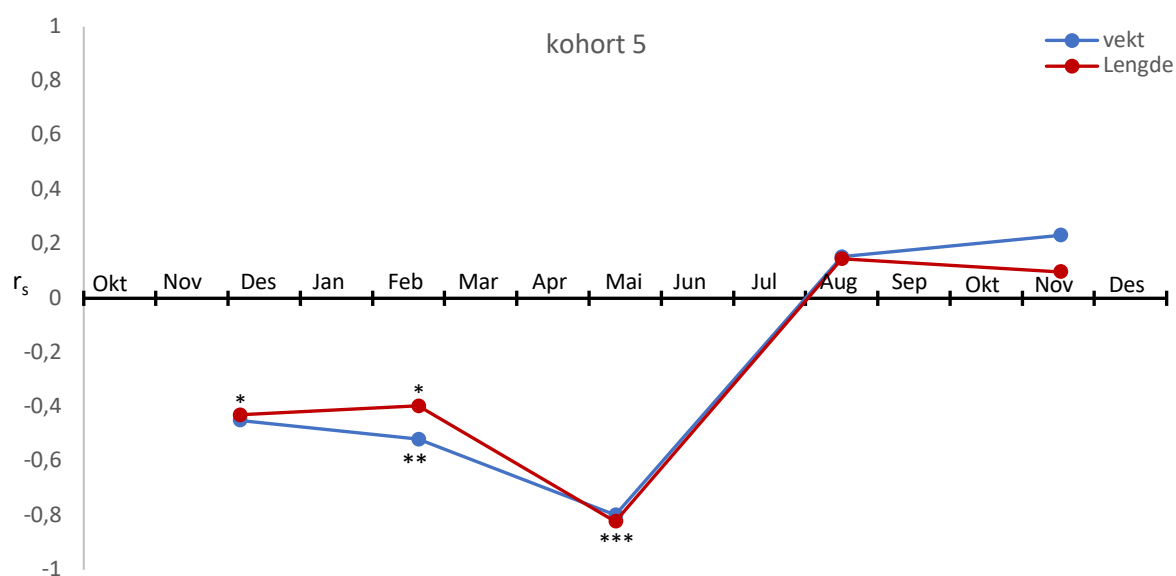
**Figur 5** - Infestasjon (prevalens og gjennomsnittlig abundans) av *Eubothrium* sp. i laks (*Salmo salar*) i kohorter (4+5) satt ut på høsten gjennom studieperioden Okt.2017-Nov.2018. Prevalens og gjennomsnittlig abundans av parasitter på hvert prøveuttak i løpet av studieperioden. Pil marker første prøveuttak i sjø. Feilfelt viser estimatene av KI (95%) for prevalens, og gjennomsnittlig abundans. MW- test ble brukt for å teste gjennomsnittlig abundans.  $\chi^2$ -test ble benyttet for å teste prevalens. Stjerner marker signifikansnivå: \*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$  og \* =  $p < 0,05$ .



**Figur 6** – Infestasjon (prevalens og gjennomsnittlig abundans) av *Eubothrium* sp. i laks (*Salmo salar*) i kohorter satt ut på våren gjennom studieperioden Okt.2017-Nov.2018. Prevalens og gjennomsnittlig abundans av parasitter på hvert prøveuttak i løpet av studieperioden. Pil marker første prøveuttak i sjø. Feilfelt viser estimatene av KI (95%) for prevalens, og gjennomsnittlig abundans. MW- test ble brukt for å teste gjennomsnittlig abundans.  $\chi^2$ -test ble benyttet for å teste prevalens. Stjerner marker signifikansnivå: \*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$  og \* =  $p < 0,05$ .

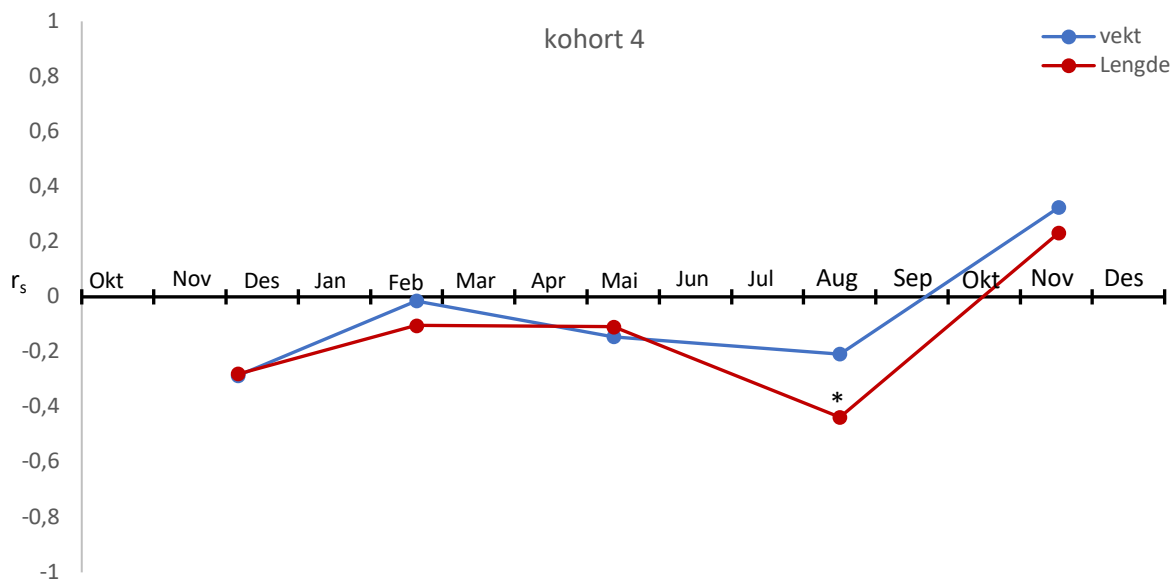
## 4.2 Sammenhengen mellom vertens størrelse og bendelormens abundans.

Det var signifikant negativ korrelasjon mellom vertens størrelse (lengde og vekt) og abundansen av *Eubothrium* sp. fra første observerte infestasjon og utover produksjonen til august i kohort 5 (figur 7). Etter august var den ingen slik korrelasjon. Det ble påvist en signifikant negativ korrelasjon mellom fiskens lengde og abundansen i august i kohort 4, men ikke ellers (figur 8). Ved negativ korrelasjon viser analysen at små fisker har en tendens til å ha flere parasitter, mens en positiv korrelasjon viser at store fisk har en tendens til å ha mindre parasitter. Jo nærmere 1 eller -1 korrelasjonen er jo sterkere er korrelasjonen. Det ble ikke observert signifikante korrelasjoner mellom vertens størrelse og abundans av *Eubothrium* sp. i kohort 11 og 12. Eksakte signifikansnivåer finnes i appendiks IV.



**Figur 7** - Spearman rank korrelasjonskoeffisient ( $r_s$ ) mellom abundans av *Eubothrium* sp. og laksens (*Salmo salar*) størrelse (vekt (g) og lengde (cm)) i kohort 5. Stjerner markerer signifikansnivå: \*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$  og \* =  $p < 0,05$ .





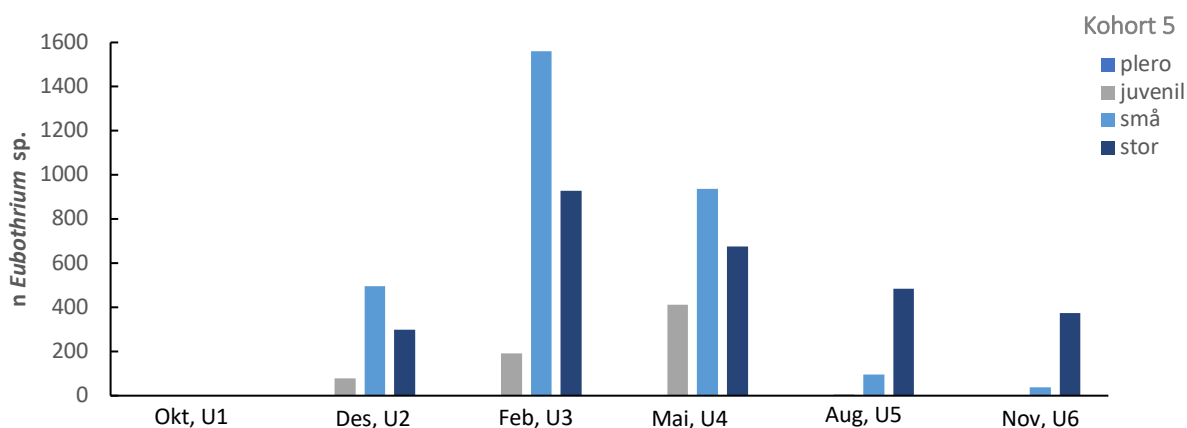
**Figur 8** - Spearman rank korrelasjonskoeffisient ( $r_s$ ) mellom abundans av *Eubothrium* sp. og laksens (*Salmo salar*) størrelse (vekt (g) og lengde (cm)) i kohort 4. Stjerner markerer signifikansnivå: \*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$  og \* =  $p < 0,05$

### 4.3 Vekst og utvikling av *Eubothrium* sp. over tid.

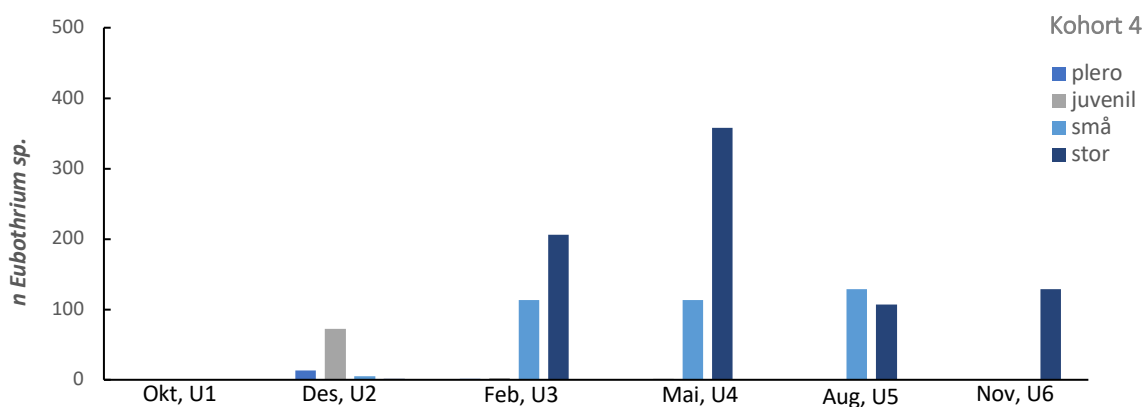
Datagrunnlag for figur 9 – 12 ses i appendiks I (appendikstabell 2).

Det ble kun observert plerocercoider i første prøveuttak i sjø (uttak 2) i kohort 5 (figur 9). Det var en økning av juvenile og små individer frem til februar. Frem til mai var det en klar dominans av de minste stadiene (plerocercoid, juvenil og små *Eubothrium* sp.). Fra mai hadde det en nedgang av de minste stadiene ut studieperioden. Det var klar dominans av store individer fra august og ut studieperioden.

Det ble observert plerocercoider i prøveuttaket i desember og februar i kohort 4 (figur 10). Det var juvenile som var dominerende i desember, før de forsvant i februar. Fra august til november forvant de små individene. Fra februar og ut studieperioden var det hovedsakelig store individer som var den dominerende gruppen.

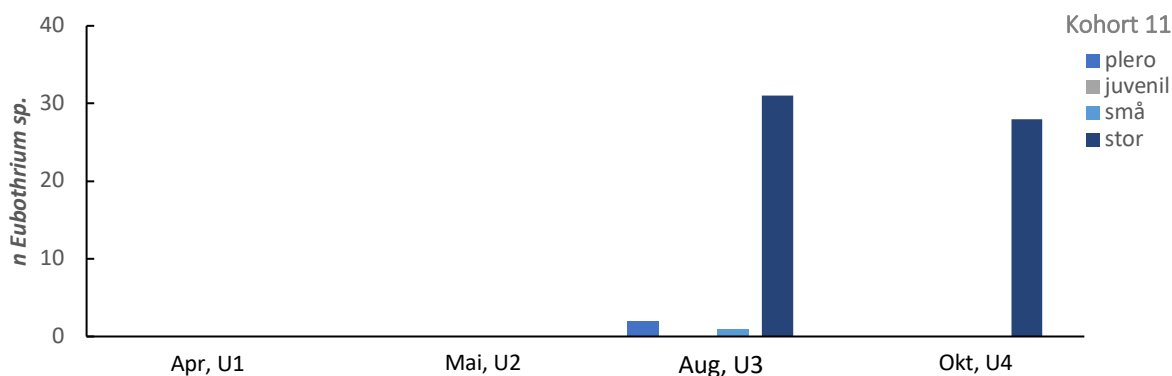


**Figur 9** – Fordeling av utviklingsstadier til *Eubothrium* sp. funnet i laks (*Salmo salar*) i kohort 5 gjennom en studieperiode fra oktober 2017 - nov 2018. n = antall *Eubothrium* sp.. X-akse viser måned og prøveuttak. Oktober viser ferskvannuttaket, desember er første prøveuttak i sjø. Plero = n plerocercoider, juvenil = n *Eubothrium* sp. < 1 cm, små = n *Eubothrium* sp. 1 - 5 cm, stor = n *Eubothrium* sp. > 5 cm

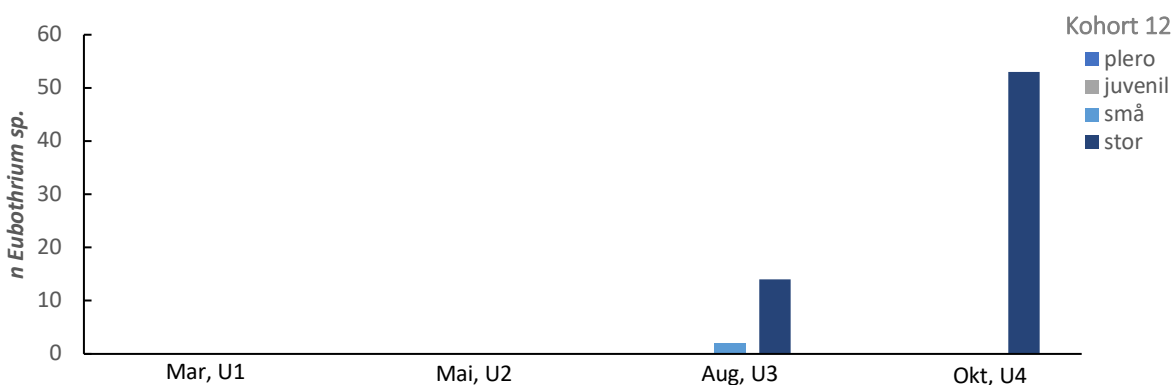


**Figur 10** - Fordeling av utviklingsstadier til *Eubothrium* sp. funnet i laks (*Salmo salar*) i kohort 4 gjennom en studieperiode fra oktober 2017 - nov 2018. N= antall *Eubothrium* sp.. X-akse viser måned og prøveuttak. Oktober viser ferskvannuttaket, desember er første prøveuttak i sjø. Plero = antall plerocercoider, juvenil = antall *Eubothrium* sp. < 1 cm, små = antall *Eubothrium* sp. 1 - 5 cm, stor = antall *Eubothrium* sp. > 5 cm

Det var ingen observasjoner av *Eubothrium* sp. før i august i kohort 11 (figur 11) og kohort 12 (figur 12). Det ble observert plerocercoider i kohort 11 og noen små individer i august i kohort 11 og 12. Store individer var dominerende ved første observasjon i begge kohorter.

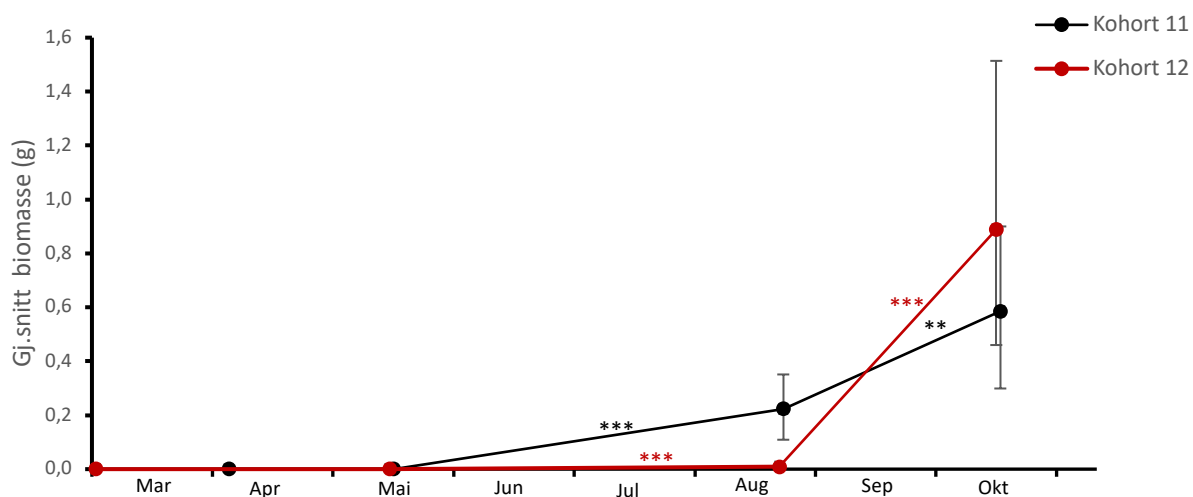
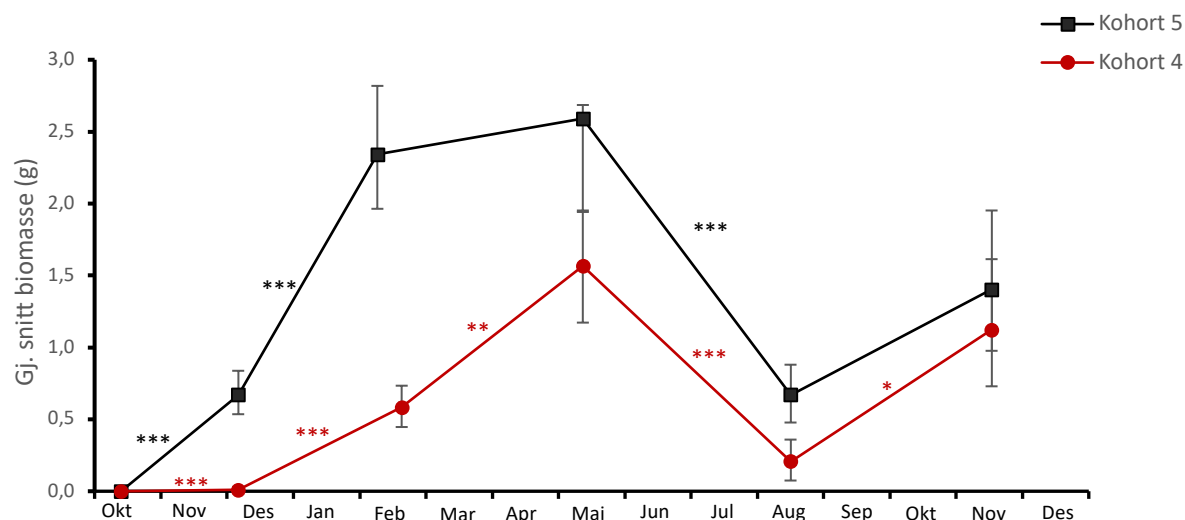


**Figur 11** - Fordeling av utviklingsstadier til *Eubothrium* sp. funnet i laks (*Salmo salar*) i kohort 11 gjennom en studieperiode fra April 2018 - oktober 2018. n = antall *Eubothrium* sp.. X-akse viser måned og prøveuttak. April viser ferskvannuttaket, Mai er første prøveuttak i sjø. Plero = n plerocercoider, juvenil = n *Eubothrium* sp. < 1 cm, små = n *Eubothrium* sp. 1 - 5 cm, stor = n *Eubothrium* sp. > 5 cm



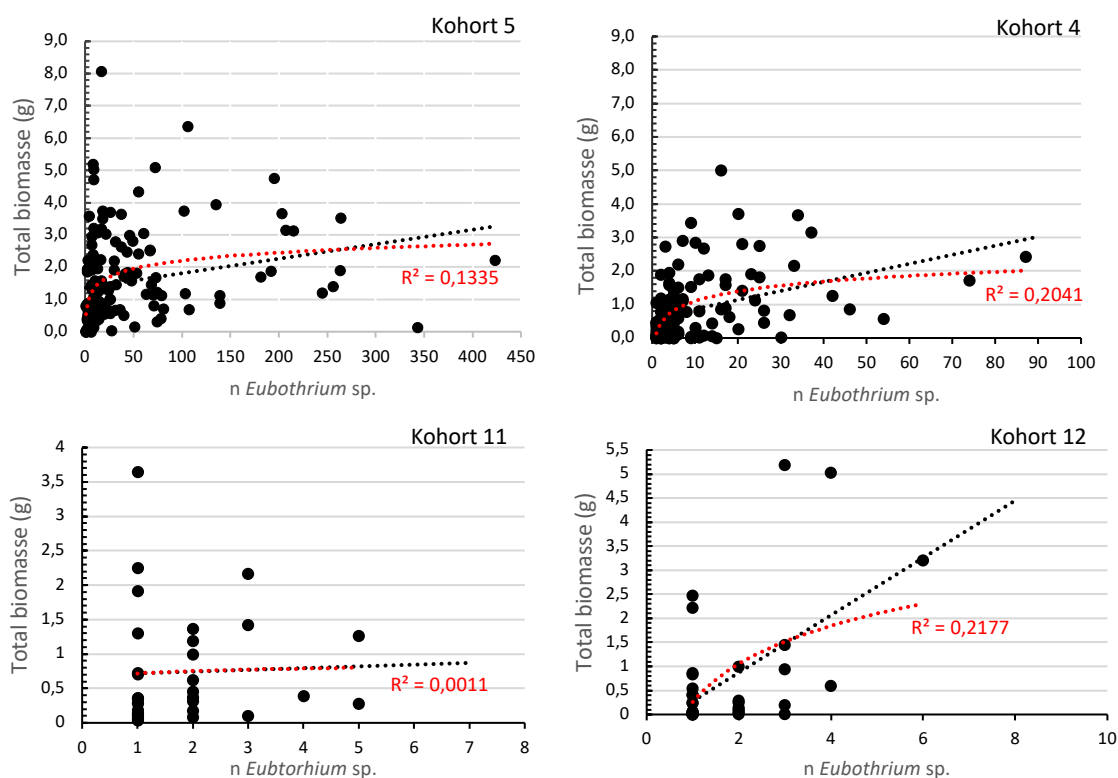
**Figur 12** - Fordeling av utviklingsstadier til *Eubothrium* sp. funnet i laks (*Salmo salar*) i kohort 12 gjennom en studieperiode fra Mars 2018- oktober 2018. n = antall *Eubothrium* sp.. X-akse viser måned og prøveuttak. Mars viser ferskvannuttaket, Mai er første prøveuttak i sjø. Plero = n plerocercoider, juvenil = n *Eubothrium* sp. < 1 cm, små = n *Eubothrium* sp. 1 - 5 cm, stor = n *Eubothrium* sp. > 5 cm

Kohort 5 hadde generelt den høyeste gjennomsnittlige biomassen av *Eubothrium* sp. gjennom studieperioden (figur 13). Det ble også observert størst antall parasitter i den kohorten (figur 5). Vekten av parasittene i kohort 5 og 4 fulgte samme trend: Biomassen økte signifikant en periode før den igjen avtok. Dette ble ikke observert i kohort 11 og 12. Kohort 11 og 12 hadde en signifikant økende biomasse frem til oktober 2018 (figur 13).



**Figur 13** – Biomasse (g) (gjennomsnitt ± S.D) til *Eubothrium* sp. i kohort 4 og 5 i perioden (okt. 2017 – nov. 2018), og kohort 11 og 12 i perioden (mar. 2018 – okt. 2018). Hvert punkt marker et prøveuttak. Seks prøveuttak ble tatt fra kohort 4 + 5, og fire prøveuttak fra kohort 11 +12. Vær oppmerksom på at y-akse viser ulike tall. S.D. = Standardavvik. MW-test: \*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$  og \* =  $p < 0,05$

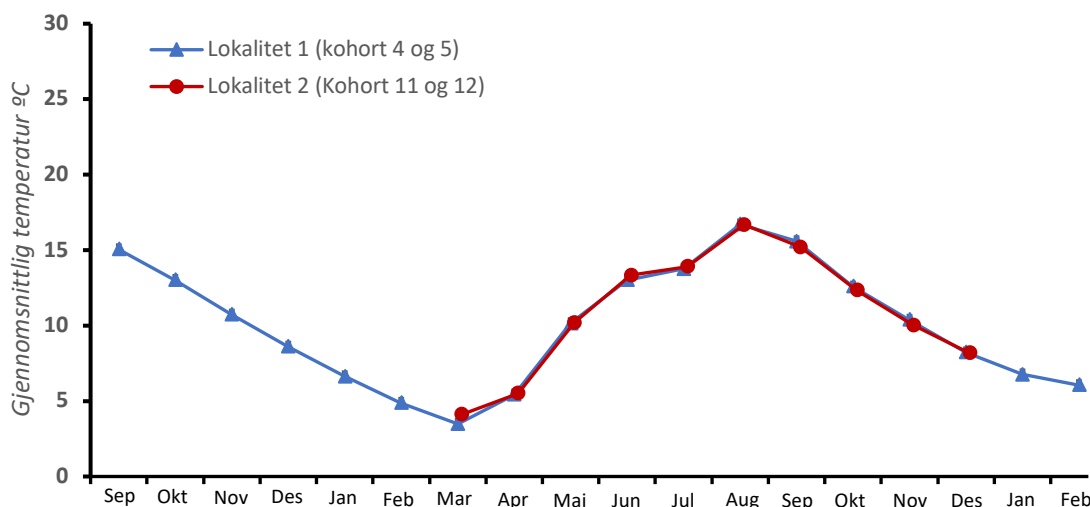
Fisk infisert med flere *Eubothrium* sp. gir ikke nødvendigvis høyere biomasse av *Eubothrium* sp. (figur 14). En fisk med 423 parasitter hadde en parasittvekt på 2,216 g, mens en fisk med 16 parasitter hadde en parasittvekt på 2,239 g (kohort 5). En fisk infisert med mange parasitter var dominert av små parasitter, sammenlignet med fisk infisert med få parasitter som var dominert store parasitter. Det er lave  $R^2$  – koeffisienter i figuren og det er dermed lav til ingen sammenheng mellom antall *Eubothrium* sp. og parasittens totale biomasse i enkelt fisk.



**Figur 14** – Total parasittbiomasse (g) og antall (n) *Eubothrium* sp. i enkelt fisk i kohort 4, 5, 11 og 12 gjennom studieperioden (Okt. 2017 – Nov. 2018). X- akse = n parasitter i hver laks (*Salmo salar*). NB! Vær oppmerksom på ulike akseverdier. n fisk med i datasettet: kohort 5 = 147, kohort 4 = 115, kohort 11 = 32 og kohort 12 = 35. Svart trendlinje viser lineær regresjon, mens rød trendlinje viser den logaritmisk regresjon ( $R^2$ - koeffisient).

#### 4.4 Oppdrettsbetingelser og laksens vekst igjennom studieperioden

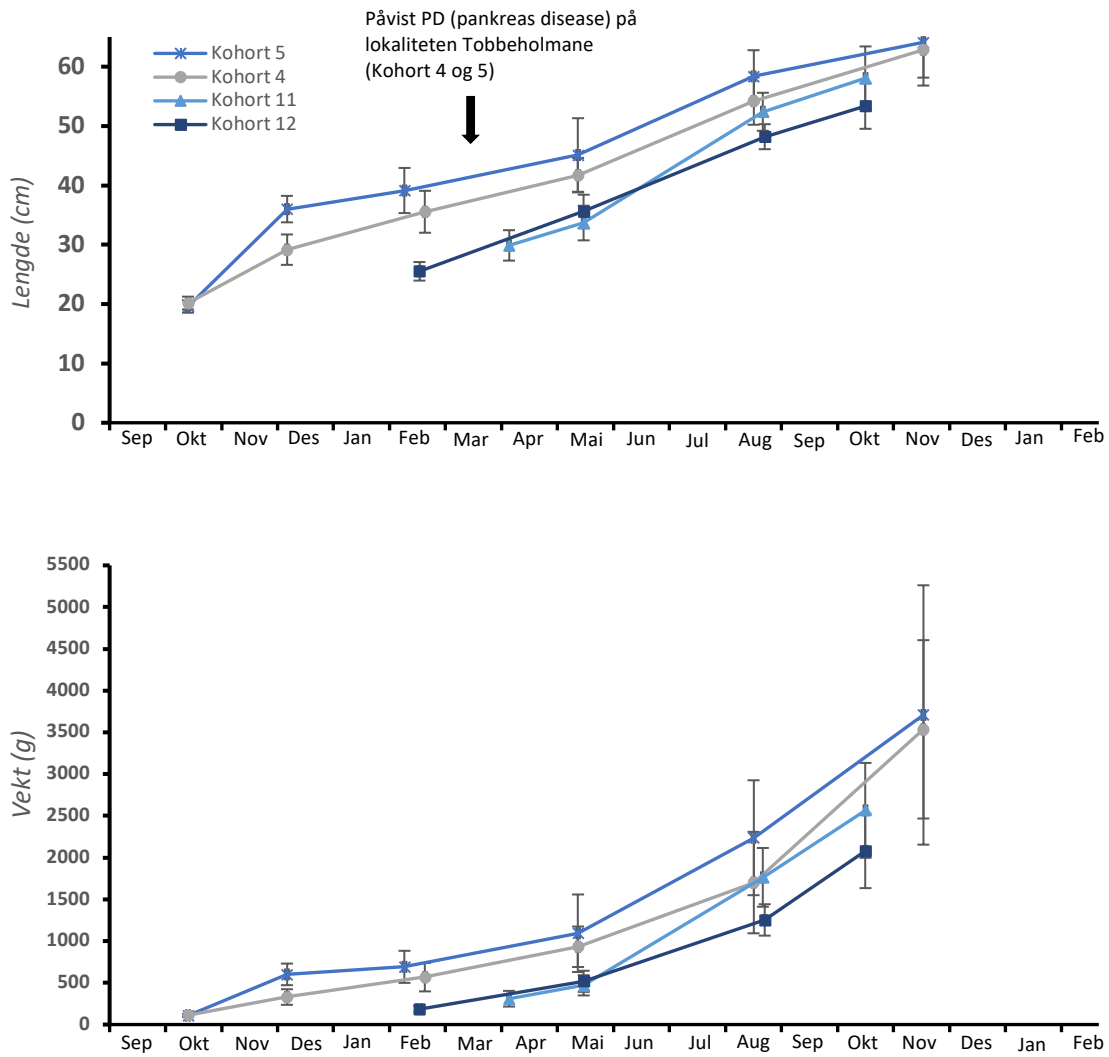
Vanntemperaturen på lokalitetene var relativt like gjennom studien (figur 15).



**Figur 15** - Vanntemperaturene (gjennomsnitt  $\pm$  S.D.) gjennom studieperioden (okt. 2017 – des.2018) på begge lokalitetene (1+2) med i dette kohortstudiet, begge lokalisert i Hordaland, Norge. Kohort 4 og 5 er satt ut på lokalitet 1, mens kohort 11 og 12 er satt ut på lokalitet 2.

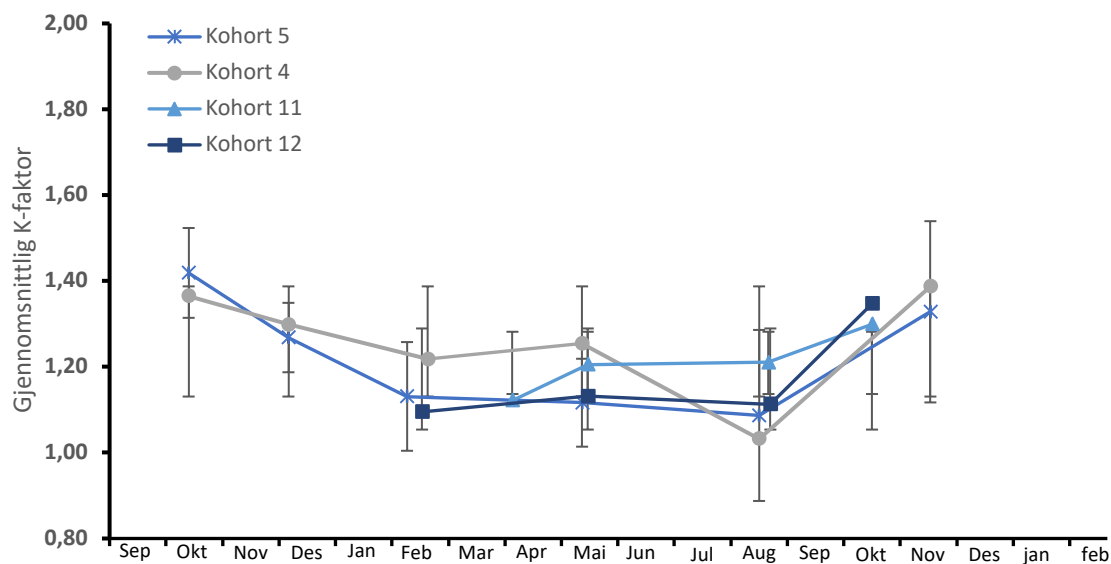
På lokalitet 1 ble det påvist Pankreassykdom (PD) mars 2018 (figur 16). Lokalitet 2 fikk ikke påvist noen sykdom i løpet av studieperioden, men den fikk derimot påvist PD desember 2018, rett etter at studieperioden var over. Kohort 4 og 5 ble satt ut høsten 2017 og hadde en lengre periode i sjø enn kohort 11 og 12, som ble satt ut i sjøen våren 2018. Siste prøveuttak for kohort 4 og 5 var november 2018, og for kohort 11 og 12 i oktober 2018.

Kohortgruppene hadde økende vekst (vekt og lengde) gjennom hele studieperioden. Kohort 5 ble satt ut en måned før kohort 4 og hadde høyere vekt ved første uttak i sjø (MW, (appendiks II, appendikstabell 5)). På lokalitet 2 ble kohort 12 satt ut en måned før kohort 11. Kohort 11 og 12 hadde relativ lik vekt ved første uttak i sjø (MW,  $p = 0,181$  (appendiks II)). Kohort 11 hadde en større gjennomsnittsvekt på fisken som ble satt ut. Ved senere prøveuttak oppnådde kohort 11 raskere høyere vekt enn kohort 12 (appendiks II). Kohort 5 hadde signifikant høyere vekt enn kohort 4 gjennom hele studieperioden frem til siste prøveuttak med unntak på uttak 4 (appendiks II).



**Figur 16** - Lengde (gjennomsnitt  $\pm$  S.D.) og vekt (gjennomsnitt  $\pm$  S.D.) av laks (*Salmo salar*) fra hver kohort gjennom studieperioden (okt. 2017 – des. 2018). Laksen fra kohort 4 og 5 ble satt ut i sjøen høsten 2017. Laks fra kohort 11 og 12 ble satt ut i sjøen våren 2018. S.D. = Standardavvik av gjennomsnittet. Første punkt er ferskvannsutttak.

Kohort 4 og 5 hadde synkende k-faktor frem til februar (figur 17) hvor den igjen økte signifikant i august (appendiks II, appendikstabell 3). Kohort 11 og 12 hadde en økende k-faktor gjennom studiet (appendiks II).



**Figur 17** - Kondisjonsfaktor (gjennomsnitt  $\pm$  SD) av laks (*Salmo salar*) fra hver kohort gjennom studieperioden (oktober 2017 – desember 2018). Laksen fra kohort 4 og 5 ble satt ut i sjøen høsten 2017. Laksen fra kohort 11 og 12 ble satt ut i sjøen våren 2018. S.D. = Standardavvik av gjennomsnittet.



## 5 Diskusjon

Laksen i dette studiet så ut til å bli infisert tidligst andre halvdel av mai og utover høsten/vinteren. Kennedy (1996) rapporterte at *E. crassum* i ferskvann hadde en sesongmessig syklus, hvor fisken ble infisert fra mai til august og der infestasjonen av fisk hadde en topp i juli. Det ble ikke påvist nye infestasjoner i fisken etter. Resultatene fra denne studien indikerer at den marine *Eubothrium* sp. fulgte en lignende syklus som *E. crassum* i ferskvann, men hadde en lengre infestasjonsperiode. Fisk satt ut i sjøen i oktober ble infisert med parasitter innen en måned etter utsett, og det ble påvist etablering med nye parasitter frem til februar. Det ble ikke påvist etablering med nye parasitter i perioden fra mars til første halvdel av mai i noen av kohortene. Dette styrket teorien om at det ikke er kontinuerlig infestasjon gjennom året. En faktor som trolig spiller en viktig rolle i smittedynamikken til *Eubothrium* sp. i oppdrettsanlegg er tetthet av mellomverter gjennom året, som blir diskutert senere.

Prevalens og gjennomsnittlig abundans av *Eubothrium* sp. økte de første månedene i høstutsettene. Prevalens nådde et nivå på rundt 100% og holdt seg relativt stabilt ut studien. I kontrast, etterfulgt av en hurtig økning, avtok den gjennomsnittlige abundansen til et lavere nivå etter ca. seks måneder, da fisken var blitt større. Kennedy (1996) mente at *E. crassum* har en livssyklus, hvor parasitten overlever maksimum ett år i ørret i ferskvann. Fahy (1980) rapporterte at ett år var nok for *E. crassum* for å bli kjønnsmoden, men vekst av parasitten ville fortsette i minst to år, og muligens lengre i migrerende ørret. Fallet i gjennomsnittlig abundans kommer dermed trolig ikke av at kun store modne parasitter dør. Det kan være andre årsaker til et fall i gjennomsnittlig abundans. For det første vil en infestasjon med parasitter føre til en immunologisk respons hos fisken (Secombes & Chappell, 1996). Derimot er bendelormen i stor grad avhengig av sin kapasitet til å unngå og/eller manipulere immunsystemet til vertene for å få til en vellykket infestasjon (Dezfuli et al., 2016). Helminter har immunmodulerende evner som gjør det mulig for den å overleve i verten (Moreau & Chauvin, 2010). Fallet i gjennomsnittlig abundans på grunn av immunologiske responser i laksen er dermed lite trolig da bendelorminfestasjoner ofte gir en mindre effektiv immunrespons hos fisk og gjør at fisken ikke opparbeider seg immunitet mot ny-etableringer av bendelorm (Kristoffersen, 1997). For det andre kan intraspesifikk konkurranse mellom parasittene bidra til en nedgang i gjennomsnittlig abundans. Parasitter av samme art utnytter ofte samme habitat og ressurser, og det kan dermed oppstå konkurranse mellom parasittene, noe som kan være med på å begrense

infrapopulasjonen i verten (Lee, 2018). En infrapopulasjon er alle individene av en gitt art i en enkelt vert (Esch et al., 1990). Økt dødelighet, særlig i de største infrapopulasjonene, kan altså føre til en såkalt tetthetsavhengig dødelighet. Tilslutt kan også reduserte transmisjonsrater ha en betydning ved at tetthet av infiserte mellomverter varierer gjennom året, og ved at de voksende fiskene i stadig mindre grad spiser copepoder, og går over til en fullstendig pelletdiett. En kombinasjon av tetthetsavhengig parasittdødelighet og reduserte transmisjonsrater er trolig hovedårsaken til nedgang i gjennomsnittlig abundans i høstutsettene over tid.

Vårutsettene ble ikke infisert med *Eubothrium* sp. før det var gått tre måneder, dvs. at fisken ikke ble infisert i perioden mars til midten av mai. Det var en tydelig forskjell i infestasjon mellom høst og vår. En mulig årsak kan være lave transmisjonsrater om våren, og en trolig årsak til dette kan være liten tetthet av infiserte copepoder i sjøen. Copepoder spiller en viktig rolle i bendelormens livssyklus. Her utvikler parasitten seg til procercoïd, som er livsstadiet til *Eubothrium* sp. som er infektive for laks. Dette ble vist eksperimentelt i Saksvik et al. (2001b), hvor procercoïder fra copepoden, *A. tonsa*, var infektive for laks. Det er ukjent hvilke arter copepoder som er mellomverter i naturen, men arter som øker i tetthet om sommeren og høsten ser ut til å være involvert. *Acartia clausi*, *Temora longicornis*, og *Pseudocalanus elongatus* er mulige mellomverter for den marine *Eubothrium* sp., som er kjent fra eksperimentelt arbeid (Hodneland & Solberg, 1995). Bendelormerne er avhengig av tilstedeværelse av mellomverter for å fullføre sin syklus. En studie som undersøkte tilstedeværelsen av copepoder i en fjord i Vest-Norge fant at *P. elongatus* var tilstede hele året, *T. longicornis* fra februar – april og juni – september, mens *A. clausi* var tilstede fra juni – februar (Matthews, 1967). Dette viser at copepodene kan bli infisert året rundt, men betyr nødvendigvis ikke at de har høye tettheter til enhver tid. Zooplanktonets tetthet i havet varierer gjennom året, i tillegg til å variere mellom år. Det har blitt vist at det vil være størst tetthet av zooplankton i perioden mai – september i Norskehavet (Lie, 1968). Modningen av *E. crassum* i ørret skjer ifølge Kennedy (1996) sen vår/ tidlig sommer i ferskvann. Dette kan indikere, om den marine varianten, *Eubothrium* sp., følger noenlunde samme livssyklus som *E. crassum* i ferskvann, at det er sen vår/ tidlig sommer frigjøring av egg begynner. Det kan indikere at det vil være en større tetthet av infiserte copepoder i havet om sommeren og høsten, og som gir en større risiko for infestasjon i laks i denne perioden og høyere transmisjonsrater.

Vårutsettene hadde en økende *Eubothrium* sp. prevalens og gjennomsnittlig abundans etter tre måneder, men det ble observert en betraktelig lavere gjennomsnittlig abundans i vårutsettene enn i høstutsettene. Det ble observert at kohort 11 hadde en tendens til minkende prevalens og gjennomsnittlig abundans etter seks måneder. Dette kan indikere at infestasjonen i vårutsettene fulgte samme trend som høstutsettene; der gjennomsnittlig abundans etterhvert avtok. Det er en viss usikkerhet i dette: siste prøveuttak for vårutsettene var i en periode med tilsynelatende høyere infestasjonsrater, og det var en sjanse for at infestasjonen ville fortsette å øke. Dette er trolig lite sannsynlig da laksen i vårutsettene var større om høsten enn laksen i høstutsettene. Kohort 11 og 12 var gjennomsnittlig 1763 g og 1253 g i prøveuttaket i august. Kohort 4 og 5 var gjennomsnittlig 112 g og 107 g i prøveuttaket i desember (appendiks III, appendikstabell 6-9). Større fisk er trolig mindre tilbøyelige til å spise copepoder enn små fisk. Dette ble påvist ved en negativ korrelasjon mellom fiskens størrelse og bendelormen abundans, som indikerer at små fisk spiser mer copepoder, og får dermed mer bendelorm. Dette diskuteres på side 30-31.

\*

Det ble påvist en større infestasjon på laks satt ut på høsten, enn laks satt ut på våren. I tillegg til at de ble smittet tidligere etter utsett i sjø, hadde høstutsettene høyere prevalens og gjennomsnittlig abundans enn vårutsettene. En mulig forklaring er, som nevnt tidligere, forskjell i tetthet av mellomverter gjennom året, og dens rolle i bendelormens livssyklus. En annen mulig forklaring på forskjellen mellom infestasjonsdynamikk i høst- og vårutsett av laks kan være forskjellen på størrelsen til fisken i den tilsynelatende infestasjonsperioden (andre halvdel av mai og utover høsten/vinter). Ut fra resultatene ser det ut til at det er høyere infestasjonsrate om høsten enn om våren, da vårutsettene ikke ble infisert med *Eubothrium* sp. før sommeren/tidlig høst. I infestasjonsperioden er høstutsatt laks mindre enn vårutsatt laks. Størrelsen på gjellegitterstavene er sannsynligvis en faktor som påvirker antallet copepoder som inntas av en laks. Det er mulig at fisk over en viss størrelse har for store gjellegitterstaver for at copepoder kan filtreres ut. Store fisk vil da ikke spise copepoder i like stor grad som små fisk, med det resultat at de ikke blir infisert i like stor grad. Vårutsatt fisk rekker altså å vokse en god del før infestasjonsperioden, og har kanskje nådd en slik størrelse at de vil spise færre copepoder. Dette kan være en forklaring på at det er lavere infestasjon i vårutsett enn i høstutsett. Årsaken til at det observeres en stor forskjell mellom vår- og høstutsett er trolig en kombinasjon av forskjeller i tetthet av infiserte copepoder, i tillegg til at størrelse har en betydning for smittedynamikken. Alle gruppene stod i sjøen i perioden med tilsynelatende

høyest transmisjonsrater, men det ble observert en betydeligere lavere gjennomsnittlig abundans i laksen i vårutsettene sammenlignet med høstutsettene.

Fisken i vårutsettene og fisken i høstutsettene står på to ulike lokaliteter, i tillegg til å bli satt ut på to årstider. Dette kan ha en betydning for forskjeller i infestasjon mellom kohorter på samme lokalitet, i tillegg til forskjeller mellom lokaliteter. Hvor mange infiserte copepoder som kommer inn i merden varierer mellom den enkelte merd og mellom lokaliteter, gjerne fordi strømforholdene kan variere sterkt selv innen korte avstander og over tid (Strøm, 2007). Den ene merden eller lokaliteten kan være mer utsatt for infektive copepoder enn den andre, og infestasjon kan dermed være høyere på den ene lokaliteten sammenlignet med den andre, eller at den ene merden kan ha høyere infestasjon sammenlignet med en annen på samme lokalitet. Dette ses i kohort 5, som hadde en høyere gjennomsnittlig abundans enn kohort 4, selv om disse står på samme lokalitet på samme tidspunkt. Den andre faktoren er om laksen får i seg mellomvertene, noe som avhenger av næringsvalget. Den ene fiskegruppen kan beite mer på copepoder enn en annen fiskegruppe, og på denne måten kan det være store forskjeller mellom merder og lokaliteter. Dette ses ved at det er store forskjeller i gjennomsnittlig abundans og prevalens mellom lokalitetene, og forskjeller mellom kohortene på samme lokalitet. Det er vanskelig å si hva årsaken for at kohort 5 hadde en høyere infestasjon enn kohort 4, men det er trolig en kombinasjon av at denne fiskegruppen beitet mer på copepoder, i tillegg til at det kunne være større tetthet av infiserte copepoder i denne merden.

\*

Konsistent negative korrelasjoner ble funnet mellom abundans av *Eubothrium* sp. og vertens størrelse (lengde og vekt) i kohort 5 frem til august. Sundnes (2003) fant en lignende tendens i lakseunger infisert med *E. crassum* i et settefiskanlegg. Han mente årsaken kunne være at mindre fisk er mer tilbøyelig til å spise copepoder, kanskje grunnet førkonkurranse innad i vertspopulasjonen. Dette ser også ut til å være tilfellet i denne studien. At korrelasjonen forsvinner i kohorten kan være vanskelig å forklare, og kan være et tilfeldig utfall. En forklaring, som trolig er årsaken, er lav eller ingen rekruttering av nye parasitter på grunn av at stor fisk beiter mindre på copepoder. Små fisk er mer tilbøyelig til å spise copepoder, og får dermed mer bendelorm. Når fisken vokser vil den etterhvert gå over til en fullstendig pelletdiett og det blir mindre rekruttering av nye parasitter, i tillegg til at infrapopulasjonen var blitt redusert i fisken etterhvert som fisken ble større.

Det var også en signifikant negativ korrelasjon mellom vertens lengde og bendelormens abundans i kohort 4 i august. Denne forsvinner i løpet av neste prøveuttak. Det var generelt lave korrelasjoner i denne kohorten, og en mulig årsak til dette er at denne kohorten hadde lavere abundans enn kohort 5, og korrelasjonene vil kun være betydelige i tilfeller med kraftige infestasjoner. Det observeres derimot ingen korrelasjoner mellom abundans av *Eubothrium* sp. og vertens størrelse hos vårutsettene (appendiks IV, appendikstabell 12-13). Dette kommer trolig av at laksen har en betydeligere lavere abundans enn høstutsettene. Vårutsettene ble satt ut i en periode med tilsynelatende lavere smittepress med ingen til lav rekruttering av nye parasitter. Denne fisken var betydelig større enn fisken i høstutsettene når det tilsynelatende var et høyere smittepress, og fisken var mindre tilbøyelig til å spise infiserte copepoder, som er trolig årsaken for at disse fiskene var mindre infisert.

\*

Det ble også observert at fordelingen av de ulike livsstadiene hos *Eubothrium* sp. endret seg gjennom studieperioden. Det var høyest forekomst av de unge livsstadiene i de tidligste uttakene. Etterhvert gikk andelen av unge stadier ned kombinert med økt innslag av store *Eubothrium* sp.. Trolig er årsaken, som nevnt tidligere, at fisken ikke smittes kontinuerlig gjennom året. Det kan se ut til at det vil være mindre tilstedeværelse av infektive stadier i perioder av året, i denne studien fra mars – midten av mai. En annen faktor, som støtter teorien om at laksen, etter en viss størrelse, ikke blir infisert av nye *Eubothrium* sp. er at copepoder kan bli for små byttedyr for stor fisk. Gjellegitterstavene kan bli for store til å fange opp copepodene. I tillegg vil laks hovedsakelig benytte seg av pellets, som fører til mindre beiting på copepoder. Dette gjør at parasittene som allerede har etablert seg har rom for å vokse, og de unge stadiene går over til å bli store individer over tid.

Biomassen av *Eubothrium* sp. økte parallelt med den gjennomsnittlige abundansen i alle kohorter. Økningen i biomasse har trolig sammenheng med at fisken ble kontinuerlig infisert av nye *Eubothrium* sp. i en periode, kombinert med at bendelormene vokste. Kennedy (1996) mente at vekst av *E. crassum* i ferskvann først ville skje etter bendelormen hadde flyttet seg til pylorusregionen. I denne studien var stort sett alle observasjonene av *Eubothrium* sp. i pylorusregionen. Han mente også at noe vekst ville foregå i løpet av høsten og utover vinteren, men størst vekst av parasitten ville foregå i løpet av våren. Det er vanskelig å si om dette også gjelder den marine varianten, *Eubothrium* sp., men det ble observert at andelen unge stadier avtok og andelen store individer økte om våren og utover sommermånedene. Trolig er vekst og

utvikling av *Eubothrium* sp. relatert til antall parasitter i infrapopulasjonen, som diskuteres i neste avsnitt.

Biomassen til *Eubothrium* sp. var kun økende i vårutsettene til studieperioden var over. Høstutsettene ble fulgt en lengre periode enn vårutsettene. Etterfulgt av den økende biomassen ble det observert en signifikant nedgang i høstutsettene, samtidig som den gjennomsnittlige abundansen i kohortene avtok. Denne nedgangen skyldes trolig en tetthetsavhengig dødelighet av parasittene, da graden av aggregering avtar. Dette ses i appendiks I (appendikstabell 1) der det ble observert at klumpingsgraden i vertspopulasjonen etterhvert avtok, og infestasjonen i vertspopulasjonen ble nærmere tilfeldig fordelt. Det er et fenomen kalt «crowding effect», der flere har observert at i en bendelorminfestasjon vil størrelsen på ormen være invers proporsjonal til antall ormer i verten (Read, 1951). Store infrapopulasjoner gir små ormer, mens en infestasjon med lav abundans gir store ormer. Biomassen til *Eubothrium* sp. så primært ut til å være relatert til økning i antall parasitter i fisken, fordi biomassen økte ved økende antall parasitter. Samtidig ble det påvist lave  $R^2$ -koeffisienter ved å se på sammenhengen mellom *Eubothrium* sp. biomasse og antall *Eubothrium* sp. i hver fisk. Dette indikerer at det er lav til ingen sammenheng mellom biomasse og antall *Eubothrium* sp. En laks med mange parasitter ga nødvendigvis ikke høyere biomasse av parasittene, enn en laks med få parasitter. Det har blitt antatt at vekst og modning av bendelormer blir påvirket av antall bendelormer tilstede i verten. f.eks. «crowding effect» (Read 1951, Roberts 1961, Halvorsen og Andersen 1974, Hesselberg og Andreassen 1975). Wooten (1972) referert i Saksvik et.al (2001b) fant ingen bevis som foreslo at størrelsen av *E. crassum* i ferskvann var påvirket av antall bendelormer i verten. Kennedy (1996) konkluderte også at verken vekst eller modning av *E. crassum* i ferskvann var påvirket av intraspesifikk konkurranse, f.eks. tilgjengelige blindsekker satt ikke en begrensning eller en terskel for tetthet i infrapopulasjonen. I kontrast, i en studie utført av Saksvik et al. (2001b), der laks ble eksperimentelt infisert med *Eubothrium* sp., så det ut til at modning og vekst av bendelormen var påvirket antall parasitter tilstede i verten. I denne studien var parasittene i de mest infiserte fiskene primært unge stadier, men etterhvert som de ble færre og større økte likevel totalvekten av parasittene. Etter dødeligheten i infrapopulasjonen ble det rom for parasittene som var igjen til å vokse, og biomassen begynte å øke. Vekst og utvikling av *Eubothrium* sp. kan dermed se ut til å følge samme tendens som i forsøket gjort av Saksviks et al. (2001b), og være relatert til antall parasitter i infrapopulasjonen.

\*

Fisken vokste gjennom hele studieperioden, mens k-faktoren til kohort 4 og 5 er synkende i store deler av studiet. Disse kohortene fikk påvist PD (Pankreassykdom) i mars 2018. Laks med PD viser vanligvis redusert appetitt, gjerne en til to uker før utbruddet oppdages (Taksdal et al., 2007). En *Eubothrium* sp. infestasjon kan i tillegg ha en negativ påvirkning på lengdevekst hos laks (Saksvik et al., 2001a). Det har blitt antydnet av Rees (1967) at vekst av fisk infisert med bendelorm ikke vil bli påvirket av infestasjonen hvis matressursene er tilstrekkelig. Det kan tenkes at laksen i dette studiet ble negativt påvirket av infestasjonen da den hadde redusert appetitt, og det blir større konkurranse om matressursene mellom verten og bendelormen. Det har også blitt foreslått av Smith (1973) og Hoffman et. al (1986) i Saksvik et al. (2001a) at konkurranse for begrenset matressurser mellom parasitter og vert kan forklare en reduksjon i kondisjonen i laksefisk infisert med *E. salvelini* i ferskvann. Det ble ikke observert noen signifikante korrelasjoner mellom k-faktor og *Eubothrium* sp. abundans i vårutsettene, som var friske i studieperioden (appendiks IV, appendikstabell 10), så en bendelorminfestasjon i frisk laks vil trolig ikke påvirke k-faktoren til laksen. Det ble derimot påvist en negativ korrelasjon mellom k-faktor og *Eubothrium* sp. abundans i ett prøveuttak i kohort 5. Dette kan indikere at en fisk infisert med mange parasitter har en lavere k-faktor. Kohort 4 og 5 hadde høyest gjennomsnittlig abundans av *Eubothrium* sp. i kohortene undersøkt i dette studiet, og nedgangen i laksens kondisjon kan være en kombinasjon av sykdom forårsaket av PD, og at parasittene tar næring som fisken dermed taper ved høy infestasjon.

## 6 Konklusjoner og mulige tiltak

- Den marine varianten av *E. crassum*, eller *Eubothrium* sp. følger en sesongmessig syklus med et tilsynelatende høyere smittepress om høsten og tidlig vinter, og et lavere smittepress om våren. Trolig har dette sammenheng med tetthet av infiserte mellomverter gjennom året, hvor copepoder som øker i tetthet om sommeren og utover høsten er involvert. Smittepresset øker med økende mengder infiserte mellomverter om sommeren og høsten.
- Det ble ikke observert kontinuerlig smitte gjennom studien. Det ble ikke påvist smitte fra mars til mai i vårutsettene. I tillegg ble det observert at andelen unge stadier forsvant, og andelen store individer økte over tid. Årsaken til dette var trolig ingen/lav rekruttering av nye parasitter etterhvert som fisken ble større, som igjen skyldes at fisk etter en viss størrelse ikke beiter på copepoder.
- Ved høy infestasjon av parasitter ble det observert et fall i gjennomsnittlig abundans etter ca. seks måneder. Årsaken til dette var trolig intraspesifikk konkurranse, i tillegg til lav rekruttering av nye parasitter.
- Vårutsatt fisk hadde klart en mindre infestasjon enn høstutsatt fisk. Laks satt ut på våren synes å bli utsatt for et klart lavere smittepress, trolig på grunn av liten tetthet av infiserte copepoder. Fisken vil ha vokst seg større og dermed trolig beitet mindre på zooplankton da smittepresset tilsynelatende var høyest mot høsten.
- Det ble påvist en negativ korrelasjon mellom laksens størrelse og bendelormens abundans i kraftige infestasjoner. Trolig er dette på grunn av små fisk var mer tilbøyelig til å spise mer copepoder som var infisert med bendelormlarver. Korrelasjonen forsvant ettersom fisken vokste, som kunne relateres til at større fisk beitet mindre på zooplankton, i tillegg til mindre rekruttering av nye parasitter.



- Det ble påvist lav sammenheng mellom bendelormens totale biomasse og antall *Eubothrium* sp. i en enkelt fisk. Primært var parasittene i de mest infiserte fiskene unge stadier, men etterhvert som de ble færre og større økte likevel totalvekten av parasittene. Vekst og utvikling av *Eubothrium* sp. ser dermed hovedsakelig ut til å være relatert til antall parasitter i infrapopulasjonen

Basert på resultatene her synes det med hensyn til *Eubothrium* sp. infestasjon, gunstig å sette ut smolt om våren, da det kan føre til mere begrensede bendelorminfestasjoner. En mulig strategi om høsten kan være sene utsett, som trolig også vil medføre begrenset infestasjon. En annen strategi kan være å behandle mot bendelormer etter infestasjonsperioden, da fisk synes ikke å reinfiseres etter en viss størrelse. Det vil alltid være individuelle forskjeller mellom lokaliteter og merder med hensyn til strømforhold og temperatur. Det bør derimot tas forbehold om at det kun er blitt gjort fire observasjoner (fire fiskegrupper, to lokaliteter) i løpet av ett år i dette studiet, og man kan dermed ikke generalisere.

## Referanseliste

- Akhmerov, A. K. (1962). Biology of the cestode *Eubothrium crassum* (Bloch, 1779). *Trudy Gel'mintologicheskoi Laboratorii. Akademiya Nauk SSSR*, 12, 5-8.
- Andersen, K. (1979). Studies on the scolex morphology of *Eubothrium* spp. with emphasis on characters usable in species discrimination and with brief references on the scolices of *Bothriocephalus* sp. and *Triaenophorus* spp. (Cestoda; Pseudophyllidea). *Zeitschrift für Parasitenkunde*, 60, 147-156.
- Anderson, R. & Gordon, D. (1982). Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities. *Parasitology*, 85(2), 373-398.
- Awachie, J. B. E. (1966). Observations on *Cyathocephalus truncatus* Pallas, 1781 (Cestoda: Spathebothriidea) in its intermediate and definitive hosts in a trout stream, North Wales. *Journal of Helminthology*, 40(1-2), 1-10.
- Awachie, J. B. E. (1968). On the bionomics of *Crepidostomum metoecus* (Braun, 1900) and *Crepidostomum farionis* (Müller, 1784) (Trematoda: Allocreadiidae). *Parasitology*, 58(2), 307-324.
- Bernhoft, A.-C. & Fardal, A. (2007). IFRS og fiskeoppdrett. *Magma*, 10(6), 49-58.
- Bérubé, M. & Curtis, M. A. (1986). Transmission of *Diphyllbothrium ditremum* to Arctic char (*Salvelinus alpinus*) in two subarctic Quebec lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43(8), 1626-1634.
- Bush, A., Lafferty, K., Shostak, A. & Lotz, J. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Parasitology*, 83(4), 575-583
- Chubb, J. C. (1982). Seasonal occurrence of helminths in freshwater fishes Part IV. Adult Cestoda, Nematoda and Acanthocephala. *In Advances in Parasitology* 20, 1-292
- Curtis, M. A. (1982). Host-parasite interactions in Arctic and subarctic lakes. *Aspects of parasitology: A Festschrift dedicated to the fiftieth anniversary of the Institute of Parasitology of McGill University/edited by E. Meerovitch*. 41-57
- Dezfuli, B., Bosi, G., DePasquale, J., Manera, M. & Giari, L. (2016). Fish innate immunity against intestinal helminths. *Fish & Shellfish Immunology*, 50, 274-287.
- Ervik, A., Kiessling, A., Skilbrei, O. & van der Meeren, T. (2003). Havbruksrapport 2003.

- Esch, G. W., Bush, A. O. & Aho, J. M. (1990). *Parasite communities: patterns and processes*: Chapman and Hall.
- Fahy, E. (1980). *Eubothrium crassum* in migratory trout, *Salmo trutta* L., in the sea. *Journal of Fish Biology*, 16(1), 99-104.
- Frandsen, F., Malmquist, H. J. & Snorrason, S. S. (1989). Ecological parasitology of polymorphic Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), in Thingvallavatn, Iceland. *Journal of Fish Biology*, 34(2), 281-297.
- Gjerde, B. (2011). Generell parasittologi. *Kompendium i veterinermedisinsk parasittologi*, Oslo 15, 1-15
- Goater, T. M., Goater, C. P. & Esch, G. W. (2014). *Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites* (2<sup>nd</sup> Ed.): Cambridge University Press.
- Halvorsen, O. & Andersen, K. (1974). Some effects of population density in infections of *Diphyllbothrium dendriticum* (Nitzsch) in golden hamster (*Mesocricetus auratus* Waterhouse) and common gull (*Larus canus* L.). *Parasitology*, 69(2), 149-160.
- Hansen, H. & Bornø, G. (2017). *Parasittsykdommer hos laksefisk i oppdrett* (Fiskehelse rapporten 2017 1a/2018). [www.vetinst.no:fiskehelse rapporten/](http://www.vetinst.no/fiskehelse rapporten/)  
Fiskehelse rapporten 2017: Veterinærinstituttet 2018.
- Hansen, H. & Bornø, G. (2018). *Parasittsykdommer hos laksefisk i oppdrett* (Fiskehelse rapporten 2018 6a/2019).  
[www.vetinst.no:fiskehelse rapporten/](http://www.vetinst.no/fiskehelse rapporten/)Fiskehelse rapporten 2018: Veterinærinstituttet
- Heggberget, T. G., Staurnes, M., Strand, R. & Husby, J. (1992). Smoltifisering hos laksefisk. *NINA forskningsrapport*, 31, 1-42.
- Henricson, J. & Nyman, L. (1976). The ecological and genetical segregation of two sympatric species of dwarfed char (*Salvelinus alpinus* (L.)) species complex [Lake Faettjaure, northern Sweden]. *Report - Institute of Freshwater Research, Drottningholm*.
- Hesselberg, C. A. & Andreassen, J. (1975). Some influences of population density on *Hymenolepis diminuta* in rats. *Parasitology*, 71(3), 517-523.
- Hodneland, K. (1995). *Livssyklus til marin Eubothrium sp.* Munchen.
- Hodneland, K. & Solberg, P. (1995). *Infection trials with marine Eubothrium in planktonic copepods, with aspects of procercoid development*. Foredrag holdt ved The 4th International Symposium of Fish Parasitology, Munich, Germany.
- Hoffmann R., Kennedy C.R. & Meder J. (1986) Effects of *Eubothrium salvelini* Schrank, 1790 on Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), in an alpine lake. *Journal of Fish Diseases* 9, 153-157.

- Kennedy, C. R. (1970). *The population biology of helminths of British freshwater fish*. Foredrag holdt ved Aspects of fish parasitology. Symposium of the British Society for Parasitology (8th), London, November 7, 1969. 145-159
- Kennedy, C. R. (1975). *Ecological animal parasitology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 1- 163
- Kennedy, C. R. (1978). The biology, specificity and habitat of the species of *Eubothrium* (Cestoda: Pseudophyllidea), with reference to their use as biological tags: a review. *Journal of Fish Biology*, 12(5), 393-410.
- Kennedy, C.R. (1996). Establishment, survival and site selection of the cestode *Eubothrium crassum* in brown trout, *Salmo trutta*. *Parasitology*, 112(3), 347-355.
- Kent, M. L. (2000). Marine netpen farming leads to infections with some unusual parasites. *International Journal for Parasitology*, 30(3), 321-326.
- Kristoffersen, R. (1997). Epidemiologi: En introduksjon. *Kurskompendium i parasittologi*, Norges Fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø. 1-46
- Kuchta, R., Scholz, T., Brabec, J. & Bray, R. (2008). Suppression of the tapeworm order Pseudophyllidea (Platyhelminthes: Eucestoda) and the proposal of two new orders, Bothriocephalidea and Diphyllbothriidea. *International Journal for Parasitology*, 38(1), 49-55.
- Lee, A. M. (2018, 27. juni). Intraspesifikk konkurranse. Hentet 19/04 fra [https://snl.no/intraspesifikk\\_konkurranse](https://snl.no/intraspesifikk_konkurranse)
- Lie, U. (1968). Variations in the quantity of zooplankton and the propagation of *Calanus finmarchius* at station " M" in the Norwegian Sea, 1959-1966. 14, 121-128.
- Matthews, J. (1967). On the calanoid gopepods of Raunefjorden, western Norway. *Sarsia*, 29(1), 159-164.
- McVicar, A. H. (1997). Disease and parasite implications of the coexistence of wild and cultured Atlantic salmon populations. *ICES Journal of Marine Science*, 54(6), 1093-1103.
- Moreau, E. & Chauvin, A. (2010). Immunity against helminths: interactions with the host and the intercurrent infections. *Journal of Biomedicine and Biotechnology 2010*, 1-9.
- Möller, H. (1978). The effects of salinity and temperature on the development and survival of fish parasites. *Journal of Fish Biology*, 12(4), 311-323.
- Read, C. P. (1951). The " crowding effect" in tapeworm infections. *The Journal of Parasitology*, 37(2), 174-178.
- Rees, G. (1967). Pathogenesis of adult cestodes. *Helminthological Abstracts*, 36, 1-23.

- Roberts, L. S. (1961). The influence of population density on patterns and physiology of growth in *Hymenolepis diminuta* (Cestoda: Cyclophyllidea) in the definitive host. *Experimental Parasitology*, 11(4), 332-371.
- Rózsa, L., Reiczigel, J. & Majoros, G. (2000). Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology*, 86(2), 228-233.
- Saksvik, M., Nilsen, F., Nylund, A. & Berland, B. (2001a). Effect of marine *Eubothrium* sp. (Cestoda: Pseudophyllidea) on the growth of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 24(2), 111-119.
- Saksvik, M., Nylund, A., Nilsen, F. & Hodneland, K. (2001b). Experimental infection of Atlantic salmon (*Salmo salar*) with marine *Eubothrium* sp. (Cestoda: Pseudophyllidea): observations on the life cycle, aspects of development and growth of the parasite. *Folia Parasitologica*, 48(2), 118-126.
- Secombes, C. & Chappell, L. (1996). Fish immune responses to experimental and natural infection with helminth parasites. *Annual Review of Fish Diseases*, 6, 167-177.
- Skogsholm, H. (1990). *Infeksjon av tarmparasitter hos en røyepopulasjon*. MSc ved Universitetet i Tromsø. 1-66
- Smith H.D. (1973) Observations on the cestode *Eubothrium salvelini* in juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) at Babine Lake, British Columbia. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 30, 947-964.
- Strøm, M. (2007). *Parasitter hos oppdrettstorsk i Nord-Norge*. MSc ved Universitetet i Tromsø. 1-48
- Sundnes, G. A. (2003). *Cestodes in Atlantic salmon (Salmo salar L.) at a W Norwegian hatchery: Infection dynamics, aspects of development and pathology*. MSc ved Universitetet I Bergen. 1-49
- Taksdal, T., Olsen, A., Bjerås, I., Hjortaas, M., Dannevig, B., Graham, D. & McLoughlin, M. (2007). Pancreas disease in farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), in Norway. *Journal of Fish Diseases*, 30(9), 545-558.
- Tønjum, T. (2018, 3 august). Parasitter. Hentet fra <https://sml.snl.no/parasitter>
- Wood, M. (2003). Resample.xls. Hentet fra [https://ww2.amstat.org/publications/jse/v13n3/wood\\_resample.xls](https://ww2.amstat.org/publications/jse/v13n3/wood_resample.xls))

Wootton, R. (1972). Occurrence of *Eubothrium crassum* (Bloch, 1779)(Cestoda: Pseudophyllidea) in brown trout *Salmo trutta* L., and rainbow trout *S. gairdneri* Richardson, 1836, from Hanningfield Reservoir, Essex. *Journal of Helminthology*, 46(4), 327-339.

## Appendiks I - Bendelormens fordeling i verten og vertspopulasjonen

Det er en klumpet fordeling hvis  $S^2/\bar{X} > 1$ , og tilfeldig fordeling hvis  $S^2/\bar{X} \approx 1$ . I kohort 4 og 5 var parasittene klumpet fordelt, dvs. at de fleste fiskene hadde få parasitter, mens få verter hadde mange parasitter (appendikstabell I). Klumpingsgraden ( $S^2/\bar{X}$ ) var økende frem til prøveuttak tre i kohort 4 og 5, hvor den igjen avtok. Det ble observert en svak klumpet fordeling av parasittene i kohort 11, mens det i kohort 12 ble observert tilfeldig fordeling av parasittene.

**Appendikstabell 1** - Gjennomsnittlig abundans ( $\bar{X}$ ), varians ( $S^2$ ) og klumpingsgrad ( $S^2 / \bar{X}$ ) av *Eubothrium* sp. i fire kohorter gjennom studieperioden okt.2017 – nov 2018. Klumpet fordeling hvis  $S^2/\bar{X} > 1$ , tilfeldig fordeling  $S^2/\bar{X} \approx 1$ , og regulær fordeling  $S^2/\bar{X} < 1$ . N = 30 laks pr prøveuttak.

Uttak	KOHORTER											
	5			4			11			12		
	$\bar{X}$	$S^2$	$S^2/\bar{X}$	$\bar{X}$	$S^2$	$S^2/\bar{X}$	$\bar{X}$	$S^2$	$S^2/\bar{X}$	$\bar{X}$	$S^2$	$S^2/\bar{X}$
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	29,1	876,6	30,1	3,0	36,9	12,2	0	0	0	0	0	0
3	89,3	11192,5	125,4	10,7	140,8	13,1	1,1	1,9	1,7	0,5	0,5	1,0
4	67,4	7850,3	116,4	15,7	445,2	28,3	0,9	1,1	1,2	1,8	1,9	1,1
5	19,5	584,2	29,9	7,9	112,9	14,3						
6	13,7	275,9	20,1	4,3	28,6	6,7						

Datagrunnlaget for fordelingen av livsstadiene til *Eubothrium* sp. gjennom studieperioden (figur 9 -12) er i appendikstabell 2.

**Appendikstabell 2** - Forekomst av livsstadier hos *Eubothrium* sp. i laks (*Salmo salar*) for hvert prøveuttak hos fire kohorter (fiskegrupper) gjennom studieperioden (Okt. 2017- Nov. 2018). N= antall observasjoner av *Eubothrium* sp.. Frekvens refererer til tildelingen av livsstadier i hvert prøveuttak. Plero = plerocercoider, Juvenil = *Eubothrium* sp. < 1 cm, små = *Eubothrium* sp. mellom 1 og 5 cm og store = *Eubothrium* sp. < 5 cm.

Kohort	Uttak	Dato	Plero		Juvenil		Små		Store		Total N
			N	Frekvens (%)	N	Frekvens (%)	N	Frekvens (%)	N	Frekvens (%)	
5	1	Okt. 2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	Des. 2017	2	0,2	78	8,9	496	56,8	298	34,1	874
	3	Feb. 2018	0	0,0	191	7,1	1560	58,3	927	34,6	2678
	4	Mai. 2018	0	0,0	411	20,3	936	46,3	676	33,4	2023
	5	Aug. 2018	0	0,0	6	1,0	97	16,6	483	82,4	586
	6	Nov. 2018	0	0,0	0	0,0	39	9,5	373	90,5	412
4	1	Okt. 2017	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
	2	Des. 2017	13	14,3	72	79,1	5	5,5	1	1,1	91
	3	Feb. 2018	1	0,3	2	0,6	113	35,1	206	64,0	322
	4	Mai. 2018	0	0,0	1	0,2	113	23,9	358	75,8	472
	5	Aug. 2018	0	0,0	0	0	129	54,7	107	45,3	236
	6	Nov. 2018	0	0,0	0	0	0	0,0	129	100,0	129
11	1	Apr. 2018	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0,0	0
	2	Mai 2018	0	0,0	0	0	0	0,0	0	0,0	0
	3	Aug. 2018	2	5,9	0	0	1	2,9	31	91,2	34
	4	Okt. 2018	0	0,0	0	0	0	0	27	100,0	27
12	1	Mar. 2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	Mai. 2018	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	Aug. 2018	0	0	0	0	2	12,5	14	87,5	16
	4	Okt. 2018	0	0	0	0	0	0	53	100	53
<b>Total N</b>			18	0,23	761	9,57	3491	43,90	3683	46,31	7953



## Appendiks II – Laksens vekst gjennom studieperioden

Datagrunnlaget for K-faktoren til laksen gjennom studieperioden oktober 2017 – november 2018 (figur 17) ses i appendikstabell 3. Kohort 11 og 12 hadde økende k-faktor gjennom studieperioden. Kohort 4 og 5 hadde synkende k-faktor en periode i løpet av studieperioden.

**Appendikstabell 3** - K-faktor (gjennomsnitt ± S.D.) av laks (*Salmo salar*) for hver kohort gjennom en studieperiode fra oktober 2017 – november 2018. S.D. = standardavvik. KF = K-faktor

Prøveuttak	K-faktor (gjennomsnitt ± S.D.)							
	Kohort 5		Kohort 4		Kohort 11		Kohort 12	
	KF	SD	KF	SD	KF	SD	KF	SD
1	1,42	0,1	1,36	0,12	1,12	0,08	1,1	0,08
2	1,27	0,08	1,3	0,1	1,21	0,08	1,13	0,1
3	1,13	0,13	1,22	0,09	1,21	0,1	1,11	0,08
4	1,12	0,1	1,25	0,1	1,3	0,13	1,35	0,12
5	1,09	0,2	1,03	0,16				
6	1,33	0,21	1,39	0,23				

For å kunne si noe om det var signifikant forskjell mellom to prøveuttak, f.eks. om det var signifikant forskjell mellom k-faktoren i prøveuttak 1 og 2, eller 3 og 4, ble det benyttet en Mann-Whitney U-test, p-verdien fra denne testen ses i appendikstabell 4.

**Appendikstabell 4** - Mann-Whitney U-test av k-faktor hos laks (*Salmo salar*) mellom hvert prøveuttak i kohort 4, 5, 11 og 12. \*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$  og \* =  $p < 0,05$

Prøveuttak	Mann-Whitney U-test av k-faktor			
	Kohort 4	Kohort 5	Kohort 11	Kohort 12
	p-verdi	p-verdi	p-verdi	p-verdi
1-2	0,017 (*)	$5,37 \cdot 10^{-7}$ (***)	0,000268 (**)	0,315
2-3	0,005081 (**)	$5,64 \cdot 10^{-6}$ (***)	0,836	0,965
3-4	0,261	0,451	0,002961 (*)	$4,37 \cdot 10^{-9}$ (***)
4-5	$1,07 \cdot 10^{-6}$ (***)	0,701		
5-6	$2,47 \cdot 10^{-7}$ (***)	0,000074 (***)		

Lengde og vekt av laksen gjennom studieperioden er illustrert i figur 16. For å kunne si noe om det var signifikant forskjell i laksens vekt mellom to kohorter på et prøveuttak ble det benyttet en Mann-Whitney U-test. Appendikstabell 5 viser p-verdiene fra denne testen.

**Appendikstabell 5** - For å kunne si noe om forskjellen i vekst hos laks (*Salmo salar*) i løpet av studien, ble det benyttet en Mann-Whitney U – test av laksens vekt mellom kohort 4 og 5, og mellom kohort 11 og 12 i hvert prøveuttak. Gruppene var signifikant forskjellig hvis  $p < 0,05$ . \*\*\* =  $p < 0,001$ , \*\* =  $p < 0,01$  og \* =  $p < 0,05$

<b>Mann-Whitney U-test av vekt til laks</b>		
	Kohort 4 vs 5	Kohort 11 vs 12
<i>Uttak</i>	<i>p-verdi</i>	<i>p-verdi</i>
<b>1</b>	0,188	$1,25 \cdot 10^{-7}$ (***)
<b>2</b>	$1,82 \cdot 10^{-9}$ (***)	0,181
<b>3</b>	0,026 (*)	$1,2 \cdot 10^{-7}$ (***)
<b>4</b>	0,308	0,000927 (***)
<b>5</b>	0,002753 (**)	
<b>6</b>	0,745	

## Appendiks III - Oppsummeringstabeller over rådata

Datagrunnlag for prevalens, gjennomsnittlig abundans, gjennomsnittlig vekt av *Eubothrium* sp., og gjennomsnittlig lengde og vekt av laks i alle kohorter er presentert i appendikstabell 6 – 9. Det ble benyttet «bootstrapping» i utregninger for KI (95%) for gjennomsnittlig abundans, i tillegg til utregninger for KI (95%) for *Eubothrium* sp. biomasse. Dette ble brukt fordi «bootstrapping» kan brukes uavhengig av hvilken fordeling dataene har.

**Appendikstabell 6** - Oppsummeringstabell av rådata fra kohort 5; Tidspunkt for prøveuttak, antall (N) laks (*Salmo salar*) undersøkt i hvert prøveuttak. Tabellen viser også målinger av prevalens (%), abundans, vekt (g) av *Eubothrium* sp. og lengde (cm) og vekt (g) av fisk. S.D = standardavvik. Det ble brukt konfidensintervall (KI) med 95% sikkerhet for utregninger av abundansgrenser, og grenser av vekt av *Eubothrium* sp. KI (95%) = konfidensintervall med 95% sikkerhet. Resample = Program som estimerer KI uavhengig av fordeling i dataene.

Kohort 5						
Dato for prøveuttak	12.okt.17	05.des.17	08.feb.18	11.mai.18	15.aug.18	16.nov.18
Uttak	1	2	3	4	5	6
N	30	30	30	30	30	30
N infisert	0	30	30	30	29	29
<b>Prevalens (%)</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>96,7</b>	<b>96,7</b>
KI (95%) utslag nedover	0	11,6	11,6	11,6	13,9	13,9
KI (95%) utslag oppover	11,6	0	0	0	3,2	3,2
<b>Abundans, gj.snitt</b>	<b>0</b>	<b>29,1</b>	<b>89,3</b>	<b>67,4</b>	<b>19,5</b>	<b>13,7</b>
Abundans, S.D.	0	29,6	105,8	88,6	24,2	16,6
Abundans grenser fra resample ned	0	20,0	57,97	34,13	11,76	8,72
Abundans grenser fra resample opp	0	39,5	127,68	101,65	28,17	18,99
Abundans, 95% KI min	0	9,1	31,3	33,3	7,8	5,0
Abundans, 95% KI max	0	10,4	38,4	34,2	8,6	5,3
Abundans, Max	0	107	423	343	103	74
<b>Eub vekt (g), gj.snitt</b>	<b>0</b>	<b>0,7</b>	<b>2,3</b>	<b>2,6</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>
Eub V (g) grenser fra resample ned	0	0,5	2,0	2,0	0,5	1,0
Eub V (g) grenser fra resample opp	0	0,8	2,8	2,7	0,9	2,0
Eub V (g) 95% KI min	0	0,1	0,4	0,6	0,2	0,4
Eub V (g) 95% KI max	0	0,2	0,5	0,1	0,2	0,5
Eub V (g), max	0	1,8	5,1	8,1	1,9	5,2
<b>Fisk, Lengde (cm), gj.snitt</b>	<b>19,6</b>	<b>36,0</b>	<b>39,13</b>	<b>45,12</b>	<b>58,37</b>	<b>64,10</b>
Lengde (cm), S.D	1,05	2,23	3,80	6,20	4,40	7,29
<b>Fisk, Vekt (g), gj.snitt</b>	<b>107,4</b>	<b>601,0</b>	<b>691,4</b>	<b>1093,7</b>	<b>2237,7</b>	<b>3708,2</b>
Vekt (g), S.D	17,16	129,52	192,16	464,47	688,26	1553,23

**Appendikstabell 7** - Oppsummeringstabell av rådata fra kohort 4; Tidspunkt for prøveuttak, antall (N) laks (*Salmo salar*) undersøkt i hvert prøveuttak. Tabellen viser også målinger av prevalens (%), abundans, vekt (g) av *Eubothrium* sp. og lengde (cm) og vekt (g) av fisk. S.D = standardavvik. Det ble brukt konfidensintervall (KI) med 95% sikkerhet for utregninger av abundansgrenser, og grenser av vekt av *Eubothrium* sp. KI (95%) = konfidensintervall med 95% sikkerhet. Resample = Program som estimerer KI uavhengig av fordeling i

Kohort 4						
Dato for prøveuttak	12.okt.17	05.des.17	19.feb.18	11.mai.18	15.aug.18	16.nov.18
Uttak	1	2	3	4	5	6
N	30	30	30	30	30	30
N infisert	0	15	26	28	27	23
<b>Prevalens (%)</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>86,67</b>	<b>93,33</b>	<b>90</b>	<b>76,67</b>
KI (95%) utslag nedover	0	18,7	17,4	15,4	16,5	19,0
KI (95%) Utslag oppover	11,6	18,7	9,58	5,8	7,9	13,4
<b>Abundans, gj.snitt</b>	<b>0,00</b>	<b>3,03</b>	<b>10,73</b>	<b>15,73</b>	<b>7,87</b>	<b>4,30</b>
Abundans, S.D.	0,00	6,08	11,86	21,10	10,62	5,35
Abund grenser fra resample ned	0	1	7	9	4	3
Abund grenser fra resample opp	0	5	16	24	12	6
Abundans, 95% KI min	0,00	1,73	3,97	7,00	3,50	1,23
Abundans, 95% KI max	0,00	2,21	5,00	8,10	4,10	2,18
Abundans, Max	0	30	54	87	46	25
<b>Eub vekt (g), gj.snitt</b>	<b>0</b>	<b>0,0083</b>	<b>0,584</b>	<b>1,5659</b>	<b>0,208</b>	<b>1,122</b>
Eub V (g) grenser fra resample ned	0	0,01	0,4	1,2	0,1	0,7
Eub V (g) grenser fra resample opp	0	0,02	0,7	1,9	0,4	1,6
Eub V (g) 95% KI min	0	0,00813	0,13686	0,39352	0,13386	0,39218
Eub V (g) 95% KI max	0	0,02234	0,15045	0,37580	0,15073	0,49188
Eub V (g), max	0	0,229	1,744	3,707	2,145	4,99
<b>Fisk, Lengde (cm), gj.snitt</b>	<b>0</b>	<b>20,17</b>	<b>29,17</b>	<b>35,55</b>	<b>41,72</b>	<b>54,20</b>
Lengde, S.D	1,07	2,56	3,53	2,90	3,99	4,68
<b>Fisk, Vekt (g), gj.snitt</b>	<b>112,0267</b>	<b>329,667</b>	<b>567,67</b>	<b>931,93</b>	<b>1700,6</b>	<b>3536</b>
Vekt (g), S.D.	14,21	93,27	170,44	242,35	607,40	1068,24

**Appendikstabell 8** - Oppsummeringstabell av rådata fra kohort 11; Tidspunkt for prøveuttak, antall (N) laks (*Salmo salar*) undersøkt i hvert prøveuttak. Tabellen viser også målinger av prevalens (%), abundans, vekt (g) av *Eubothrium* sp. og lengde (cm) og vekt (g) av fisk. S.D = standardavvik. Det ble brukt konfidensintervall (KI) med 95% sikkerhet for utregninger av abundansgrenser, og grenser av vekt av *Eubothrium* sp. KI (95%) = konfidensintervall med 95% sikkerhet. Resample = Program som estimerer KI uavhengig av fordeling i dataene.

Dato for prøveuttak	Kohort 11			
	4.Apr 18	14.Mai 18	20. Aug 18	15.Okt 18
<b>Uttak</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
N	30	30	30	30
N infisert	0	0	18	17
<b>Prevalens (%)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60</b>	<b>56.6667</b>
KI (95%) utslag nedover	0	0	19.4	22.3
KI (95%) Utslag oppover	11.6	11.6	17.3	15.0
<b>Abundans, gj.snitt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.1333</b>	<b>0.9333</b>
Abundans, S.D.	0	0	1.3830	1.0483
Abund grenser fra resample ned	0	0	0.7000	0.5325
Abund grenser fra resample opp	0	0	1.6350	1.2675
Abundans, 95% KI min	0	0	0.4	0.4008
Abundans, 95% KI max	0	0	0.5	0.3342
Abundans, Max	0	0	5,0	4,0
<b>Eub Vekt (g), gj.snitt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.2232</b>	<b>0.5853</b>
Eub V (g) grenser fra resample ned	0	0	0.1091	0.2991
Eub V (g) grenser fra resample opp	0	0	0.3511	0.9000
Eub V (g) 95% KI min	0	0	0.1141	0.2863
Eub V (g) 95% KI max	0	0	0.1279	0.3146
Eub V (g), max	0	0	1.422	3.639
<b>Fisk, Lengde (cm), gj.snitt</b>	<b>29,9</b>	<b>33,7</b>	<b>52,4</b>	<b>58,1</b>
Lengde (cm), S.D.	2,57	2,92	3,20	5,34
<b>Fisk, Vekt (g), gj.snitt</b>	<b>309.5</b>	<b>469.8</b>	<b>1763.1667</b>	<b>2565.6</b>
Vekt (g), S.D	94,07	121,08	352,00	568,35

**Appendikstabell 9** - Oppsummeringstabell av rådata fra kohort 12; Tidspunkt for prøveuttak, antall (N) laks (*Salmo salar*) undersøkt i hvert prøveuttak. Tabellen viser også målinger av prevalens (%), abundans, vekt (g) av *Eubothrium* sp. og lengde (cm) og vekt (g) av fisk. S.D = standardavvik. Det ble brukt konfidensintervall (KI) med 95% sikkerhet for utregninger av abundansgrenser, og grenser av vekt av *Eubothrium* sp. KI (95%) = konfidensintervall med 95% sikkerhet. Resample = Program som estimerer KI uavhengig av fordeling i dataene.

Dato for prøveuttak	Kohort 12			
	1.Mar.18	14.May.18	21.Aug.18	15.Okt.18
<b>Uttak</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
N	30	30	30	30
N infisert	0	0	12	26
<b>Prevalens (%)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>86.67</b>
KI (95%) utslag nedover	0	0	22.7	17.4
KI (95%) Utslag oppover	11.6	11.6	19.4	9.6
<b>Abundans, gj.snitt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.5333</b>	<b>1.7667</b>
Abund grenser fra resample ned	0	0	0.3	1.3
Abund grenser fra resample opp	0	0	0.8	2.2
Abundans, 95% KI min	0	0	0.2333	0.4375
Abundans, 95% KI max	0	0	0.3000	0.4675
Abundans, Max	0	0	2	6
<b>Eub Vekt (g), gj.snitt</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.00914</b>	<b>0.8888</b>
Eub V (g) grenser fra resample ned	0	0	0.0034	0.46029
Eub V (g) grenser fra resample opp	0	0	0.0166	1.51391
Eub V (g) 95% KI min	0	0	0.0057	0.4286
Eub V (g) 95% KI max	0	0	0.0074	0.6251
Eub V (g), max	0	0	0.097	5.187
<b>Fisk, Lengde (cm), gj.snitt</b>	<b>25,5</b>	<b>35.6</b>	<b>48,2</b>	<b>53,4</b>
Lengde (cm), S.D	1,56	2,82	2,11	3,84
<b>Fisk, Vekt (g), gj.snitt</b>	<b>184</b>	<b>518</b>	<b>1253.0667</b>	<b>2080.333</b>
Vekt (g), S.D.	37,22	126,40	187,91	446,14

## Appendiks IV - Spearmans rank korrelasjonskoeffisient

Det ble benyttet en Spearmans rank korrelasjonskoeffisient ( $r_s$ ) for å se om det var korrelasjon mellom laksens størrelse (vekt (g) og lengde (cm)) og *Eubothrium* sp. abundans, og om det var korrelasjon mellom k-faktor og *Eubothrium* sp. abundans. Utregninger gjort i forbindelse med denne ses i appendikstabell 10. Korrelasjon mellom laksen lengde og vekt i kohort 4 og 5 er illustrert i figur 7 -8.

For å bestemme Pearsons korrelasjon basert på rank ble det benyttet spearmans rho, med følgende formel:

$$r_s = \frac{S_{R_x R_y}}{S_{R_x} S_{R_y}}$$

For å beregne t-verdi ble følgende formel benyttet:

$$t = r_s * \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r_s^2}}$$

n = 30 fisk pr prøveuttak

df (grader av frihet) = n - 2

For å beregne p-verdi ble det benyttet tosidig Student t-fordeling.

**Appendikstabell 10** - Oversikt over utregninger gjort i forbindelse med Spearmans rank korrelasjonskoeffisient. Korrelasjon mellom lengde (cm) og vekt (g) av laks (*Salmo salar*) og abundans av *Eubothrium* sp. i kohorter med i denne studien. Rød farge indikerer signifikant korrelasjon ( $p < 0,05$ ). N = antall fisk undersøkt. t (N-2) = t-verdi ( med grader av frihet) og  $R_s$  = spearmans rho. \* indikerer prøveuttak hvor abundans var lik 0, og det ble ikke beregnet korrelasjon.

Kohort (prøveuttak)	K-faktor og abundans				Fiskevekt og <i>Eub.</i> abundans				Fiskelengde og <i>Eub.</i> abundans			
	N	$R_s$	t (N-2)	p-verdi	N	spear $R_s$	t (N-2)	p-verdi	N	spear $R_s$	t (N-2)	p-verdi
4 (1)*	30				30				30			
4 (2)	30	-0,300897	-1,669572	0,1061485	30	-0,285415	-1,575823	0,126299	30	-0,278923	-1,536914	0,135539
4 (3)	30	0,157314	0,842924	0,4064144	30	-0,014284	-0,075592	0,940281	30	-0,104212	-0,554456	0,583669
4 (4)	30	-0,059978	-0,317945	0,7528856	30	-0,144482	-0,772634	0,446213	30	-0,108387	-0,576928	0,568598
4 (5)	30	0,143359	0,766502	0,4497923	30	-0,206784	-1,118367	0,272914	30	<b>-0,436829</b>	<b>-2,569612</b>	<b>0,015796</b>
4 (6)	30	<b>0,382026</b>	<b>2,187405</b>	<b>0,0372244</b>	30	0,324354	1,814412	0,080343	30	0,232288	1,263718	0,216752
5 (1)*	30				30				30			
5 (2)	30	-0,264296	-1,450086	0,158145	30	<b>-0,449141</b>	<b>-2,660031</b>	<b>0,012782</b>	30	<b>-0,429652</b>	<b>-2,517738</b>	<b>0,017810</b>
5 (3)	30	<b>-0,367642</b>	<b>-2,091879</b>	<b>0,045639</b>	30	<b>-0,519310</b>	<b>-3,215510</b>	<b>0,003274</b>	30	<b>-0,395864</b>	<b>-2,281054</b>	<b>0,030354</b>
5 (4)	30	-0,229297	-1,246535	0,222896	30	<b>-0,797863</b>	<b>-7,003356</b>	<b>0,000000</b>	30	<b>-0,822113</b>	<b>-7,641018</b>	<b>0,000000</b>
5 (5)	30	0,187194	1,008362	0,321916	30	0,152851	0,818430	0,420023	30	0,145540	0,778412	0,442855
5 (6)	30	0,261258	1,432187	0,163160	30	0,232056	1,262383	0,217224	30	0,097912	0,520604	0,606735
11 (1)*	30				30				30			
11 (2)*	30				30				30			
11 (3)	30	0,235365	1,281436	0,210551	30	0,035477	0,187846	0,852352	30	-0,070590	-0,374463	0,710881
11 (4)	30	0,224387	1,218414	0,233234	30	-0,059031	-0,312908	0,756670	30	-0,065823	-0,349058	0,729657
12 (1)*	30				30				30			
12 (2)*	30				30				30			
12 (3)	30	-0,003819	-0,020211	0,984019	30	-0,196320	-1,059444	0,298452	30	-0,300611	-1,667824	0,106498
12 (4)	30	0,172174	0,924868	0,362937	30	-0,194484	-1,049147	0,303082	30	-0,335499	-1,884521	0,069915



