



SLUTTRAPPORT

Økt kunnskap om *Hysterothylacium aduncum* i torsk, sei og hyse fra norske farvann, med praktiske preventive tiltak.

FHF prosjekt nr. 901543



Miguel Bao, Paolo Cipriani, Arne Levsen

Havforskningsinstituttet (HI)

31.03.2020

1. Sammendrag

I løpet av våren og sommeren 2018 ble flere forsendelser med Nordøstarktisk torsk (skrei) solgt fra en norsk fiskeeksportør til en spansk kunde, som oppdaget store og livlige rundorm (*Hysterothylacium aduncum*) rundt fiskene og i isoportransportkassene. Som en konsekvens av dette ble de aktuelle forsendelsene avvist. Denne hendelsen resulterte i betydelige økonomiske tap for de involverte norske bedrifter, og førte samtidig til at kunden til en viss grad mistet tillitt til fersk skrei fra Norge. Prosjektet ble derfor initiert for å kartlegge og løse problematikken forårsaket av forekomst av *H. aduncum* i norsk hvitfiskindustri.

Den parasittiske nematoden *H. aduncum* har en komplisert livssyklus som involverer plankton (f.eks. kopepoder og krill) og mange ulike mindre fiskeslag som mellomverter, og større rovfisk slik som torsk og sei som sluttverter. Denne generaliststrategien innebærer et stort spredningspotensial, noe som gjør *H. aduncum* til en av de mest tallrike og allestedsnærværende fiskeparasitter i nordøstatlantiske farvann. Vi påviste *H. aduncum* i skrei, hyse og sei fanget langs kysten av Vest-Finnmark om vinteren, tidlig vår og sen vår. Resultatene viste at infeksjonsgraden i tarmen til fisken varierte sterkt, alt fra 100% prevalens og gjennomsnittlig 238 makk hos torsk, til 27% prevalens og gjennomsnittlig kun en makk hos hyse. Resultatene antyder at fangstsesong er den viktigste enkeltfaktoren som forklarer forekomsten av parasitten i Barentshavet. Infeksjonstallene var høyere om vinteren og tidlig vår, men lavere på slutten av våren. Det antas at de tre fiskeslagene får den høye belastningen med *H. aduncum* ved å beite intensivt på gytevandrende lodde om vinteren og tidlig på våren. Etter denne toppen ser det ut til at voksne *H. aduncum* forsvinner fra fisken i løpet av noen måneder. Nye infeksjoner kan imidlertid forekomme også gjennom resten av året, men sannsynligvis i langt mindre grad. På grunn av rask opphaling av fisken under linefiske, har noen fisk magen vrent ut når de havner på dekk. Dette fenomenet gjør det lettere for makken å kravle fra magen (der de naturlig holder til) til hulrommene i hodet, dvs. munn og svelg, og rundt gjellene. Sløying av fisken vil fjerne de fleste *H. aduncum*, men noen og av og til mange, kan være skjult i nevnte hulrom. Derfra kan *H. aduncum* nå ut i transportkassene og være lett synlig for kunden på bestemmelsesstedet. I tillegg viser resultatene at *H. aduncum* kan overleve og være aktiv i minst 14 dager under fuktige og kjølige forhold. I motsetning til kveistypen *Anisakis*, er *Hysterothylacium* ikke zoonotisk og forekommer ikke i kjøttet hos fisk. *H. aduncum* kan fjernes fra produktet ved å sløye, hodekappe og spyle fisken på innsiden av bukhulen, før pakking. I fisk med hodet på kan fjerning av gjellene, i tillegg til sløying og spyling, minske *Hysterothylacium*-problemet ytterligere, særlig om vinteren og tidlig på våren når belastningen er størst.

2. Innledning

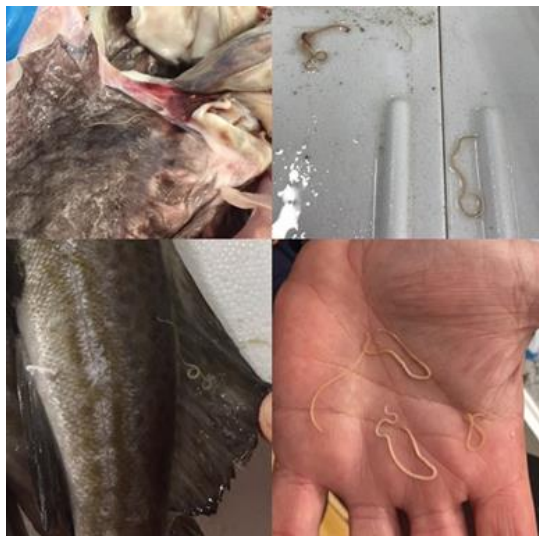
Parasittiske nematoder kjent som "kveis" på norsk, forekommer ofte i innvollene og kjøttet hos mange nordøst-atlantiske fiskeslag, deriblant kommersielt viktige fiskearter som torsk (*Gadus morhua*), sei (*Pollachius virens*) og hyse (*Melanogrammus aeglefinus*) (Gay et al., 2018; Levsen et al., 2018; Pierce et al., 2018; Strømnes og Andersen, 1998). De fleste kveis tilhører familien Anisakidae (Nematoda: Ascaridoidea), der spesielt slektene *Anisakis* og *Pseudoterranova* er av medisinsk og sosioøkonomisk betydning siden begge kan forårsake den fiskebårne og dermed zoonotiske sykdommen anisakidose (EFSA-BIOHAZ, 2010).

Foruten anisakide kveistyper, er forekomsten av en annen lignende kveisart, *Hysterothylacium aduncum* (Familie Raphidascarididae), svært vanlig (Klimpel og Rückert, 2005). Livssyklusen til *Hysterothylacium*

involverer fisk som sluttvert, i motsetning til *Anisakis* og *Pseudoterranova* som bruker sjøpattedyr (henholdsvis hval og sel) som sluttvert mens fisk fungerer kun som transportvert. Voksne individer og nesten voksne larver (L4) av *Hysterothylacium aduncum* lever fortrinnsvis i fiskens mage eller fremre tarm, mens tredje larvestadiet (L3) ofte er lokalisert på de indre organer slik som mageblindsekkene (Berland, 1989). Siden *H. aduncum* utelukkende lever i kaldblodige vertsorganismer, dvs. marint plankton og fisk, er den per definisjon ikke tilpasset forholdene i mage/tarmsystemet hos pattedyr (Karl og Levsen, 2011), som er grunnen til at *H. aduncum* anses som ikke-zoonotisk, altså ikke sykdomsfremkallende hos oss. *Hysterothylacium* kan imidlertid forårsake betydelige økonomiske problemer for industrien ved å redusere den estetiske verdien til aktuelle fiskeprodukter når den opptrer i store mengder i råfisken (Klimpel og Rückert, 2005).

3. Problemstilling og formål

Våren og sommeren 2018 ble det solgt flere partier med nordøst-arktisk torsk (skrei) fra et norsk fiskeriselskap til en spansk kunde. Ved ankomst så kunden flere store og livlige rundorm som krøp rundt på fiskene og i isoporkassene (figur 1), som førte til at kunden avviste disse partiene. Dette resulterte i betydelige økonomiske tap for den norske eksportøren, og medførte også til en viss grad tap av tillit til norske torskeprodukter fra kundens side. Den norske eksportøren tok etter hvert kontakt med parasittologisk faggruppe hos Havforskningsinstituttet for å få identifisert problemparasitten, og for å kommunisere dette videre til den spanske kunden. Det ble fort klart at problemet var knyttet til voksne individer av den ikke-zoonotiske (ikke smittsomme) kveistypen *Hysterothylacium aduncum*. Eksportøren videreformidlet informasjonen til FHF som bestemte seg for å gjennomføre et prosjekt for å kartlegge og for å finne løsninger på dette parasittproblemet.



Figur 1: Voksne *Hysterothylacium* på fisk og i og rundt transportkassene, med noen eksemplarer lagt på håndflaten for størrelsesreferanse. Bildene er tatt hos den spanske kunden.

3.2 Prosjektets varighet

Startdato: 18.02.2019

Sluttdato: 28.02.2020

3.3 Deltakere

Havforskningsinstituttet: Miguel Bao-Dominguez (prosjektleder), Paolo Cipriani, Arne Levsen

FHF: Frank Jakobsen (FHF prosjektansvarlig)

Medlemmer av referansegruppen: Terje Kjøløy (Aalesundfisk AS), Håvard Henriksen (ToBø Fisk AS), Leif Kvivesen (Andenes Fiskemottak AS), Arne Karlsen (Gunnar Klo AS), Martin Flåten (Lerøy Norway Seafoods AS).

3.4 Mål

Hovedmålet var å få bedre kunnskap om *Hysterothylacium* i torsk, nordøst-arktisk sei (heretter sei) og nordøst-arktisk hyse (heretter hyse) fanget i norske farvann, samt å studere gjeldende håndteringsprosedyrer langs hele verdikjede for å hjelpe industrien med å utvikle og implementere parasittforebyggende rutiner.

De spesifikke målene var:

- 1) Å samle inn og behandle publisert informasjon om *Hysterothylacium* ved å utføre en litteraturstudie. Det var behov for mer kunnskap om parasittens livssyklus, økologi, dens tilstedeværelse i torsk, sei og hyse og andre fiskearter (f.eks. Lodde), og dens mulige skadepotensiale for mennesker.
- 2) Å kartlegge forekomst, infeksjonsnivå og anatomisk fordeling av *Hysterothylacium* hos ovennevnte fiskeslag i forhold til fangstsesong, og om parasitten også kan være til stede i fiskens muskulatur/filetene.
- 3) Å vurdere parasittens overlevelse og mobilitet ved å etterligne temperaturforholdene under lagring og transport av fersk torsk/skrei til europeiske markeder.

4. Prosjektgjennomføring

4.1 Prøvetaking av fisk om bord / fabrikk

12. mars 2019 ble Miguel Bao og Paolo Cipriani med på en vanlig fangsttur om bord på en kystfiskebåt i Vest-Finnmark. Dette ga oss muligheten til å oppleve hvordan fisken ble håndtert fra fangst til sjøs via lagring om bord til landing på mottaksanlegget. Dagen etter prøvet vi 10 nylig landet torsk for nærvær av *Hysterothylacium*. Mer informasjon om prøvetakingsmetodikken er gitt i avsnitt 4.2.

Prøvetaking av fisk ved IMR-anleggene

Fiskene ble fanget av yrkesfiskere (jigg, langline eller snurrevad) i området 80425, Hjelmsøybanken (Barentshavet) i perioden mars til mai 2019 (se tabell 1; tabellene ligger i vedlegget). Fiskene ble rundfrosset så raskt som mulig etter fangst og sendt til HI sitt laboratorium for parasittologisk inspeksjon (se nedenfor, avsnitt 4.2). I tillegg ble det prøvetatt 18 torsk i begynnelsen av februar som en del av HIs årlige vintertokt i Barentshavet.

4.2 Parasittologisk prøvetaking

Fiskenes total lengde (TL), totalvekt (TW) og kjønn ble registrert (tabell 2). Hud, finner, munn og gjeller ble visuelt inspisert for preadulte og voksne *Hysterothylacium*. Deretter ble kroppshulen åpnet for å eksponere de indre organene. Fordøyelseskanaalen (dvs. mage, tarmlindsekkene og tarmen) ble fjernet for senere inspeksjon. Magen og tarmen ble forsiktig åpnet for å eksponere innholdet, og telling av *Hysterothylacium* ble utført ved sterkt pålys. Etter inspeksjonen ble hele fordøyelseskanaalen inkludert lindsekkene plassert i gjennomsiktige plastposer for videre inspeksjon for larvestadier av *Hysterothylacium* vha. UV-pressmetoden (for detaljer, se avsnitt 4.3). Filetene, lever og gonader ble

også inspisert vha. UV-pressmetoden. Alle parasitter ble telt og deres anatomiske beliggenhet registrert (tabell 2). Delprøver av parasitten ble analysert morfologisk og molekylært for å fastslå artsidentiteten (se detaljene nedenfor, pkt. 4.4 og 4.5).

4.3 UV-press metodikk

UV-pressmetoden bygger på at frosne nematoder/kveis fluoriserer når de eksponeres for UV-lys (Pippy, 1970). Til dette blir fiskefileter eller innvoller plassert i gjennomsiktige plastposer og flatpresset til 1-3 mm tynne lag i en hydraulisk presse, før eksponering for UV-lys ved 366 nm i et mørkerom (Karl og Leinemann, 1993; Levsen og Lunestad, 2010). Larver og voksne *Hysterothylacium* kan skilles fra andre kveistyper som finnes i fisk (dvs. *Anisakis* spp., *Pseudoterranova* spp. og *Contracaecum* spp.) gjennom forskjeller i form og størrelse så vel som intensiteten og fargenyansen de fluoriserer med. Både innvoller (lever, gonader, mage, blindsekkene og tarm) og filetene ble undersøkt på denne måten (tabell 2).

4.4 Morfologisk identifikasjon

Delprøver av *Hysterothylacium* fra alle tre fiskeslagene ble identifisert for artstilhørighet og utviklingsstadium (dvs. L3, L4 eller voksen) i lysmikroskop basert på morfologiske kjennetegn som beskrevet i Berland (1961, 1989).

4.5 Molekylær identifikasjon

Delprøver av *Hysterothylacium* plukket fra gjeller, hud, mage eller tarm hos torsk (n = 7), hyse (n = 6) og sei (n = 5) ble identifisert ved å analysere en bestemt ribosomal DNA-sekvens (ITS rDNA) (Zhu et al., 2000).

4.6 Overlevelse av *Hysterothylacium* under forskjellige miljøforhold

Til forsøkene ble hundrevis av levende voksne *Hysterothylacium* plukket 13. mars 2019 fra nyfanget torsk (n = 10) like etter levering på et mottak i Vest-Finnmark. Makkene ble fraktet og oppbevart i fysiologisk saltvann i hhv plasttuber og petriskål, og plassert i et kjøleskap ved 4-5 ° C. Alle parasittene viste kraftige bevegelser når overlevelsesforsøket startet d. 19. mai.

Siden *Hysterothylacium* ikke er en pattedyrparasitt vil den ikke kunne klare seg lenge i en varm pattedyrmage. Det er imidlertid ikke kjent hvor lenge den kan overleve under slike forhold. Parasittens overlevelse ble vurdert i samsvar med CODEX-standarden for saltet sild og brisling (Codex Alimentarius, 2004) der en nematode anses som levedyktig når den er intakt og viser spontane og tydelige bevegelser ved mekanisk stimulering med pinsett (Codex Alimentarius, 2004; EFSA-BIOHAZ, 2010).

Parasittens overlevelse ble testet i forskjellige medier (fysiologisk saltvann og pepsinoppløsning), under ulike temperaturforhold (ved 4,5 ° C og 36,5 ° C) og eksponeringstid (tabell 3). Makkene ble plassert i petriskåler (N = 20 parasitter per petriskål) inneholdende 100 ml av de respektive mediene og testet under de forskjellige temperatur- og eksponeringsbetingelsene (tabell 3). Et annet overlevelsesforsøk ble utført kun under varme temperaturforhold (tabell 4).

4.7 Dataanalyser

Grunnleggende infeksjonsparametere (prevalens, abundans og intensitet) per infeksjonssted (gjeller, munn, hud, fordøyelseskana, tarmblindsekkene og totalt) ble beregnet i henhold til kriteriene beskrevet i Bush et al. (1997). Forholdet mellom gjennomsnittlig parasittforekomst og fiskestørrelse (TL og TW), kjønn og fangstsesong ble statistisk analysert i Statistica 13.4.0.14, for hvert av de tre fiskeslagene.

Definisjonene av de epidemiologiske termene er som følger:

Prevalens: Andel (gjerne i %) individer infisert med en parasitt i en vertspopulasjon eller prøve.

Abundans: Antall parasitter av samme art eller gruppe, i/på et vertsendivid, uansett om verten er infisert eller ikke. Abundansen kan dermed være null. Uttrykkes gjerne som gjennomsnittlig abundans.

Intensitet: Antall parasitter av samme art eller gruppe, i/på et infisert vertsendivid. Minimum intensitet er dermed 1. Uttrykkes gjerne som gjennomsnittlig intensitet.

Eksempel: En rød kuleparasitt i en prøve på 4 fisk.



Prevalens: $2/4=0.5$ eller 50%
Abundans: 2, 4, 0, 0; Gj.sn. abundans: $6/4=1.5$
Intensitet: 2, 4; Gj.sn. intensitet: $6/2=3$
Ved 100% prevalens er abundans lik intensitet

5. Resultater

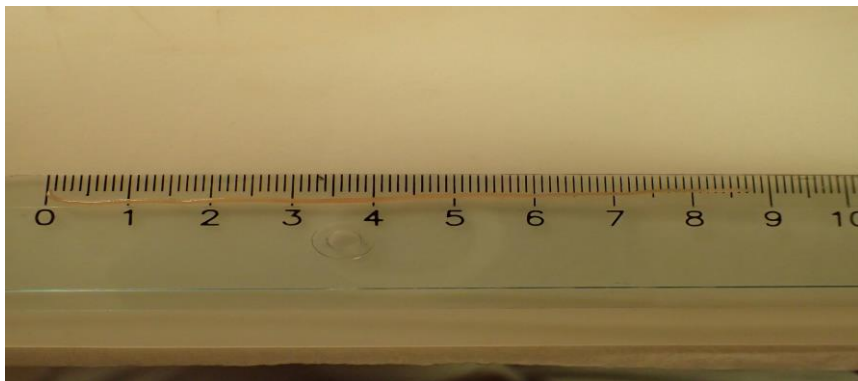
5.1 Morfologisk og molekylær artsidentifisering

Aktuelle delprøver av parasitten ble morfologisk identifisert som enten voksne, L4 eller L3 av arten *Hysterothylacium aduncum*. Dette ble bekreftet gjennom analysing av ITS rDNA-sekvensen fra *Hysterothylacium* (n = 17), som viste 99,8 til 100% overenstemmelse med tilgjengelige ITS rDNA-sekvenser fra *H. aduncum* i GenBank.

5.2 Infeksjonsnivåer

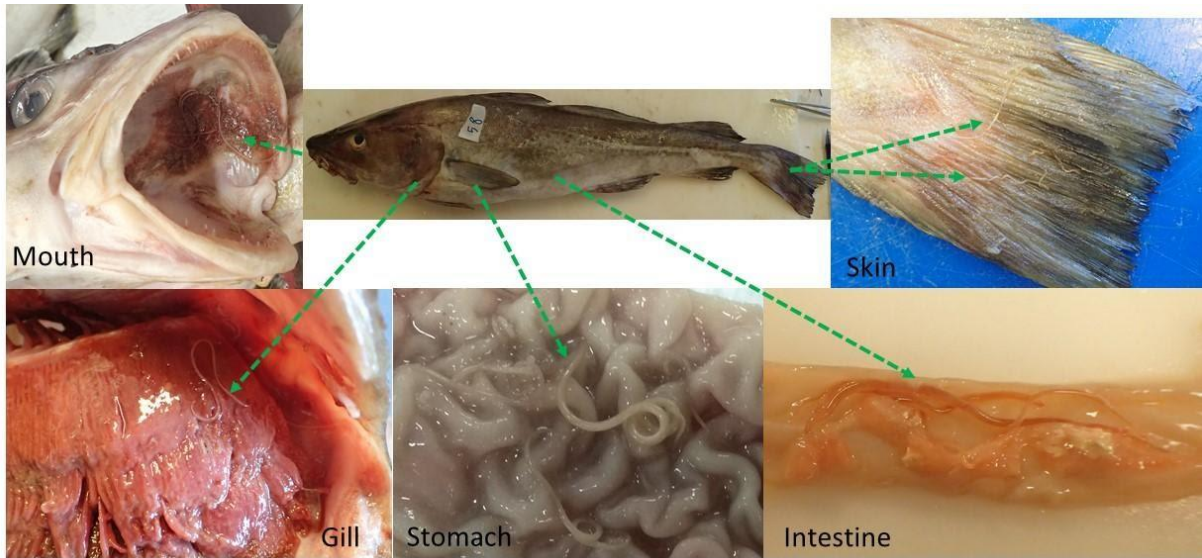
Hysterothylacium ble påvist i torsk, hyse og sei fra Vest-Finnmark gjennom hele prøvetakingsperioden. Infeksjonsnivået varierte imidlertid med fiskeslag, anatomisk infeksjonssted og sesong (tabell 2). De høyeste infeksjonsnivåene ble funnet hos torsk som ble prøvetatt i midten av mars, med 100% prevalens og 238 ± 337 gjennomsnittlig infeksjonsgrad (\pm standardavvik) i fordøyelseskanalen.

Voksne *Hysterothylacium* varierer betydelig i lengde, og er trolig avhengig av hvilket fiskeslag den lever i. Gjennomsnittslengden \pm SD (variasjonsbredde) til voksne *H. aduncum* (N = 287) fra torsk fisket i februar og mars var $4,9 \pm 1,3$ cm (1,8 - 10,5 cm). Parasitten kan altså vokse seg ganske stor, som igjen viser hvorfor den kan vekke avsky hos kunder eller sluttforbrukere, hvis den forekommer i sluttproduktet (figur 2).

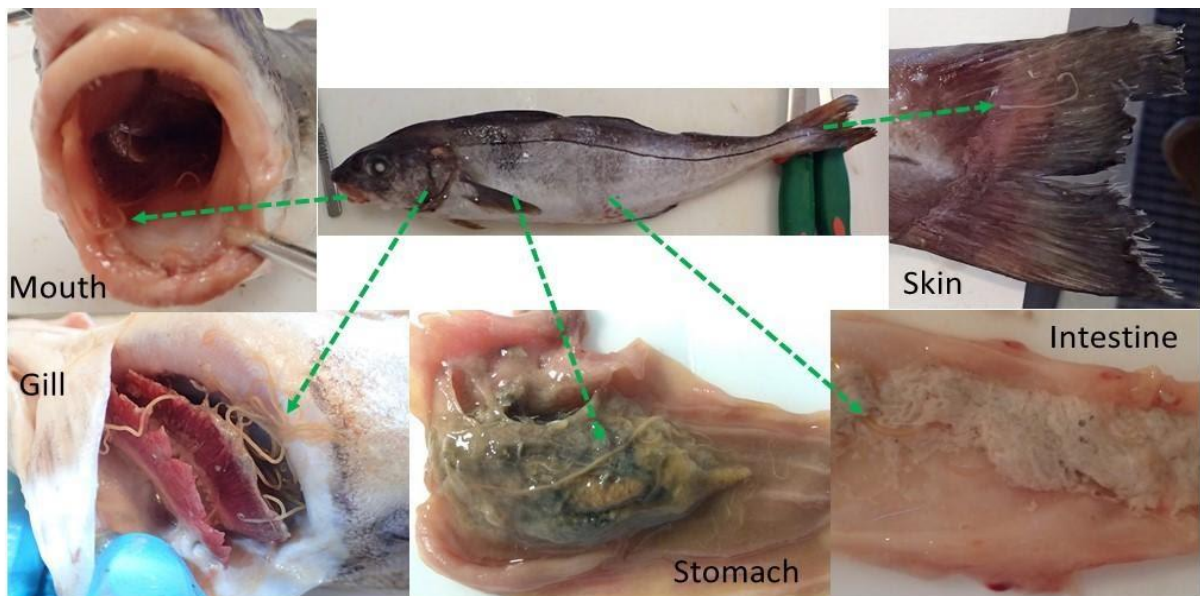


Figur 2: Voksen *H. aduncum* fra magen til sei.

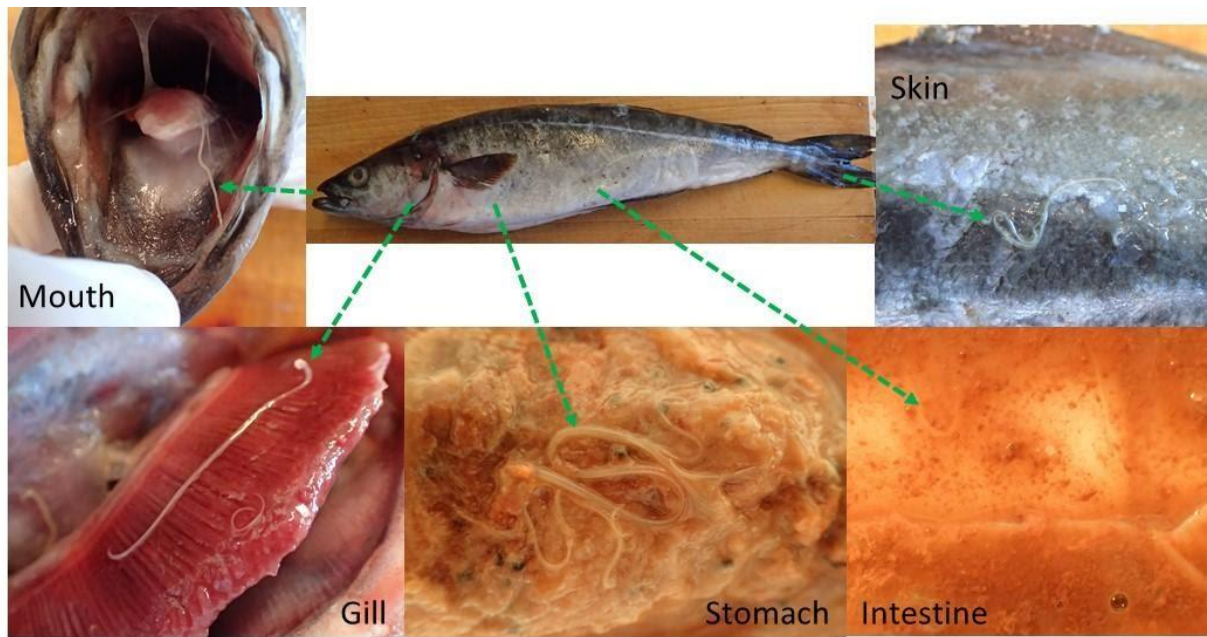
Voksne og L4-larver ble funnet på hud, i munn, svelg, rundt gjellene og i magen og tarmen, og L3-larver i tarmblindsekkene hos torsk (figur 3), hyse (figur 4) og sei (figur 5). Parasitten ble ofte funnet i hulrommene i hodet til fisken (dvs. svelg, munn og gjeller) og/eller på huden (tabell 2), noen ganger i stort antall (figur 6). Tallrike *Hysterothylacium* ble også ofte observert i fiskemagen der de krøllet seg rundt nyspist lodde (figur 7). *Hysterothylacium* ble imidlertid ikke påvist i fiskefiletene.



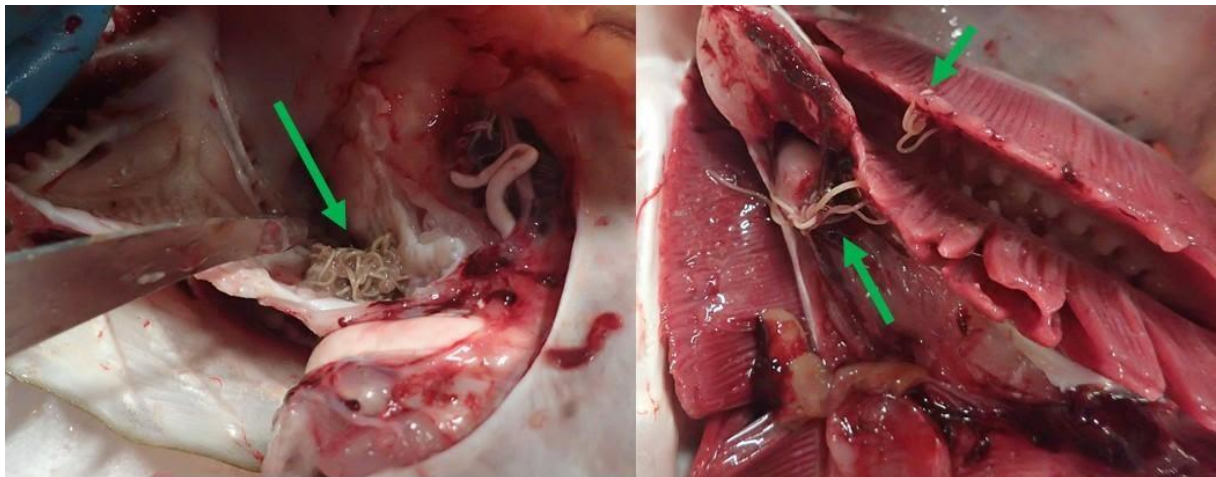
Figur 3: Naturlige og unaturlige funnsteder av *Hysterothylacium* hos torsk.



Figur 4: Naturlige og unaturlige funnsteder av *Hysterothylacium* hos hyse.



Figur 5: Naturlige og unaturlige funnsteder av *Hysterothylacium* hos sei.



Figur 6: Tallrike *Hysterothylacium* i svelg og rundt gjellene hos torsk.



Figur 7: Flere voksne *Hysterothylacium* i og rundt nylig spist lodde i magesekken hos torsk.

5.3 Overlevelse av *Hysterothylacium* under forskjellige miljøforhold

Voksne *Hysterothylacium* ($n = 20$) som ble sjekket daglig var tydelig levedyktig etter 14 dager i kjøleskap. Faktisk var mange *Hysterothylacium* som ble værende i petriskålene med fysiologisk saltvann etter endt forsøk, fortsatt i live etter to måneders oppbevaring i kjøleskap.

Resultatene i tabell 3 og 4 indikerer at nematodene ser ut til å ha fått termisk sjokk når de ble overført fra $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ fysiologisk saltvann til $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ pepsinløsning eller fysiologisk saltvann. Nematodene var tilsynelatende døde siden de ikke viste noen bevegelser selv ved stimulering med nål. Imidlertid ser det ut til at de på en eller annen måte kan tilpasse seg den høye temperaturen etter en stund (dvs. ca 30 minutter), siden noen av dem begynte å vise veldig sakte bevegelser, spesielt etter stimulering.

Resultatene viser at disse parasittene kan overleve i både fysiologisk saltvann og i en pepsinoppløsning i kjøleskap i minst 20 timer (Tabell 3).

Det ser imidlertid ut til at *H. aduncum* ikke tåler $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ i 20 timer siden alle var døde, dvs. ingen viste tegn til bevegelse ved stimulering, og kroppen var tydelig skadet, uavhengig om de ble holdt i pepsinoppløsning eller fys. saltvann (tabell 3).

Tabell 4 viser at selv om noen nematoder var antatt døde etter to timers lagring ved $36,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ i fysiologisk saltvann eller i pepsinoppløsning, kan de komme seg og vise bevegelser hvis de overføres til fysiologisk saltvann og oppbevares i kjøleskap over natten. Disse nematodene så ut til å være døde, siden de ikke

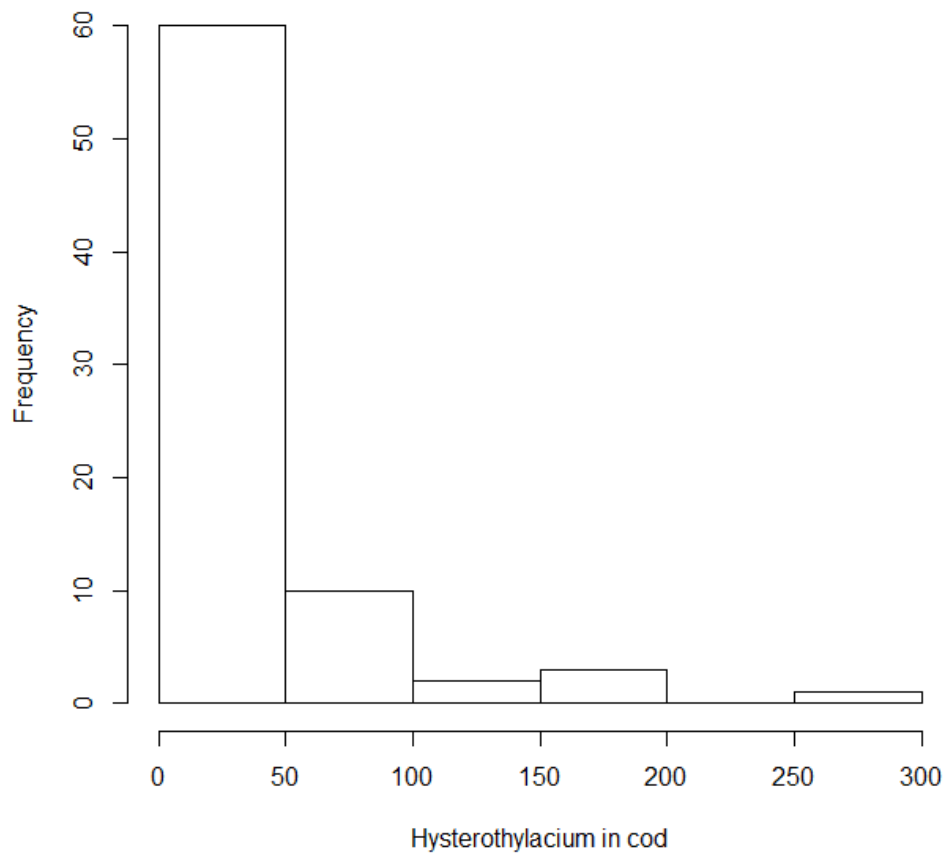
reagerte på manipulering med pinsett, men de har vist evne til å komme seg hvis de ble satt tilbake til "gode" forhold. Dessuten så utseendet på neglebåndet og kroppsinholdet ut til å være skadet (dvs. en "stiv" og gjennomsiktig kutikula i tillegg til at de manglet internt innhold (se figur 8), men de var fremdeles i live (dvs. beveger seg).



Figur 8: Voksen *Hysterothylacium aduncum* etter lagring i kjøleskap i to dager i en pepsinoppløsning. Parasitten viste fortsatt sporadiske bevegelser etter stimulering med pinsett.

5.4 Statistiske analyser

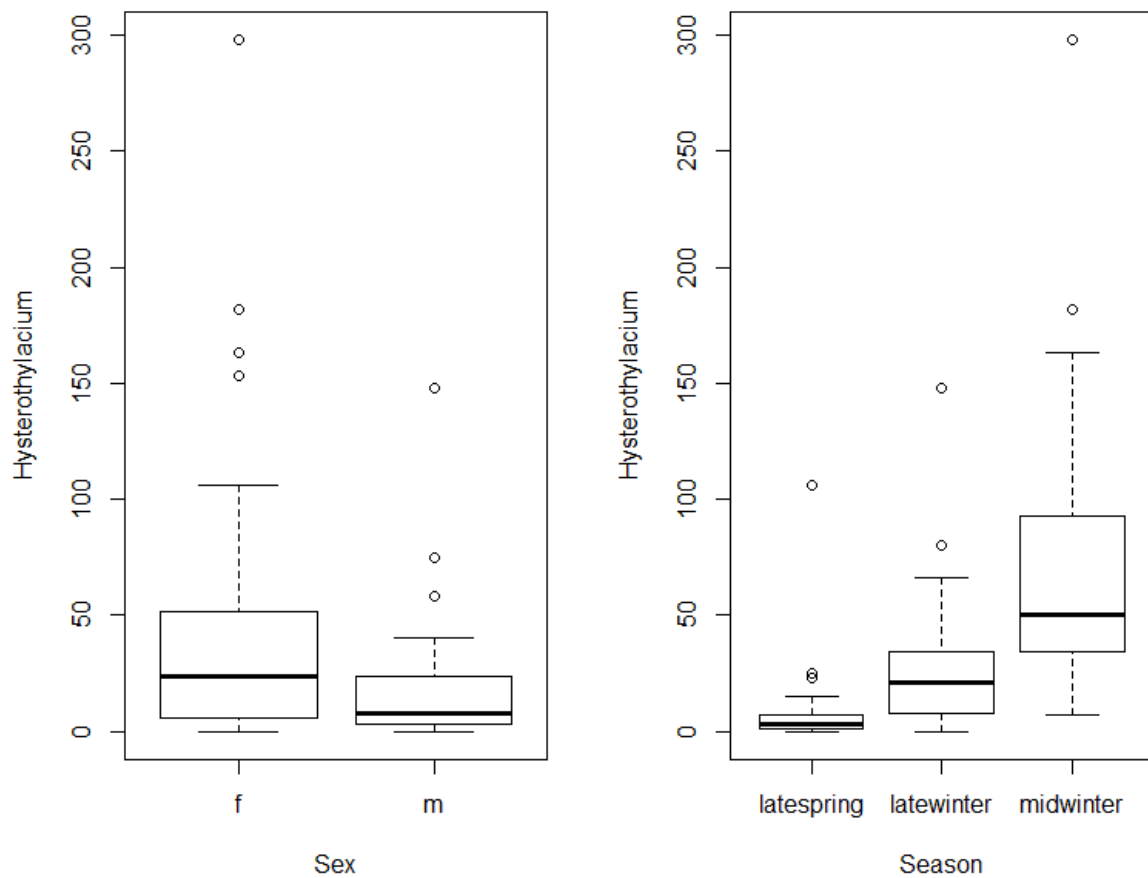
Torsk (n = 10) som ble inspisert for parasitter på mottaket ble fjernet fra analysene siden parasittantall måtte grov-estimeres pga. den høye infeksjonsgraden.



Figur 9: Histogram som viser fordelingen av voksne og L4-larver av *Hysterothylacium* fra fordøyelseskanalen til torsk (n = 76).

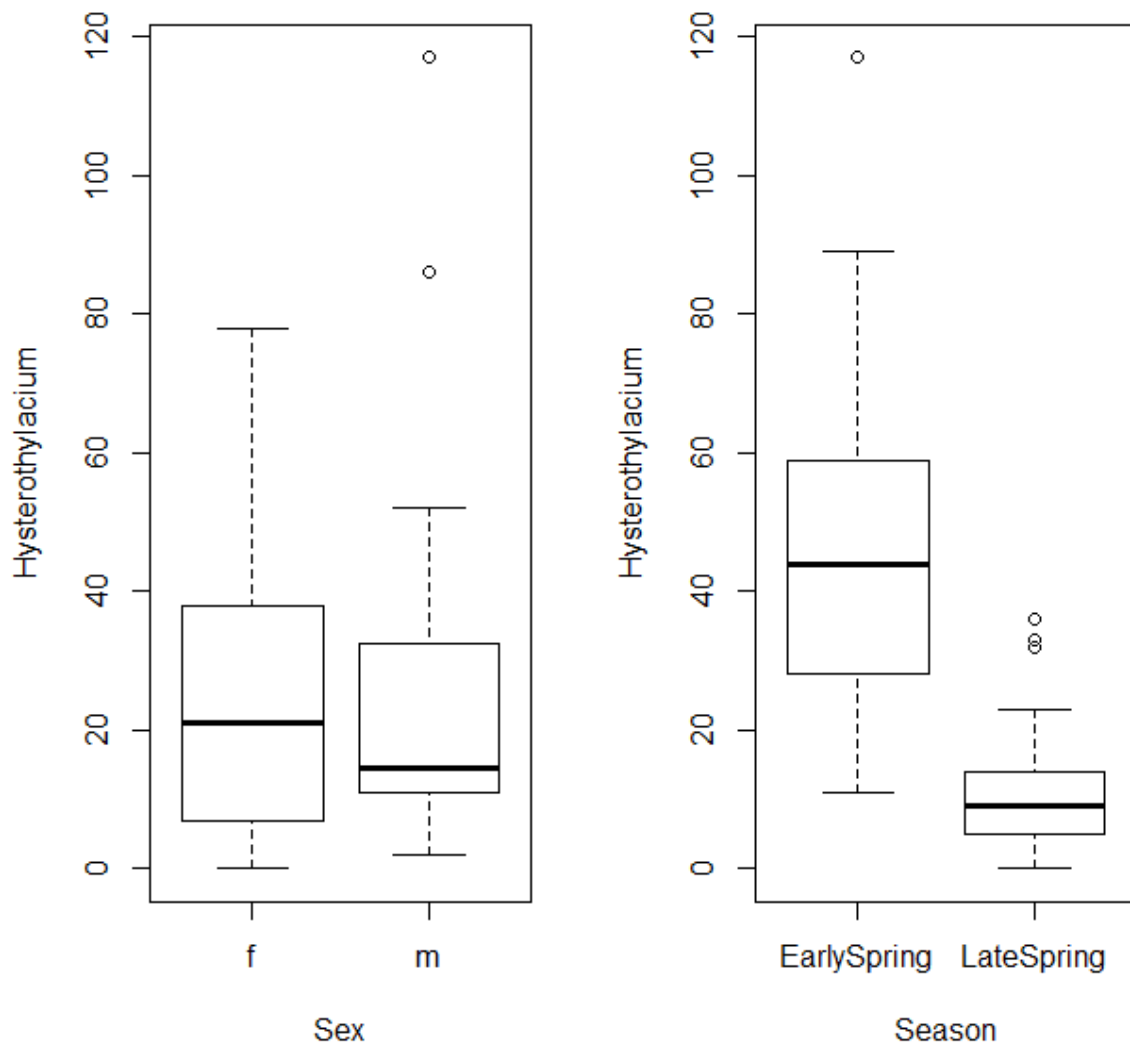
Spearman's korrelasjonskoeffisient mellom antall *Hysterothylacium* og fiskestørrelse (lengde og vekt) var positiv og statistisk signifikant for torsk, og negativ men fremdeles signifikant for sei (tabell 5), mens det var ingen signifikant korrelasjon for hyse (tabell 5). Med andre ord, større torsk hadde flere parasitter, større sei hadde mindre parasitter, og det var ingen sammenheng mellom fiskestørrelse og antall parasitter hos hyse.

ANOVA-testing viste at torsk hadde høyere parasittantall om vinteren og færre på sen vår ($P < 0,001$). Hunfisk hadde høyere antall parasitter enn hanner ($P < 0,05$). Med andre ord ble det prøvetatt større torsk om vinteren og mindre torsk sent på våren (begge variablene er korrelert), men det er ikke mulig å si hvilken som best forklarer antall *H. aduncum* i torsk.



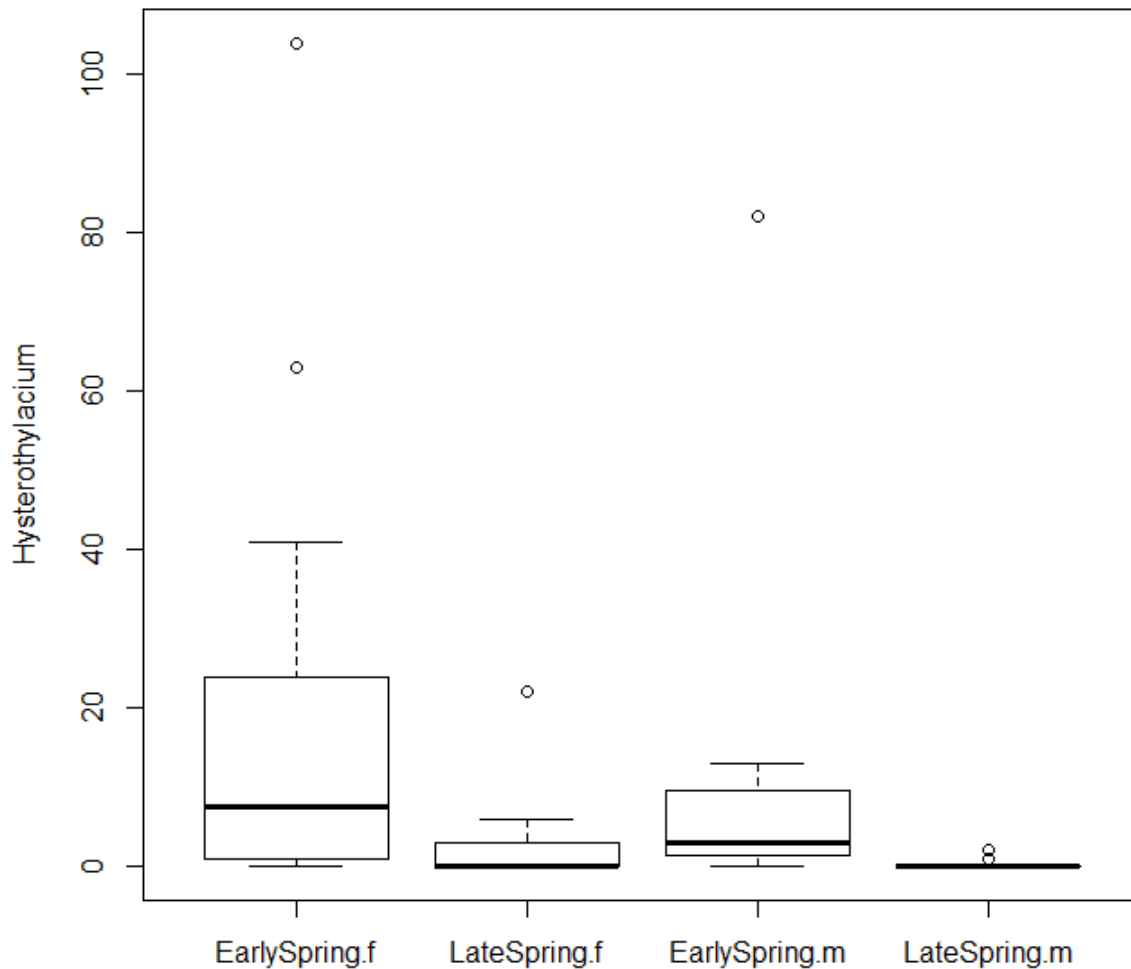
Figur 10: Gjennomsnittlig abundans av *Hysterothylacium* i torsk avhengig av kjønn og årstid (hhv sen vår, sen vinter og midtvinters).

Tilsvarende resultater ble funnet for sei, med høyere antall parasitter tidlig på våren sammenlignet med sen vår ($P < 0,001$). Det var imidlertid ingen statistisk forskjell mellom hunner og hanner (se figur 11) og, i motsetning til torsk, var sesong og fiskestørrelse ikke korrelert (se nærmere forklaring i diskusjonsdelen).



Figur 11: Gjennomsnittlig abundans av *Hysterothylacium* i sei, avhengig av kjønn og sesong (hvh tidlig vår og sen vår).

Regresjonsanalyser ble ikke utført for dataene på hyse siden det var mange uinfiserte fisk, dvs. null parasitter sent på våren, og svært skjev fordeling mellom antall fisk pr kjønn, der 22 av 30 var hunner tidlig vår, mens på sen vår 19 av 30 hanner. Figur 12 viser at antall *H. aduncum* i hyse varierte med fangstsesong og kjønn, dvs. hyse har flere parasitter tidlig enn sent på våren, og indikerer at hunner kan ha flere parasitter enn hanner. Som for sei, men i motsetning til torsk, var sesong og fiskestørrelse ikke korrelert hos hyse.



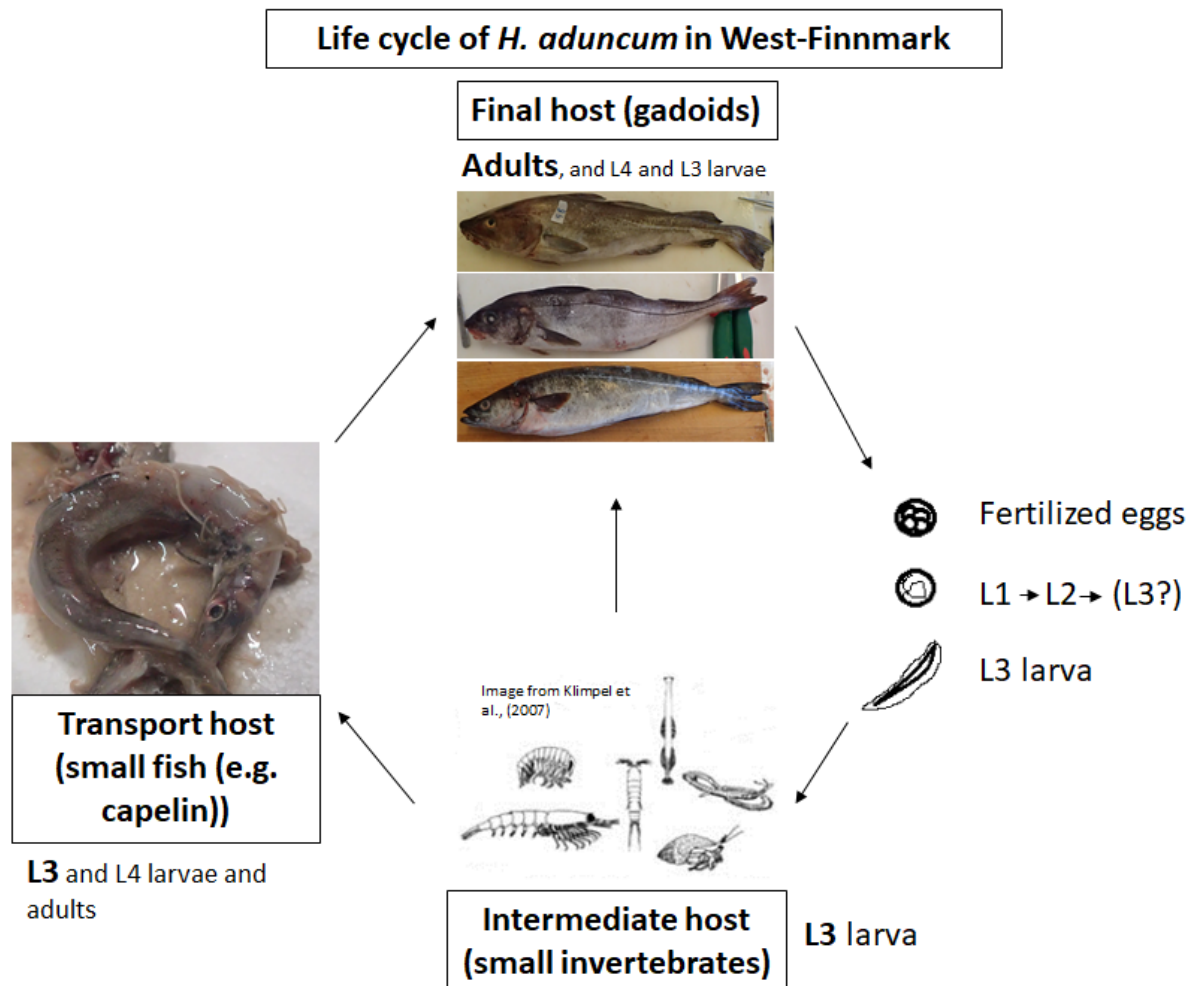
Figur 12: Gjennomsnittlig abundans av *Hysterothylacium* i hyse avhengig av sesong (hhv tidlig og sen vår) og kjønn. f – hunner; m – hanner.

6. Diskusjon

6.1 Generell biologi til *Hysterothylacium aduncum*

Både morfologiske og molekylære resultater basert på ITS-genet identifiserte den aktuelle parasittarten som *Hysterothylacium aduncum*. Livssyklusen til *H. aduncum* er knyttet til det marine økosystemet og inkluderer rovfisk, for eksempel torskefisk, som sluttverter der preadulte (L4) og voksne *Hysterothylacium* lever i fordøyelseskanalen (Berland, 1961; Køie, 1993). Larver på tredje stadiet (L3) er kjent fra små krepserdyr som kopepoder, krill, amfipoder, mysider, dekapoder og andre virvelløse dyr som pilormer, som da opptrer som mellomverter. Det ser ut til at pelagiske fiskeslag som f.eks. lodde, sild, brisling og sardin som beiter på infiserte virvelløse dyr, opptrer som andre mellomvert eller som transportvert selv om disse også kan fungere som sluttverter siden små voksne eksemplarer av parasitten er blitt funnet i slike småfisk (Dessier et al., 2016; Klimpel et al., 2007; Levsen et al., 2016;

Tolonen og Karlsbakk, 2003). Det faktum at *H. aduncum* kan bruke et slikt stort mangfold av bentiske og pelagiske virvelløse dyr og fiskeslag som verter i sin livssyklus, gjør denne parasitten til en av de mest tallrike og allestedsnærværende parasitter i nordøstatlantiske farvann. Figur 13 illustrerer livssyklusen til *H. aduncum* i havområdene utenfor Vest-Finnmark, basert på litteraturgjennomgang og våre funn fra dette prosjektet.



Figur 13: Livssyklus til *H. aduncum* i havområdene utenfor Vest-Finnmark.

6.2 *Hysterothylacium aduncum* i Barentshavet

Forekomst av kveis i fisk har i flere hundre år vært kjent for fiskere og kystfolk i Norge (Berland, 2006). På 1950-tallet identifiserte og beskrev Bjørn Berland de vanligste kveistypene (inkludert *H. aduncum*) fra marine fisker i Norge (Berland, 1961). Siden den gang er forekomsten av denne parasitten i torsk fra Norge dokumentert i en rekke studier: Oslofjorden (Andersen, 1993), Balsfjorden (Hemmingsen et al., 2000), Trondheimsfjorden (Perdiguero-Alonso et al., 2008) og Øksfjorden (Heuch et al., 2011). I tillegg er *Hysterothylacium* blitt påvist i torsk fra Altafjorden (Hemmingsen et al. (1993) og fra Barentshavet (Gay et al., 2018).

Nylig rapporterte Najda et al. (2018) 100% prevalens med gjennomsnittlig abundans på 51 *H. aduncum* i torsk (n = 7) fra Barentshavet mellom Svalbard og Bjørnøya, i okt./nov. 2011. To masteroppgaver utført ved Universitetet i Tromsø rapporterte *H. aduncum* i torsk fra Barentshavet fanget i februar 2015 (Alvestad, 2017) og i mai, juni og september 2015 (Løvland, 2017). Løvland (2017) undersøkte hele

fordøyelseskanalen hos 26 torsk med gjennomsnittlig kroppsvekt på 2 Kg, og rapporterte 85% prevalens og gjennomsnittlig abundans på 34 *H. aduncum*. I vår undersøkelse fant vi prevalenser mellom 81% til 100% og at gjennomsnittlig abundans varierte fra 9 til 238 voksne *H. aduncum*.

6.3 Hvorfor har *Hysterothylacium*-problemet dukket opp nå?

H. aduncum har nok alltid vært en del av Barentshavets økosystem, og torsk, sei og hyse ser ut til å representere svært velegnete sluttverter for parasitten. Men hvorfor oppsto problemene med *Hysterothylacium* nettopp nå i den siste tiden? Det kan se ut som om problemet startet for fullt da fersk skrei med hode på ble solgt til Spania i 2018. Det er velkjent at torsken kan gulpe opp mageinnholdet eller at hele magen vrenses ut på grunn av stress eller trykkforskjellen når fisken hales til overflaten. På denne måten kan *Hysterothylacium* overføres hurtig fra fiskens mage til munnhulen. Dette innebærer at selv om det på mottaksanlegget følges vanlig sløye- og rensepraksis og det meste av *Hysterothylacium* blir fjernet, kan noen (kanskje mange) forbli skjult i munnhulen og overses under pakking. Etter hvert kan makkene krype ut fra hulrommene i hodet til kroppsoverflaten og ut i isoporkassene under transporten, og dermed være levende og lett synlig for kunden på sluttdestinasjonen.

Det er imidlertid også mulig at det har vært en faktisk økning i infeksjonsnivå til *H. aduncum* i torsk de siste årene, spesielt med tanke på de svært høye infeksjonsverdiene som vi observerte i februar og mars (tabell 2). På grunn av mangel på sammenlignbare historiske data kan dette imidlertid ikke testes statistisk på nåværende tidspunkt.

6.4 Faktorer som forklarer *Hysterothylacium* forekomst og mengde i hvitfisk

Resultatene indikerer at sesong er den viktigste variabelen som forklarer mengden av *H. aduncum* i disse tre hvitfiskartene. For torsk var det en tydelig korrelasjon mellom fangstsesong og fiskestørrelse, men det er usikkert hvor representative prøvene faktisk var, dvs. det var større torsk i prøvene om vinteren sammenlignet med prøvene tatt på forsommeren, og dette gjør det ikke mulig å bestemme hvilken variabel som er den viktigste for å forklare mengden av *H. aduncum* i denne fiskearten. Interessant nok var disse variablene (dvs. fiskestørrelse og sesong) ikke korrelert for sei og hyse. Dessuten var abundansen til *H. aduncum* negativt korrelert med fiskestørrelse hos sei, og ikke korrelert hos hyse. Disse resultatene antyder at sesong er den viktigste variabelen som forklarer parasittens forekomst og mengde i disse tre hvitfiskartene, med et høyere antall parasitter tidlig på året (vinter og tidlig vår) og lavere senere på våren.

Den sesongmessige variasjonen i infeksjonsnivåer som er funnet for denne parasitten i hvitfisk fra havet utenfor Vest-Finnmark, kan forklares gjennom spiseadferden (hvem spiser hvem når?) og vandringene til de ulike vertsorganismene. De tre hvitfiskartene ser ut til å ha lignende vandringmønstre fra beiteområdene i Barentshavet til sørlige gyteplasser nær den nordnorske kysten (for skreien er Lofoten/Vesterålen-området spesielt viktig) på vinteren og ut våren (for detaljer, se Bergstad et al., 1987; Olsen et al., 2010). Tilsvarende tilbringer lodde hele sin livssyklus i Barentshavet, men utfører omfattende sesongmigrasjon (gjennomgått av Gjøsæter, 1998). Om vinteren og tidlig på våren starter lodde sin gytevandring mot kysten av Nord-Norge og Kolahalvøya, mens den om sommeren og høsten ser ut til å oppholde seg i oppvekst og beiteområder i det sentrale og nordlige Barentshavet (Gjøsæter, 1998; Gjøsæter et al., 2016).

I tillegg viser torsk, sei og hyse et tydelig sesongmønster når det gjelder foretrukne bytteorganismer (for detaljer, se Bergstad et al., 1987; Olsen et al., 2010). Alle de tre fiskeslagene beiter intenst på gytende lodde langs kysten av Finnmark, som utgjør henholdsvis 97%, 96% og 87% av biomassen i magen til

henholdsvis torsk, sei og hyse på denne tiden (Bogetveit et al., 2008). Dette forholdet med overlappende fordeling i tid og sted er særlig utpreget mellom torsk og lodde (Fall et al., 2018; Johannesen et al., 2016). Reker (*Pandalus borealis*) kan imidlertid også være viktig som byttedyr gjennom året, i tillegg til krill som blir særlig beitet på av torsk og hyse om sommeren (se Bergstad et al., 1987), men kan også være en viktig beitekomponent for sei (Mironova, 1961).

På denne bakgrunn ser det ut til at alle tre hvitfiskslagene utsettes for størst smittepress med *Hysterothylacium* gjennom intensiv beiting på lodde i begynnelsen av året, siden gyteklar lodde har parasitten med seg når den ankommer gytefeltene utenfor Finnmarkskysten (Levsen et al., 2016). *Hysterothylacium* ser imidlertid ut til å være forholdsvis kortlevd som voksne i fiskens fordøyelseskanal. Antakelsen bygger på våre observasjoner at parasitten etter en infeksjonstopp om vinteren/tidlig vår, og etter paring og produksjon av egg, forsvinner fra fisketarmen i løpet av våren. Det er imidlertid viktig å understreke at nye infeksjoner kan oppstå gjennom hele året, som vi observerte sent på våren, siden parasitten kan bruke flere smitteveier, f.eks. via krill og andre mindre byttedyr, til å nå de ulike torskefiskvertene på (figur 13).

6.5 Parasittens overlevelse

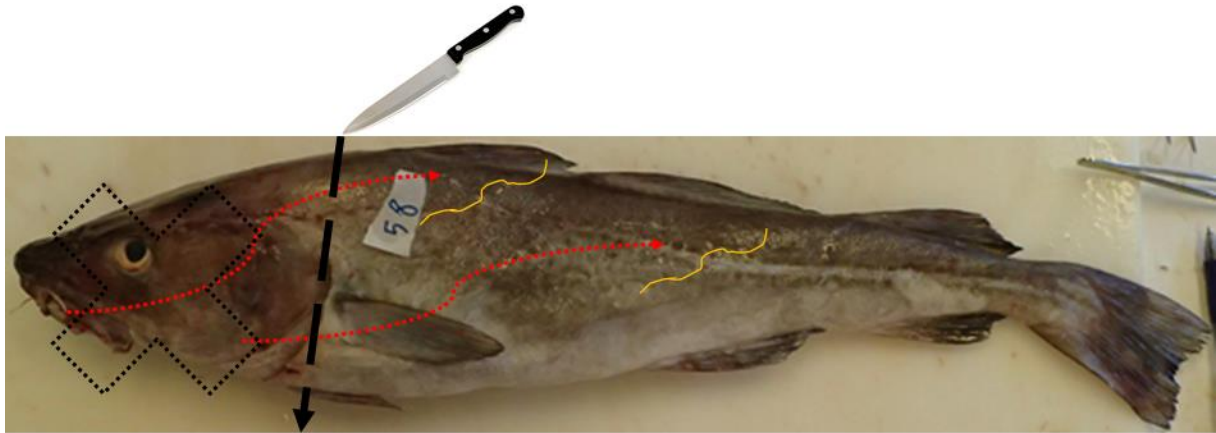
Mange *Hysterothylacium* ble funnet i live og krøpp over torsken og rundt i kassene da fisken ankom bestemmelsesstedet i Spania, som førte til at hele forsendelsen ble avvist. At dette er et reelt scenario fikk vi ytterligere bevis på gjennom våre forsøk der vi fant at voksne makk kan overleve i mer enn 14 dager under våte og kjølige forhold.

H. aduncum er en parasitt hos kaldblodige organismer og anses generelt å være ikke-zoonotisk, men dette aspektet er fremdeles noe omdiskutert (Shamsi et al., 2018). For eksempel er det ikke kjent hvor lenge den kan overleve under forhold som en varm tarm hos pattedyr representerer. Våre forsøk viste imidlertid at *Hysterothylacium* ikke tåler 36,5 °C i mer enn 20 timer, siden alle var døde uavhengig av om det ble brukt pepsin eller fys. saltvann som oppbevaringsmedium. Våre funn tyder imidlertid på at parasitten kan overleve forhøyede temperaturer og sure pH-forhold i kortere tid, siden noen makk viste tydelige bevegelser ved stimulering med pinsett etter to timers lagring. Disse observasjonene tillater imidlertid ikke å konkludere om tilfeldig svelget *Hysterothylacium* kan forårsake symptomer eller skade i mage/tarm hos mennesker.

6.6 Anbefalinger til industrien

Siden parasitten kan forbli skjult i hodehulrommene til fisken, og derfra krype ut på overflaten og ut i transportkassene, anbefaler vi følgende håndterings- og renseprosedyrer:

- 1) Nøye sløying (det må ikke være tarmrester igjen), hodekapping og grundig spyling både ut- og innvendig er den sikreste måten å bli kvitt *Hysterothylacium* i fiskeproduktet på (figur 14).



Figur 14: Sløyning, hodekapping og grundig spyling kan eliminere parasitten fra produktet.

2) I tillegg til sløyning og spyling, kan fullstendig fjerning av gjellene fulgt av spyling av svelgområdet vurderes, spesielt i «høysesongen» for *H. aduncum* om vinteren og tidlig vår.

7. Konklusjon

Den parasittiske nematoden *Hysterothylacium aduncum* kan forekomme i stort antall i fordøyelseskanalen hos torsk, sei og hyse, men den forekommer ikke i filetene. Fangstseson ser ut til å være den viktigste enkeltfaktoren som forklarer infeksjonsdynamikken til *H. aduncum* i hvitfisk, med flere parasitter om vinteren og tidlig på våren, og mindre parasitter på sensommeren. Det antas at hvitfisk kan få maksimal parasittbyrde ved å beite på gytevandrende lodde om vinteren og tidlig vår langs kysten av Vest-Finnmark. Parasitten kan overleve i lange perioder under kjølige og fuktige forhold, og derfor være i live og aktive når forsendelser med fersk torsk ankommer bestemmelsesstedet. Problemet med *Hysterothylacium* kan imidlertid elimineres ved at fisken hodekappes og sløyes nøye, fulgt av grundig spyling før pakking. Alternativt, i tilfeller der hode skal være på, kan man i tillegg til sløyning og spyling med vann, fjerne gjellene fulgt av grundig spyling av svelgområdet.

8. Hovedfunn

- *Hysterothylacium* er veldig utbredt og kan forekomme i stort antall hos torsk, sei og hyse.
- *Hysterothylacium* forekommer ikke i fiskekjøttet.
- Parasitten opptrer i større mengder om vinteren og tidlig på våren enn på sen vår i Vest-Finnmark, som ser ut til å være knyttet til torskens intense beiting på gytende lodde.
- Parasitten kan fjernes ved sløyning, hodekapping og grundig spyling av hele fisken før pakking. Som et alternativ kan i tillegg til nøye sløyning og spyling, vurderes fullstendig fjerning av gjellene fulgt av spyling av svelgområdet.

9. Leveranser

- Faglig sluttrapport.
- Administrativ sluttrapport.
- Presentasjon av prosjektresultater for bransjen.
- Referat fra det avsluttende prosjektmøtet.
- Faktaark på norsk, engelsk og spansk.

Referanser

- Alvestad, A., 2017. Parasites of Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) in the Barents Sea : effects on reproduction. Univeristy of Tromsø.
- Andersen, K., 1993. *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1862) infection in cod from the Oslofjord: Seasonal occurrence of third-and fourth-stage larvae as well as adult worms. Parasitol. Res. 79, 67–72. <https://doi.org/10.1007/BF00931220>
- Bergstad, O.A., Jørgensen, T., Dragesund, O., 1987. Life history and ecology of the gadoid resources of the Barents Sea. Fish. Res. 5, 119–161. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(87\)90037-3](https://doi.org/10.1016/0165-7836(87)90037-3)
- Berland, B., 2006. Musings on nematode parasites.
- Berland, B., 1989. Identification of fish larval nematodes from fish, in: Möller, H. (Ed.), Nematode Problems in North Atlantic Fish. Report from a Workshop in Kiel, 3-4 April 1989. pp. 16–22.
- Berland, B., 1961. Nematodes from some Norwegian marine fishes. Sarsia 2, 1–50. <https://doi.org/10.1080/00364827.1961.10410245>
- Bogetveit, F.R., Slotte, A., Johannessen, A., 2008. The ability of gadoids to take advantage of a short-term high availability of forage fish: The example of spawning aggregations in Barents Sea capelin. J. Fish Biol. 72, 1427–1449. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.01808.x>
- Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., Shostak, A.W., 1997. Parasitology Meets Ecology on Its Own Terms: Margolis et al. Revisited. J. Parasitol. 83, 575. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Codex Alimentarius, 2004. Standard for salted atlantic herring and salted sprat - CODEX STAN 244-2004.
- Dessier, A., Dupuy, C., Trancart, T., Audras, A., Bustamante, P., Gérard, C., 2016. Low diversity of helminth parasites in *Sardina pilchardus* and *Engraulis encrasicolus* (Clupeidae) from the Bay of Biscay. Mar. Freshw. Res. 67, 1583. <https://doi.org/10.1071/MF15147>
- EFSA-BIOHAZ, 2010. Scientific Opinion on risk assessment of parasites in fishery products. EFSA J. 8, 1543. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1543>
- Fall, J., Ciannelli, L., Skaret, G., Johannesen, E., 2018. Seasonal dynamics of spatial distributions and overlap between Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*) and capelin (*Mallotus villosus*) in the Barents Sea. PLoS One 13, 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205921>
- Gay, M., Bao, M., MacKenzie, K., Pascual, S., Buchmann, K., Bourgau, O., Couvreur, C., Mattiucci, S., Paoletti, M., Hastie, L.C., Levsen, A., Pierce, G.J., 2018. Infection levels and species diversity of ascaridoid nematodes in Atlantic cod, *Gadus morhua*, are correlated with geographic area and fish size. Fish. Res. 202, 90–102. <https://doi.org/10.1016/J.FISHRES.2017.06.006>
- Gjøsaeter, H., 1998. The population biology and exploitation of capelin (*Mallotus villosus*) in the barents sea. Sarsia 83, 453–496. <https://doi.org/10.1080/00364827.1998.10420445>
- Gjøsaeter, H., Hallfredsson, E.H., Mikkelsen, N., Bogstad, B., Pedersen, T., 2016. Predation on early life stages is decisive for year-class strength in the Barents Sea capelin (*Mallotus villosus*) stock. ICES J. Mar. Sci. 73, 182–195. <https://doi.org/10.4135/9781412953924.n678>
- Hemmingsen, W., Halvorsen, O., MacKenzie, K., 2000. The occurrence of some metazoan parasites of Atlantic cod, *Gadus morhua* L., in relation to age and sex of the host in Balsfjord (70°N), North Norway. Polar Biol. 23, 368–372. <https://doi.org/10.1007/s003000050457>
- Hemmingsen, W., Lysne, D.A., Eidnes, T., Skorping, A., 1993. The occurrence of larval ascaridoid nematodes in wild-caught and in caged and artificially fed Atlantic cod, *Gadus morhua* L., in Norwegian waters. Fish. Res. 15, 379–386. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(93\)90088-O](https://doi.org/10.1016/0165-7836(93)90088-O)
- Heuch, P., Jansen, P., Hansen, H., Sterud, E., MacKenzie, K., Haugen, P., Hemmingsen, W., 2011. Parasite faunas of farmed cod and adjacent wild cod populations in Norway: a comparison. Aquac. Environ. Interact. 2, 1–13. <https://doi.org/10.3354/aei00027>
- Johannesen, E., Johansen, G.O., Korsbrekke, K., 2016. Seasonal variation in cod feeding and growth in a changing sea. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 73, 235–245. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0052>
- Karl, H., Leinemann, M., 1993. A fast and quantitative detection method for nematodes in fish fillets and fishery products. Arch. Lebensmittelhyg. 44, 105–128.

- Karl, H., Levsen, A., 2011. Occurrence and distribution of anisakid nematodes in Grey gurnard (*Eutrigla gurnardus* L.) from the North Sea. *Food Control* 22, 1634–1638. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.03.021>
- Klimpel, S., Kleinertz, S., Hanel, R., Rückert, S., 2007. Genetic variability in *Hysterothylacium aduncum*, a raphidascarid nematode isolated from sprat (*Sprattus sprattus*) of different geographical areas of the northeastern Atlantic. *Parasitol. Res.* 101, 1425–1430. <https://doi.org/10.1007/s00436-007-0662-0>
- Klimpel, S., Rückert, S., 2005. Life cycle strategy of *Hysterothylacium aduncum* to become the most abundant anisakid fish nematode in the North Sea. *Parasitol. Res.* 97, 141–149. <https://doi.org/10.1007/s00436-005-1407-6>
- Køie, M., 1993. Aspects of the life cycle and morphology of *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802) (Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae). *Can. J. Zool.* 71, 1289–1296. <https://doi.org/10.1139/z93-178>
- Levsen, A., Lunestad, B.T., 2010. *Anisakis simplex* third stage larvae in Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus* L.), with emphasis on larval distribution in the flesh. *Vet. Parasitol.* 171, 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.03.039>
- Levsen, A., Paoletti, M., Cipriani, P., Nascetti, G., Mattiucci, S., 2016. Species composition and infection dynamics of ascaridoid nematodes in Barents Sea capelin (*Mallotus villosus*) reflecting trophic position of fish host. *Parasitol. Res.* 115, 4281–4291. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5209-9>
- Levsen, A., Svanevik, C.S., Cipriani, P., Mattiucci, S., Gay, M., Hastie, L.C., Bušelić, I., Mladineo, I., Karl, H., Ostermeyer, U., Buchmann, K., Højgaard, D.P., Pierce, G.J., 2018. A survey of zoonotic nematodes of commercial key fish species from major European fishing grounds—Introducing the FP7 PARASITE exposure assessment study. *Fish. Res.* 202, 4–21. <https://doi.org/10.1016/J.FISHRES.2017.09.009>
- Løvland, A.B., 2017. Parasites from cod in two different localities, the Barents Sea and Øksfjord in the coastal region of northern Norway: a comparison. University of Tromsø.
- Mironova, N. V., 1961. Biology of the Barents Sea saithe, *Pollachius virens* (L.). *Int. Rev. der gesamten Hydrobiol. und Hydrogr.* 46, 447–459. <https://doi.org/10.1002/iroh.19610460311>
- Najda, K., Kijewska, A., Kijewski, T., Plauška, K., Rokicki, J., 2018. Distribution of ascaridoid nematodes (Nematoda: Chromadorea: Ascaridoidea) in fish from the barents sea. *Oceanol. Hydrobiol. Stud.* 47, 128–139. <https://doi.org/10.1515/ohs-2018-0014>
- Olsen, E., Aanes, S., Mehl, S., Holst, J.C., Aglen, A., Gjøsæter, H., 2010. Cod, haddock, saithe, herring, and capelin in the Barents Sea and adjacent waters: A review of the biological value of the area. *ICES J. Mar. Sci.* 67, 87–101. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp229>
- Perdiguero-Alonso, D., Montero, F.E., Raga, J., Kostadinova, A., 2008. Composition and structure of the parasite faunas of cod, *Gadus morhua* L. (Teleostei: Gadidae), in the North East Atlantic. *Parasit. Vectors* 1, 23. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-1-23>
- Pierce, G.J., Bao, M., MacKenzie, K., Dunser, A., Giuliotti, L., Cipriani, P., Mattiucci, S., Hastie, L.C., 2018. Ascaridoid nematode infection in haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and whiting (*Merlangius merlangus*) in Northeast Atlantic waters. *Fish. Res.* 202, 122–133. <https://doi.org/10.1016/J.FISHRES.2017.09.008>
- Pippy, J.H.C., 1970. Use of Ultraviolet Light to find Parasitic Nematodes in situ. *J. Fish. Res. Board Canada* 27, 963–965. <https://doi.org/10.1139/f70-107>
- Shamsi, S., Steller, E., Chen, Y., 2018. New and known zoonotic nematode larvae within selected fish species from Queensland waters in Australia. *Int. J. Food Microbiol.* 272, 73–82. <https://doi.org/10.1016/J.IJFOODMICRO.2018.03.007>
- Strømnes, E., Andersen, K., 1998. Distribution of whaleworm (*Anisakis simplex*, Nematoda, Ascaridoidea) L3 larvae in three species of marine fish; saithe (*Pollachius virens* (L.)), cod (*Gadus morhua* L.) and redfish (*Sebastes marinus* (L.)) from Norwegian waters. *Parasitol. Res.* 84, 281–285. <https://doi.org/10.1007/s004360050396>
- Tolonen, A., Karlsbakk, E., 2003. The parasite fauna of the Norwegian spring spawning herring (*Clupea*

harengus L.). ICES J. Mar. Sci. 60, 77–84. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2002.1307> ER
Zhu, X., Gasser, R.B., Jacobs, D.E., Hung, G.C., Chilton, N.B., 2000. Relationships among some ascaridoid nematodes based on ribosomal DNA sequence data. Parasitol. Res. 86, 738–744. <https://doi.org/10.1007/PL00008561>

Appendix

Tabeller

Tabell 1: Detaljer om fiskeprøvene fra Hjelmsøybanken (Vest-Finnmark).

Fiskeslag	Antall fisk	Fangstdato	Sesong	Fangstmåte	Tilstand	Prøvetakingssted
Torsk	18	1.2.19	Vinter	Jigg/juksa	Fersk (på is)	HI-laboratorium
	10	13.3.19	Sen vinter	Jigg/juksa	Fersk (på)	Mottak
	32	12.3.19	Sen vinter	Jigg/juksa	Frossen	HI-laboratorium
	27	31.5.19	Sen vår	Linefiske	Frossen	HI-laboratorium
Hyse	30	2.4.19	Tidlig vår	Snurrevad	Frossen	HI-laboratorium
	30	31.5.19	Sen vår	Snurrevad	Frossen	HI-laboratorium
Sei	29	2.4.19	Tidlig vår	Snurrevad	Frossen	HI-laboratorium
	29	31.5.19	Sen vår	Snurrevad	Frossen	HI-laboratorium

Tabell 2: Infeksjonskarakteristikker av *Hysterothylacium aduncum* i torsk, hyse og sei fra Hjelmsøybanken (Vest-Finnmark). NA = Data ikke tilgjengelig.

Fiskeslag	N	Fangstdato	Lengde* ± Std	Vekt* ± Std	Voksne og L4 larver		L3 larver		Alle				
					Hud/munn/svelg/gjeller	Tarm	Blindsekker	Totalt					
					P* (%)	mA* ± Std	P (%)	mA ± Std	P (%)	mA ± Std	P (%)	mA ± Std	Variasjonsbrede
Torsk	18	1.2.19	101 ± 6	10.0 ± 1.9	NA	NA	100%	79.7 ± 74.8	50%	3.7 ± 5.0	NA	NA	NA
	10	13.3.19	90 ± 12	6.7 ± 3.6	50%	4.2 ± 11.2	100%	238.2 ± 336.8	NA	NA	NA	NA	NA
	32	12.3.19	77 ± 7	4.4 ± 1.3	41%	2.3 ± 5.9	97%	28.7 ± 29.8	0%	0	97%	31.1 ± 29.4	0-148
	27	31.5.19	67 ± 7	2.4 ± 0.7	19%	0.3 ± 0.8	81%	8.9 ± 20.5	4%	0.0 ± 0.2	81%	9.2 ± 21.2	0-110
Hyse	30	2.4.19	51 ± 5	1.4 ± 0.4	53%	5.0 ± 12.0	80%	16.0 ± 25.8	3%	0.1 ± 0.4	87%	21.1 ± 34.9	0-143
	30	31.5.19	54 ± 6	1.4 ± 0.5	3%	0.1 ± 0.5	27%	1.3 ± 4.2	7%	0.2 ± 0.6	33%	1.6 ± 4.7	0-25
Sei	29	2.4.19	53 ± 5	1.6 ± 0.4	100%	11.0 ± 7.0	100%	45.9 ± 24.9	28%	1.7 ± 5.1	100%	58.6 ± 27.7	15-129
	29	31.5.19	62 ± 9	2.2 ± 1.1	66%	2.8 ± 4.8	97%	12.1 ± 10.3	10%	0.2 ± 0.5	100%	15.1 ± 12.2	1-43

Lengde målt i cm; Vekt målt i kg. P = prevalens; mA = gj.sn. abundans

Tabell 3: Antall voksne *H. aduncum* vurdert som bevegelige/ubevegelige, per tidsintervall, lagringstemperatur og lagringsmedium. Ved forsøksstart (time 0) inneholdt hver prøveskål 20 voksne *H. aduncum* som alle viste tydelige bevegelser.

Time 0 (Dag 1)	Pepsin (36.5 °C) (parallel 1)	Pepsin (36.5 °C) (parallel 2)	Fys. saltvann (36.5 °C) (parallel 1)	Fys. saltvann (36.5 °C) (parallel 2)	Fys. saltvann (4.5 °C)	Pepsin (4.5 °C)
15 min	0/20	0/20	11/9	11/9	20/0	20/0
30 min	5/15	4/16	11/9	6/14	20/0	20/0
1.15 h	1/20	2/20	11/9	4/16	20/0	20/0
1.45 h	0/20	0/20	13/7	4/16	20/0	20/0
Dag 2		11/9	20/0			
20 h	0/20	(holdt i kjøleskap over natten)	(holdt i kjøleskap over natten)	0/20	20/0	19/1
Dag 3						
48 h	Slutt på forsøk	Slutt på forsøk	Slutt på forsøk	Slutt på forsøk	20/0	13/7
Dag 4						
70 h	Slutt på forsøk	Slutt på forsøk	Slutt på forsøk	Slutt på forsøk	20/0	10/10

Tabell 4: Antall voksne *H. aduncum* klassifisert etter ulike vurderingskriterier for overlevelse, pr tidsintervall and lagringsmedium ved 36.5 °C. Ved forsøksstart (time 0) inneholdt hver prøveskål 20 voksne *H. aduncum* som alle viste tydelige bevegelser.

Time 0	Vurderingskriterier for overlevelse	Pepsin (36.5 °C)	Fys. saltvann (36.5 °C)
15 min	Spontane bevegelser	1	1
	Bevegelser etter stimulering med nål/pinsett	18	15
	Ubevegelig*	1	4
30 min	Spontane bevegelser	10	4
	Bevegelser etter stimulering med nål/pinsett	8	12
	Ubevegelig*	1	0
45 min	Spontane bevegelser	9	10
	Bevegelser etter stimulering med nål/pinsett	9	5
	Ubevegelig*	0	1
1 h	Spontane bevegelser	11	8
	Bevegelser etter stimulering med nål/pinsett	7	7
	Ubevegelig*	0	0
2 h	Spontane bevegelser	0	0
	Bevegelser etter stimulering med nål/pinsett	2	15

	Ubevegelig*	16	0
* Ubevegelige individer ble overført til petriskåler med fys. saltvann og lagret i kjøleskap over natten for å sjekke makkene kom seg. Neste dag ble skålene tatt ut av kjøleskapet og sjekket for livstegn i opptil 2 timer. Alle nematodene viste livstegn ved slutten av forsøket.			
2 h	Spontane bevegelser	18	5
	Bevegelser etter stimulering med nål/pinsett	-	-
	Ubevegelig*	-	-

Tabell 5: Spearman's-koeffisienter (r) og p -verdier (p) for sammenhengen mellom *H. aduncum* belastning (gj.sn. abundans) og fiskestørrelse (TL= totallengde, TW= totalvekt).

	TL	TW
Torsk (n= 76)	$r= 0.68, p < 0.001$	$r= 0.69, p < 0.001$
Hyse (n= 60)	$r= -0.01, p=0.96$	$r= 0.19, p=0.15$
Sei (n= 58)	$r= -0.45, p < 0.001$	$r= -0.29, p=0.03$