

Parasitter hos oppdrettstorsk i Nord-Norge



Masteroppgave i fiskehelse
(60 stp)

Av

Monika Strøm

Institutt for akvatisk biologi

Norges fiskerihøgskole

Universitetet i Tromsø

Mai 2007



Bildet på forsiden: Tittel: *Cod in fish cages*. Fotograf: Per Eide.

Brukt med tillatelse fra Eksportutvalget for fisk.

FORORD

Denne Masteroppgaven i fiskehelse markerer slutten på min studenttilværelse ved Norges fiskerihøgskole (NFH) i Tromsø, og ikke minst starten på en spennende fremtid.

Jeg vil takke min veileder førsteamanuensis Roar Kristoffersen for kyndig veiledning og konstruktiv kritikk. Videre vil jeg takke de samarbeidsvillige oppdretterne som la forholdene til rette for mitt arbeid på deres anlegg, og for alle opplysninger som har gjort mine analyser lettere. Rune Nilsen fortjener en stor takk for sin assistanse i felt. Uten din hjelp hadde jeg vel enda stått på merdkanten i et desperat forsøk på å få opp torsken. En stor takk rettes også til Willy Hemmingsen for hjelp med artsbestemmelse av mage/tarmparasittene og for gjennomlesning av oppgaven. Takk til Ivana Malovic for preparering og montering av blodutstrykene, og til Frøydis Strand for hjelp med kartet i oppgaven min.

Takk til alle mine medstudenter ved NFH for en flott studietid, og spesielt til de på mastergradskontor D- 207. Takk til Fiskehelse/Havbruk kull 1999 og 2000 for en fantastisk studietur til Chile. Hanne og Marthe, dere er to supre jenter som har gjort studietiden ekstra trivelig!

Mine foreldre, søsken og svigerforeldre fortjener en stor takk for all støtte og motivasjon gjennom studietiden, og ikke minst for all barnepass i innspurten av oppgaven.

Sist, men ikke minst, må jeg takke GUTTAN i mitt liv. Espen, du har vært en uvurderlig støttespiller i denne perioden, og har vist stor tålmodighet og forståelse for min fraværende foreldreomsorg i innspurten av oppgaven. Takk også for uttallige korrekturlesninger av manuset. Torbjørn – min evig solstråle – som til enhver tid minner mamma på hva som er det viktigste her i verden, nemlig DEG! Tusen takk til dere begge for at dere er der for meg!

Tromsø, 15. mai 2007

Monika Strøm

SAMMENDRAG

I dette studiet ble forekomsten av parasitter hos oppdrettstorsk fra lokaliteter med ulike miljøforhold sammenlignet. Totalt 80 torsk ble undersøkt fordelt på tre lokaliteter i henholdsvis Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden i Troms fylke i perioden juli/august 2004. På grunn av varierende abiotiske og biotiske forhold ble det forventet å finne ulike forekomster av parasitter hos oppdrettstorsken mellom lokalitetene. Videre var det forventet å finne forholdsvis høy forekomst av direkte transmitterte parasitter som følge av de høye tettheter av torsk som holdes i en oppdrettsituasjon. Til slutt var det forventet lave infeksjoner av parasitter som overføres via naturlige byttedyr som følge av at torsk i oppdrett hovedsakelig spiser kunstig tørrfôr.

I det totale materialet ble det funnet tretten parasittarter, hvor av sju har en direkte- og seks en indirekte livssyklus. Da de direkte transmitterte artene jevnt over hadde både høyest prevalens og intensiteter svarte resultatene til forventningene om at parasitter med direkte livssyklus dominerer parasittbildet hos oppdrettstorsk. Som forventet var det klare forskjeller i parasittsamfunnene hos oppdrettstorsken mellom lokalitetene. Den laveste diversiteten ble funnet i parasittsamfunnene hos torsken i Storfjorden og Balsfjorden, hvor henholdsvis 70 % og 65 % av torsken var infisert med kun en eller to arter. Til sammenligning var 75 % av torsken i Ørnfjorden infisert med mellom fire og sju parasittarter. Det var kun i Balsfjorden at det forekom torsk uten parasittinfeksjoner. Videre var overlappet mellom de respektive parasittsamfunnene generelt lav noe som skyldes at ulike parasittarter dominerte på ulike lokaliteter. Den høyeste likheten var imidlertid mellom Storfjorden og Ørnfjorden noe som skyldes at parasittarten som dominerte i Storfjorden, ikten *Cryptocotyle lingua*, også hadde høye forekomster i Ørnfjorden. Oppdrettstorsken på alle lokalitetene hadde en viss forekomst av næringstransmitterte parasitter. Dette viser at også merdgående torsk i noen grad beiter på naturlige byttedyr, men infeksjonene var likevel ubetydelige og langt mindre enn det som er dokumentert hos villtorsk i våre farvann.

Torsken i de tre undersøkte oppdrettsanleggene hadde generelt såpass lave parasittinfeksjoner at de ikke så ut til å skape noen problemer verken for torskens helse eller oppdretter. Likevel har lokalisering av anlegg betydning for infeksjonsbildet hos oppdrettstorsken som i stor grad influeres av miljøforholdene ved lokalitetene.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	i
SAMMENDRAG	iii
INNHOLDSFORTEGNELSE	v
INNLEDNING	1
MATERIALE OG METODER	7
STUDIEOMRÅDENE	7
INNSAMLING AV MATERIALE.....	9
Undersøkelser utført i felt	10
Undersøkelser utført på laboratorium ved NFH.....	12
BEHANDLING AV DATA.....	13
Diversitet	13
Overlapp.....	13
Statistiske tester.....	14
TERMINOLOGI	14
DISKUSJON AV METODE.....	14
RESULTATER	17
DIVERSITET OG OVERLAPP AV PARASITTARTER	17
PARASITTER MED DIREKTE LIVSSYKLUS	21
PARASITTER MED INDIREKTE LIVSSYKLUS	23
DISKUSJON	27
REFERANSER	39
APPENDIKS	I

INNLEDNING

Oppdrett av atlantisk torsk (*Gadus morhua* L.) har i løpet av de senere år fått fornyet interesse i Norge (Glette *et al.* 2002; Svåsand *et al.* 2004; 2006), og omfanget vil trolig vokse i tiden fremover (Glette *et al.* 2002; Agnalt *et al.* 2004; Anonym 2006). Norge har lang erfaring innen lakseoppdrett, men fordi torsk, både fysiologisk, økologisk (Pethon 1998; Poppe 1999) og ikke minst immunresponsmessig (Schröder *et al.* 1998; 2006; Solem & Stenvik 2006), er svært ulik laks, kan en ikke uten videre overføre kunnskap om teknologi og fiskehelse fra lakseoppdrett til torskeoppdrett. Parasittsykdommer er blant de store tapsårsakene i akvakultur både nasjonalt og internasjonalt (Simolin *et al.* 2002), og anses derfor som en av mange flaskehalsen innen et fremtidig torskeoppdrett (Glette *et al.* 2002). Det er derfor viktig med tidlig kunnskap om hvilke parasitter som potensielt kan ha negative effekter for utviklingen av en slik næring. I dette studiet ble derfor forekomsten av parasitter innen tre torskeanlegg i Nord-Norge kartlagt.

Som art har atlantisk torsk totalt sett en rik og variert fauna av både mikro- og makroparasitter sammenlignet med andre marine fiskearter (Glette *et al.* 2002; Bricknell *et al.* 2006). Ifølge Hemmingsen og MacKenzie (2001) er over 120 parasittarter kjent fra vill torsk verden over. Da de fleste av disse er generalister med et vidt vertsspekter kan torskefisk i oppdrett potensielt bli eksponert for et vidt spekter av parasitter (Bricknell *et al.* 2006). Ved oppdrett i åpne merder i sjø kan smittsomme agens fritt utveksles mellom ville og kultiverte fiskepopulasjoner (McVicar 1997; Kent 2000; Ervik *et al.* 2003). Dermed vil parasittfaunaen hos lokal villfisk og ulike mellomverter utgjøre et smittereservoar for oppdrettsfisk (Burt & MacKinnon 1997; Kent 2000). Ifølge McVicar (1997) er det stor sannsynlighet for at fisk som deler vannmasser også deler de samme sykdommene. Som en følge av dette kan de fleste sykdommer som oppstår i en oppdrettspopulasjon spores til en opprinnelig infeksjonskilde i nærmiljøet. Videre vil det ved oppdrett av rent marine fiskearter mest sannsynlig forekomme en større grad av interaksjoner mellom oppdrettsfisken og dens ville artsfrender sammenlignet med oppdrett av anadrom laksefisk (MacKenzie & Hemmingsen 2003). Derfor er ikke erfaringer fra lakseoppdrett direkte overførbar til en fremtidig torskenæring.

Innføring av nye fiskearter for storskala oppdrett vil som oftest føre til at oppdrettsfisken lever under miljøforhold som er svært ulik leveforholdene til villfisk av samme art. Dette kan

medføre at parasitter som tidligere ikke er kjent for å være patogen for villfisk, skaper svært negative helsemessige effekter for fisk i oppdrettssituasjoner (McVicar & MacKenzie 1976; Burt & MacKinnon 1997; McVicar 1997; MacKenzie & Hemmingsen 2003). Fra oppdrett av laks finnes mange eksempler på infeksjoner av parasitter som tidligere ikke er påvist hos vill-laks, samtidig som både nye og kjente parasitter over kort tid ble svært patogene for oppdrettslaksen (Kent 2000). Simolin *et al.* (2002) mener vi må forvente at også oppdrett av torsk vil gi funn av hittil ukjente parasitter eller parasitter som man ikke regnet med kunne smitte denne arten. Det er særlig tre sentrale faktorer som utgjør forskjellen i leveforhold mellom vill- og kultivert torsk og som samtidig har betydning for forekomster av parasitter, nemlig fiskenes habitat, tetthet og diett.

I forhold til habitat, blir en oppdrettspopulasjon vanligvis stående stasjonært på samme lokalitet gjennom hele fasen fra utsett og frem til slaktning. Dette betyr at både abiotiske og biotiske forhold lokalt på hver enkelt lokalitet vil være avgjørende for hvilken parasittfauna oppdrettsfisken vil få. Valg av lokalitet for oppdrettsanlegg vil derfor ha stor betydning for forekomsten av parasitter hos fisken i disse (Bricknell *et al.* 2006). Et konkret eksempel på dette er studiet til McKenzie *et al.* (1976) som dokumenterte forskjeller i parasittforekomstene hos oppdrettet rødspette (*Pleuronectes platessa* L.) fra tre lokaliteter med ulike miljøforhold.

Sentrale abiotiske faktorer med betydning for parasittforekomsten er saltholdighet, strømforhold og temperatur i sjøen. I våre farvann har sjøtemperaturen en stor årstidsvariasjon. Da temperatur påvirker parasitters utvikling, infektivitet og overlevelse (Möller 1978), kan en variasjon i temperaturregimet gjennom året på bare noen få grader, særlig i den kalde årstiden, føre til forskjellige infeksjonsrater for parasitter mellom lokaliteter. Strømforhold kan også variere mye mellom ulike lokaliteter, selv innen korte avstander. Avhengig av hvor kraftig havstrømmen er på ulike lokaliteter, vil for eksempel parasitter med frittlevende spredningsstadier i ulik grad bli ført bort fra eller til oppdrettsanlegg, og på den måten kan infeksjonsraten mellom anlegg bli ulik.

Videre er salinitetsforholdene antagelig den abiotiske faktoren med størst betydning for forekomster av parasitter på en lokalitet. Studier viser at forekomster av marine ektoparasitter, og da særlig parasittiske copepoder, avtar med synkende saltholdighet i sjøen (Möller 1978; Schram *et al.* 1998). Videre er det påvist generelt lavere parasittdiversitet hos fisk i brakkvann sammenlignet med fisk i sjøvann (Möller 1978; Zander 2005). Som følge av dette kan det

forventes å finne færre parasitter, både i antall arter og intensiteter, hos oppdrettsfisk i ferskvannspåvirkede områder enn i områder med full sjøvannsstyrke.

Merdsetting av torsk i storskala oppdrett medfører også spesielle betingelser med hensyn til fiskens habitat over tid. Mens vill kysttorsk langs norskekysten hovedsakelig lever bentisk (Pethon 1998), er det med dagens teknologi vanlig at oppdrettstorsk blir merdsatt pelagisk. En slik endring og innsnevring av oppdrettstorskens habitat og bevegelsesfrihet i forhold til det som er normalt påvirker trolig en rekke biotiske faktorer som igjen har betydning for parasittbildet. Parasittdiversiteten er generelt høyere hos typisk bentiske fiskearter enn hos pelagiske arter (Campell *et al.* 1980; Marcogliese 2002). Torsk merdsatt pelagisk vil derfor trolig få færre muligheter til å komme i kontakt med parasitter generelt, men spesielt parasitter med kompleks indirekte livssyklus (dvs. parasitter som krever to eller flere obligate verter for å fullføre livssyklusen) som hovedsakelig har bentiske mellomverter. Videre vil et stasjonært merdhold av torsk pelagisk antagelig føre til at torsken over tid vil oppleve andre tettheter av visse parasitters transmisjonsstadier sammenlignet med ville torskpopulasjoner. Ikten *Cryptocoryle lingua*, som infiserer torsken via frittlevende pelagiske larver, er for eksempel påvist med høyere forekomster hos torsk i merder sammenlignet med bentisk villtorsk (Lysne 1993). Som følge av faktorene ovenfor forventes en mindre diversitet i parasittsamfunnet hos oppdrettstorsk sammenlignet med villtorsk, samtidig som man ikke må se bort i fra ulike infeksjonspress av parasitter mellom vill og kultivert torsk.

Ifølge McVicar (1997) er hver oppdrettslokalitet unik og vil ha sitt eget særskilte potensiale for parasittiske sykdommer. Videre konstaterer Johnson *et al.* (2004) at de ulike abiotiske og biotiske forholdene mellom forskjellige oppdrettslokaliteter i stor grad umuliggjør generaliseringer mellom lokaliteter. I tillegg understreker begge viktigheten av kvaliteten på produksjons- og driftsforhold når det gjelder parasittforekomstene på hvert enkelt anlegg. På grunn av varierende miljømessige forhold er det vanskelig å forutsi hvilke parasittinfeksjoner og intensiteter av disse oppdrettspopulasjoner på ulike lokaliteter vil få, samtidig som variasjoner i parasittbildet mellom oppdrettslokaliteter må anses som naturlig.

En annen viktig forskjell i leveforhold mellom oppdrettet og vill fisk er fisketettheten. En konsekvens av intensivt oppdrett er at fisken holdes under betydelig større tettheter enn det som er normalt i ville populasjoner. De ekstremt høye tetthetene i en oppdrettspopulasjon, hvor kontakt mellom potensielle verter skjer ofte, vil trolig påvirke transmisjonsraten av

parasitter med direkte livssyklus (dvs. parasitter som fullfører hele livssyklusen på/i en vert med eller uten frittlevende spredningsstadier). Anderson (1993) har gjennom både empiri og epidemiologiske modeller vist at høye tettheter av verter gir seg utslag i økt transmisjonsrate for direkte transmitterte parasitter. Videre kan høye vertstettheter føre til stress for organismer som normalt ikke lever under slike forhold, noe som igjen kan gjøre organismene mer mottakelig ovenfor blant annet parasitter og andre sykdommer (Esch *et al.* 1975; McVicar & MacKenzie 1976; Lloyd 1995). Som følge av faktorene ovenfor er oppdrettsfisk i større grad i fare for å utvikle epidemier sammenlignet med villfisk (Thoney & Hargis 1991; Hemmingsen & MacKenzie 2001), noe som kan føre til alvorlig sykdom. Det er derfor ikke overraskende at mange protozoer, monogener og parasittiske copepoder, som alle har direkte livssyklus, ofte skaper alvorlige helseproblemer i oppdrettssammenheng (Sindermann 1987; Hemmingsen & MacKenzie 2001). Slike parasitter er ved flere tilfeller registrert med høyere forekomster hos fisk i oppdrett sammenlignet med villfisk (MacKenzie *et al.* 1976; Poynton & Lom 1989; Svendsen 1991; Khan 2004). På bakgrunn av de overnevnte faktorene forventes det en forholdsvis høy forekomst av direkte transmitterte parasitter hos oppdrettstorsken når de først har fått påslag av slike parasitter.

En tredje viktig forskjell i leveforhold med betydning for parasittinfeksjoner hos oppdrettet og vill fisk er fiskenes diett. Ved intensivt oppdrett av matfisk brukes stort sett kunstig sterilt tørrfôr (Thomassen *et al.* 2006). Transmisjonsraten av næringstransmitterte parasitter (dvs. parasitter som overføres via naturlige byttedyr) bestemmes av fiskens beiteadferd (McVicar & MacKenzie 1976; Möller 1976; Anderson 1993). Dersom fôringsregimet er tilfredsstillende for oppdrettsfiskens næringsbehov, vil fisken få mindre behov for beiting på naturlige byttedyr. Fôring med kunstig fôr vil dermed bryte spredningsveien for næringstransmitterte parasitter slik at infeksjonsraten av disse parasittene blir lav hos oppdrettsfisken (Deardorff & Kent 1989; Angot & Brasseur 1993; Hemmingsen *et al.* 1993). Videre vil merdsetting av oppdrettstorsk pelagisk føre til, uavhengig av fôringsregimet, at torskene får en begrenset tilgang til bentiske næringsdyr. Som følge av det overnevnte forventes en lav forekomst av næringstransmitterte parasitter generelt, men bentisk transmitterte spesielt, hos oppdrettstorsk sammenlignet med det som er dokumentert hos villtorsk (Hemmingsen *et al.* 1991; 1995; Larsen 1996). Det er imidlertid gjort studier som viser at ulike fiskearter i merder har forholdsvis høye forekomster av næringstransmitterte parasitter overført via både pelagiske og bentiske næringsdyr til tross for fôring med tørrfôr (Bristow & Berland 1991b; Yasumoto &

Nagasawa 1996; Eliassen 1991). Dette tyder på at oppdrettsfisk til en viss grad kan beite på naturlig forekommende byttedyr som er mellomvert for ulike parasitter.

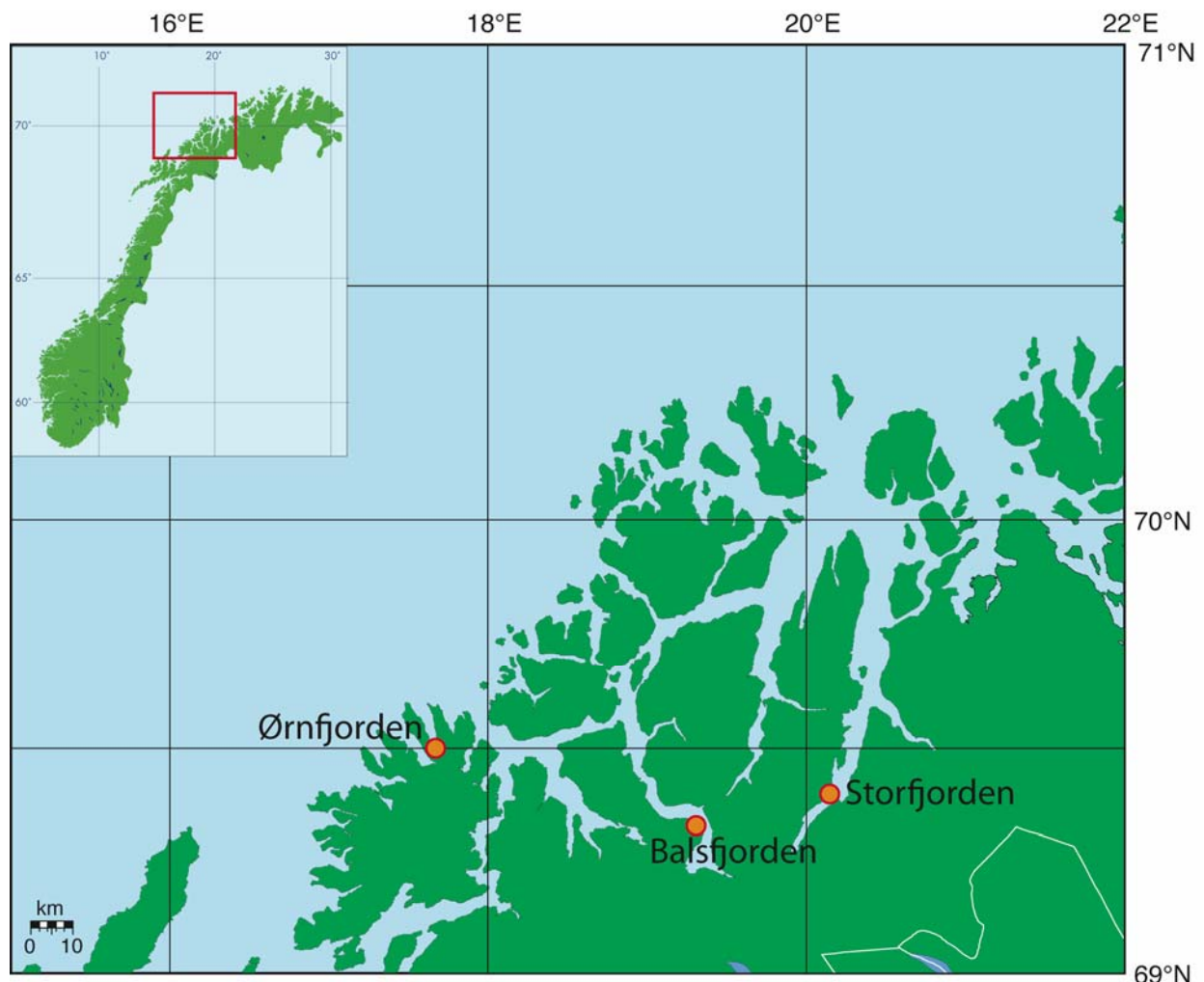
Hensikten med denne oppgaven var å sammenligne forekomsten av parasitter hos tre populasjoner av oppdrettstorsk merdsatt pelagisk under ulike miljøforhold. På bakgrunn av det overnevnte vil følgende hypoteser bli undersøkt:

- I. Som følge av varierende abiotiske og biotiske forhold mellom lokaliteter forventes ulike forekomster av parasitter mellom de tre populasjonene av oppdrettstorsk.
- II. Parasitter med direkte transmisjon vil ved høye vertstettheter - slik en finner i oppdrettssituasjoner - ha mulighet til økt transmisjonsrate. Når en oppdrettspopulasjon først har fått påslag av ektoparasitter med direkte livssyklus, forventes en forholdsvis høy forekomst av aktuelle parasittart.
- III. Eksponering overfor næringstransmitterte parasitters spredningsstadier reduseres for fisk som føres med kunstig sterilt tørrfôr. Det forventes derfor lav infeksjonsrate av slike parasitter generelt, men bentisk transmitterte spesielt, hos oppdrettstorsk merdsatt pelagisk sammenlignet med villtorsk.

MATERIALE OG METODER

STUDIEOMRÅDENE

Oppdrettstorsk ble samlet inn fra tre oppdrettslokaliteter i tre forskjellige fjorder i Troms fylke i Nord-Norge: Bergodden i Storfjorden ($69^{\circ}24'N$, $20^{\circ}09'Ø$), Haugstad i Balsfjorden ($69^{\circ}20'N$, $19^{\circ}19'Ø$) og Ørnfjorden ($69^{\circ}30'N$, $17^{\circ}40'Ø$) på Senja (figur 2.1). I det følgende vil kun fjordnavn bli brukt. Ved lokalitetene i Storfjorden og Balsfjorden ble det gjennomført miljøundersøkelser i forkant av oppstart av oppdrettsvirksomheten (se senere), mens det for Ørnfjorden kun foreligger informasjon om lokalitetsforhold gjennom personlige referanser.



Figur 2.1. Kart over studieområdet viser lokaliseringen (●) til de tre oppdrettslokalitetene i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden hvor oppdrettstorsk (*Gadus morhua* L.) ble undersøkt for parasitter sommeren 2004.

Ved lokaliteten i Storfjorden er dybden om lag 75 meter (Palerud & Velvin 2000). Bunnen består av en høy andel finpartikulært overflatesedimenter (66 %) og mye sand (33 %). Når det gjelder bunndyrfauna er alle vanlig forekommende bunndyrgrupper dokumentert. Av disse dominerer børstemark, men diverse bløtdyr, pigghuder og krepsdyr er også registrert. Ved denne lokaliteten ble det i august dokumentert et temperatur- og salinitetssprangsjikt på ca. 10 meters dyp. Storfjorden har stor tilrenning fra bekker og elver, noe som medfører at saliniteten i overflaten er lavere enn det som er normalt i sjø. Ved lokaliteten ble det registrert en overflatesalinitet på ca. 15 ‰. Saliniteten stiger med økende dybde, og ved ti meters dyp ble den målt til ca. 33 ‰ og ved bunnen ca. 35 ‰.

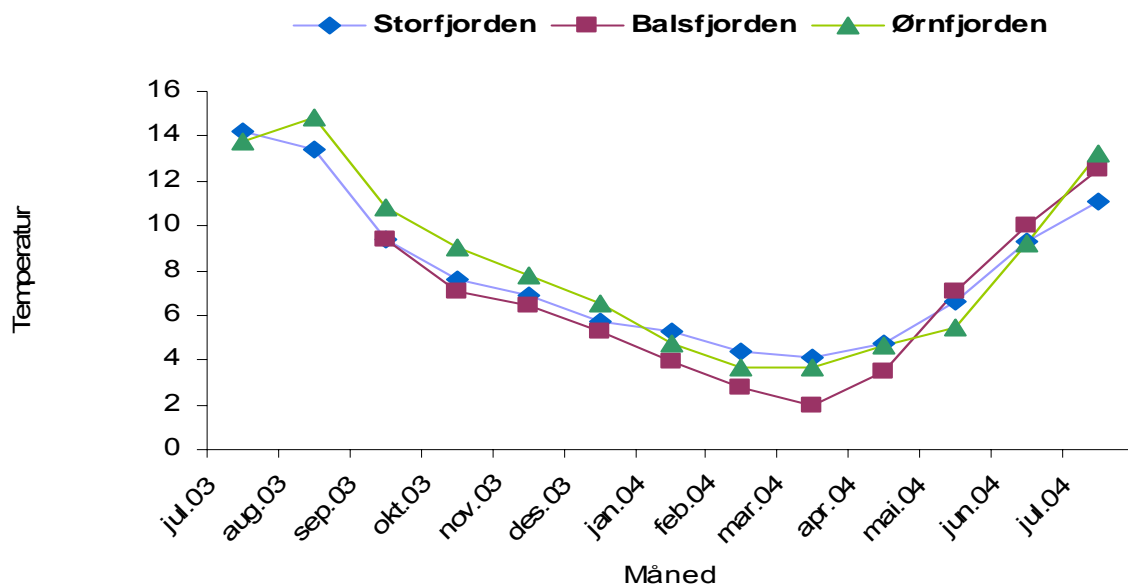
Ved lokaliteten i Balsfjorden er dybden målt til mellom 50 og 70 meter (Guneriusen 2001). I likhet med lokaliteten i Storfjorden består også bunnen i Balsfjorden av finpartikulært overflatesedimenter (44 %) og sand (55 %). Bunndyrssamfunnet er også her dominert av børstemark, med innslag av diverse bløtdyr, pigghuder og krepsdyr. Balsfjorden er ikke like ferskvannspåvirket som Storfjorden. I juni ble det målt en salinitet på ca. 31 ‰ ved overflaten som øker til om lag 33 ‰ ved temperatur- og salinitetssprangsjiktet (10-15 meters dyp) og ned til bunnen.

Den kraftige sedimenteringen på bunnen under begge de to overnevnte lokalitetene er en typisk bløtbunnsfauna, og indikerer lav strømhastighet ved bunnen. Lenger opp i vannsøylen (på ca. 10 meters dyp) ble det imidlertid målt strømhastigheter som er tilfredsstillende for fiskeoppdrett. Målingene i Storfjorden og Balsfjorden viste en gjennomsnittlig strømhastighet på henholdsvis 3,7 cm/s og 4,8 cm/s (Palerud & Velvin 2000; Guneriusen 2001).

Ved lokaliteten i Ørnfjorden er dybden mellom 70 og 100 meter. Det store spranget i dybden skyldes at sjøbunnen er veldig bratt under lokaliteten. Bunnen består i all hovedsak av fjell og stein. Liten sedimentering på lokaliteten er et tegn på god vanngjennomstrømming. Ørnfjorden har lite ferskvanntilsig, og dette, i tillegg til fjordens lokalisering ut mot storhavet, gir god grunn til å anta at fjorden har tilnærmet full sjøvannsstyrke (35 ‰).

Temperaturmålinger på omtrent tre meters dyp på de tre lokalitetene fra juli 2003 til juli 2004, viser tydelige sesongvariasjoner i temperatur gjennom året, samtidig som forskjellene mellom lokalitetene gjennom året er små (figur 2.2). Den høyeste månedlige snittemperaturen for hele perioden var på 14,8 °C og ble målt i Ørnfjorden i august 2003. Denne lokaliteten hadde

høyest snittemperatur fra og med august 2003 til og med desember 2003. Deretter ble de høyeste temperaturene målt i Storfjorden fra og med januar 2004 til og med april 2004. Fra og med mai 2004 til og med juli 2004 ble de høyeste temperaturene målt i Balsfjorden. Den laveste månedlige snittemperaturen var på ca. 2 °C i mars 2004 i Balsfjorden. Denne lokaliteten hadde de laveste temperaturmålingene fra og med oktober 2003 til og med april 2004. Videre hadde Ørnfjorden og Storfjorden omtrent lik årlig gjennomsnittstemperatur på henholdsvis 8,3 °C og 7,9 °C, mens Balsfjorden lå lavere med 6,4 °C (tabell 2.1).



Figur 2.2. Månedlig gjennomsnittstemperatur (°C) fra og med juli 2003 til og med juli 2004 på de tre lokalitetene i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden. Temperaturmålingene er utført på omtrent 3 meters dyp.

Tabell 2.1. Årlig gjennomsnittstemperatur (°C) fra og med juli 2003 til og med juli 2004 på de tre oppdrettslokalitetene i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden.

Lokalitet	Storfjorden	Balsfjorden	Ørnfjorden
Temperatur (°C)	7,9	6,4	8,3

INNSAMLING AV MATERIALE

Totalt 80 torsk ble samlet inn på de tre oppdrettslokalitetene. 20 torsk ble samlet inn fra lokaliteten i Storfjorden, 30 torsk fra lokaliteten i Balsfjorden og 30 torsk fra lokaliteten i Ørnfjorden. Innsamlingen av materialet ble utført i perioden juli/august 2004.

En del telling av parasitter ble gjort på ferskt materiale i felt umiddelbart etter avlivning av fisken. Bearbeiding av konservert materiale ble foretatt på laboratoriet ved Norges fiskerihøgskole (NFH) i Tromsø.

Undersøkelser utført i felt

Alle undersøkelsene beskrevet under ble foretatt på hver torsk.

Fisken ble fanget fra merdene med håv. Hver enkelt fisk ble så overført til en stor, gjennomsiktig plastsekk fylt med 10-15 liter sjøvann. Før sekkene ble tapet igjen, ble de fylt med en oksygenatmosfære slik at fisken skulle overleve transporten inn til land, og ventetiden mens annen fisk ble undersøkt. Hver fisk fikk et eget nummer.

Etter avlivning ved et kraftig slag mot hodet (Möller & Anders 1986; Karlsbakk 2004), ble fisken veid og lengdemålt fra fremste del av hodet til bakkant av halefinnen. Da torsken i de forskjellige anleggene tilhørte ulike årskull, samt at vekten på settefisken var noe forskjellig mellom anleggene, var størrelsen på torsken i dette studiet noe variabel mellom lokalitetene (tabell 2.2).

Tabell 2.2. Antall torsk undersøkt fra hver lokalitet (N), tidspunkt for uttakene (uke), gjennomsnittlig lengde og vekt, min-max (laveste og høyeste verdi) for lengde og vekt, gjennomsnittsvikt ved utsett, tidspunkt for utsett i sjø og total tid i anleggene for oppdrettstorsken på tre lokaliteter i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden sommeren 2004.

Lokalitet	N	Uke	Lengde (cm)		Vekt (g)		Gj.snittsvikt ved utsett (g)	Utsett mnd./år	Tid i anlegg tot. mnd.
			gj.snitt	min-max	gj.snitt	min-max			
Storfjorden	20	29	49,8	41,6-54,5	1573	872-2010	170	mai. 03	14
Balsfjorden	30	30	38,6	33,1-43,6	593	366-845	50	aug. 03	11
Ørnfjorden	30	34	55,1	46,5-64,4	1992	1295-2741	*	nov. 02	21

* data ikke tilgjengelig.

Slimavstryk fra hud ble foretatt for undersøkelse av forekomster av protozoiske og små makroparasitter som ikke er synlig med det blotte øyet. Det ble foretatt ett slimavstryk per fisk. Avstryket ble tatt på fiskens venstre side fra bak gjellelokket til begynnelsen av andre dorsalfinne ovenfor sidelinjeorganet ved hjelp av et knivblad. Slimet ble så overført til et

objektglass, tilsatt en dråpe sjøvann, tildekt med et dekkglass (24×50 mm) og undersøkt i en stereolupe (10 - 40 × forstørrelse). Antall parasitter i hver prøve ble notert.

Da *Gyrodactylus* sp. også er vanlig å finne på gjellefilamentene til torsk (Möller & Anders 1986; Appleby 1994; Hemmingsen & MacKenzie 2001), ble også torskenes gjeller undersøkt for denne parasitten. De to fremste gjellebuene på hver side ble klippet ut, lagt i en petriskål tilsatt sjøvann og undersøkt under stereolupe (10 - 40 × forstørrelse). Antall *Gyrodactylus* sp. per fisk ble notert.

Det er dokumentert at ulike arter innen slekten *Gyrodactylus* parasitterer ulike habitat på samme fiskevert (Appleby 1994). Av den grunn skiller jeg i dette studiet på habitatene gjeller og hud når det gjelder forekomsten av *Gyrodactylus* sp., og vil i det følgende omtale disse som to ulike arter: *Gyrodactylus* - hud og *Gyrodactylus* - gjeller.

For undersøkelse av forekomsten av flagellaten *Trypanosoma* sp. ble det utført blodutstryk (Zintl *et al.* 1997; Malovi 2004). For å få tatt vellykkede blodprøver, må disse tas rett etter avlivning av verten (Möller & Anders 1986). Blodprøvene ble tatt med hepariniserte kapillærrør enten fra en avskåret gjellebue eller direkte fra hjertet på nylig avlivet fisk. En dråpe blod ble overført til objektglass og strøket ut, lufttørket og fiksert i 70 % metanol i et minutt. Det ble preparert ett blodutstryk per fisk.

Infeksjoner av metacerkarien til ikten *Cryptocotyle lingua* hos fisk medfører en typisk immunrespons hvor melanin akkumuleres rundt den dermatiske cysten (Sindermann & Rosenfield 1954; Champman & Hunter 1954; McQueen *et al.* 1973), og derfor kalles den gjerne ”sortprikksyke” (Lysne *et al.* 1998; MacKenzie & Hemmingsen 2003). I dette studiet ble infeksjonsraten av denne parasitten bestemt ved å telle antall sorte prikker på et fast definert område av fiskens skinn, nemlig fremste del av rygghuden. Dette ble utført ved at ryggskinnen fra bak gjellelokket til begynnelsen av andre dorsalfinne ned til sidelinjeorganet på fiskens venstre side ble skåret løs. Skinnen ble gjennomlyst med sterkt lys, og hver sorte prikk regnet som en innkapslet metacerkarie. Her ble antall sorte prikker per prøve fra hver fisk notert.

Overflate, gjeller og munnhule på helt fersk fisk ble også undersøkt visuelt for ektoparaittiske copepoder. I tillegg ble begge nesebor på fisken skylt med sjøvann for undersøkelse av

tilstedeværelse av copepoden *Holobomolochus confusus*. Sjøvannet i posene til hver fisk ble silt med planktonsil for å fange opp eventuelle avhoppede ektoparasitter. Alle ektoparasitter ble lagt på nummererte glass og fiksert med 70 % etanol for seinere artsbestemmelse på laboratoriet.

Hver torsk ble klippet opp langs buken fra gjeller til gattet, og lever samt omkringliggende innvoller ble undersøkt for nematodelarver. Mage og tarm ble klippet løs rett bak spiserør og ved anus. Kjønn ble registrert. Etter fjerning av lever, milt og gonader ble mage-/tarmkanalen lagt i pose merket med fiskens nummer og dypfrost (ca. $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) (MacKenzie & Abaunza 1998). Undersøkelser for endoparasitter i mage-/tarmkanalen ble senere utført på laboratoriet.

Undersøkelser utført på laboratorium ved NFH

De fikserte blodutstrykene fra hver enkelt fisk ble farget i 100 % Giemsa-løsning i Coplin krukker i to minutter. For å vaske av overflødig farge ble prøvene dyppet fem ganger i metanol, for så å lufttørke. Etter lufttørking ble dekkglass ($24 \times 50\text{ mm}$) påmontert ved bruk av DePeX og etterlatt for tørking i 12 timer. Ferdig preparerte blodutstryk ble undersøkt for tilstedeværelse av *Trypanosoma* sp. ved mikroskopiering ($20 - 40 \times$ forstørrelse).

De frosne mage-/tarmkanalen fra hver enkelt fisk ble tint opp og delt i fire deler: mage, pylorus, fortarm og baktarm (Eliassen 1999). Magen og de to tarmdelene ble klippet opp i lengderetningen og innholdet skrapet ut i hver sin petriskål. Enden av hver pylorussekk ble skåret over og innholdet skrapet ut i en egen petriskål. Innholdet fra de ulike delene ble tilsatt 9 % fysiologisk saltvannsoppløsning (Möller & Anders 1986). Deretter ble innholdet fra hver del silt i planktonsil ($100\text{ }\mu\text{m}$ for innholdet fra mage/tarm, $40\text{ }\mu\text{m}$ for innholdet fra pylorus). Etter siling ble mage/tarm- og pylorusinnholdet lagt i henholdsvis petriskål og tellekammer, tilsatt 9 % fysiologisk saltvannsoppløsning, og deretter undersøkt under stereolupe ($10 - 40 \times$ forstørrelse). Eventuelle parasitter ble plukket ut og fiksert på 70 % etanol. Parasittene ble identifisert til artsnivå eller eventuelt slekts- eller klassenivå under stereolupe ($10 - 40 \times$ forstørrelse) i henhold til Möller og Anders (1986). Infeksjonssted ble notert.

De ektoparasittiske copepodene ble artsbestemt ved bruk av stereolupe ($10 - 40 \times$ forstørrelse) i henhold til beskrivelse av Parker *et al.* (1968), Kabata (1979), Piasecki (1996) og Kabata (2003).

BEHANDLING AV DATA

Diversitet

Antall arter (artsrikdom) som et økologisk samfunn består av er et enkelt mål på diversitet. Artsrikdommen gir likevel ingen informasjon om antall individer av hver enkelt art i samfunnet. Simpsons diversitetsindeks ($1 - D$) tar imidlertid hensyn til forholdet mellom antall individer av de ulike artene, og angir sannsynligheten for at to tilfeldige individer i et samfunn tilhører forskjellige arter (Krebs 1989). Forskjeller i artsrikdom i parasittsamfunnene mellom de tre oppdrettspopulasjonene ble undersøkt ved bruk av Simpsons diversitetsindeks, som beregnes etter ligningen:

$$(1) \quad 1 - D = 1 - \sum (p_i)^2$$

hvor:

$1 - D =$ Simpson diversitetsindeks

$p_i =$ relativ andel av individer av parasittart i i populasjonen

En høy verdi vil indikere et mer diversst parasittsamfunn.

Overlapp

For å sammenligne likheten, eller overlappet av arter mellom to økologiske samfunn, benyttes Renkonens indeks for prosentvis likhet (Krebs 1989). Teorien overføres til dette studiet ved at prosentvis overlapp i parasittsamfunnene mellom to og to oppdrettspopulasjoner av torsk sammenlignes. Renkonens indeks beregnes etter ligningen:

$$(2) \quad P = \sum (\text{minimum } (p_{1i}, p_{2i}))$$

hvor:

$P =$ den prosentvise likheten mellom samfunn 1 og 2

$p_{1i} =$ prosentandelen av art i i prøvene fra samfunn 1

$p_{2i} =$ prosentandelen av art i i prøvene fra samfunn 2

Renkonens likhetsindeks uttrykkes i prosent og rangeres fra; 0 (ingen likhet) til 100 (total likhet). Likhet $> 60 \%$ regnes som signifikant stor likhet (Wallace 1981).

Statistiske tester

En Chi-square test (X^2 -test) ble benyttet for å undersøke om andelen torsk infisert av de ulike parasittartene var signifikant forskjellig mellom de tre oppdrettspopulasjonene. Prevalens ble ansett som signifikant forskjellig ved $p \leq 0,05$.

Tekst, tall, figurer, tabeller og statistiske tester er utført og presentert med Microsoft WORD 2000 og Microsoft EXCEL 2000 for Windows.

TERMINOLOGI

For å beskrive parasittforekomstene hos oppdrettstorsken fra de tre lokalitetene ble termene lokalitet, prevalens, gjennomsnittlig intensitet og relativ tetthet benyttet i henhold til følgende definisjoner (Margolis *et al.* 1982; Bush *et al.* 1997):

Lokalitet: det geografiske stedet hvor verten (torsk) er tatt ut fra.

Prevalens: angir hvor stor andel av de undersøkte vertene i et uttak som er infisert av en bestemt parasittart (antall verter infisert/totalt antall undersøkte verter). Prevalens uttrykkes vanligvis i prosent.

Gjennomsnittlig intensitet: gjennomsnittlig antall parasitter av en bestemt art per infiserte vert (totalt antall parasitter av en bestemt art/antall infiserte verter i uttaket).

Relativ tetthet: gjennomsnittlig antall parasitter av en bestemt art per vert innen hele vertspopulasjonen, iberegnet både uinfiserte og infiserte verter (totalt antall individer av en bestemt parasittart innen en vertspopulasjon/totalt antall undersøkte verter i populasjonen.)

DISKUSJON AV METODE

I dette studiet ble henholdsvis 20 og 30 torsk fra hver lokalitet undersøkt for parasitter. Treasurer & Pope (2000) har estimert at undersøkelser av et så lite antall individer vil føre til en nøyaktighet på kun 40-50 % når det gjelder relativ tetthet av lus hos oppdrettslaks (*Salmo salar* L.). På grunn av tids- og ressursbegrensninger var det ikke mulig å undersøke et større antall torsk. Bruk av avkastnot ved fanging av oppdrettsfisk er antatt å gi den mest

representative forekomsten av lus i en oppdrettspopulasjon (Costello 1993), men slikt utstyr var ikke tilgjengelig ved alle anleggene. Fangstmetoden benyttet i dette studiet var dermed ikke optimal for nøyaktig dokumentasjon av forekomster av ektoparasitter. Håving og håndtering av fisken i forkant av undersøkelsen kan føre til at enkelte ektoparasitter går tapt. I tillegg er noen parasitter, som for eksempel arter innen familien Caligidae, svært mobile (Wootten *et al.* 1982; Hahnenkamp & Fyhn 1985; Hogans & Trudeau 1989; Jaworski & Holm 1992), noe som gjør at en del parasitter vil kunne hoppe av fisken før man rekker å få den over i plastsekkene. Av den grunn bør de ulike estimatene for forekomst av ektoparasitter, særlig *Caligus sp.*, betraktes som minimumsestimater.

Ved telling av parasittene *C. lingua*, *Trichodina sp.* og *Gyrodactylus* – gjeller/hud, ble kun forekomstene fra et definert område av fiskens overflate undersøkt, og vil dermed ikke gi et nøyaktig bilde på den totale infeksjonsraten hos den enkelte vert. Da de undersøkte områdene er standardisert ut i fra fiskens størrelse og ikke i faste mål i centimeter, vil vi imidlertid få estimater som er direkte sammenlignbar mellom de ulike individene og lokalitetene.

Videre ble forekomstene av *C. lingua* undersøkt visuelt i kombinasjon med gjennomlysning. Denne metoden gir et minimumsestimat på forekomstene av ”sortprikksyke” i og med at sorte prikker rundt de cystede metacerkariene dannes en stund etter infeksjonstidspunktet (McQueen *et al.* 1973). En mer nøyaktig infeksjonsrate kan imidlertid oppnås ved å fordøye huden ved bruk av pepsin (Lysne *et al.* 1995), men dette ville vært mer tids- og ressurskrevende. Lysne *et al.* (1997) har imidlertid dokumentert at antall sorte prikker stemmer godt overens med det faktiske antallet av innkapslete metacerkareier funnet på en vert. Av den grunn vil metoden brukt i dette studiet kunne gi et tilfredsstillende estimat for å sammenligne forekomstene av denne parasitten mellom fisk og lokaliteter.

RESULTATER

DIVERSITET OG OVERLAPP AV PARASITTARTER

I de totalt 80 undersøkte torskene fra alle anleggene, ble det til sammen funnet 13 parasittarter (tabell 3.1, figur 3.2). Basert på ytre morfologiske trekk ble åtte parasitter bestemt til artsnivå, mens de resterende fem ble bestemt til slekts- eller klassenivå. For å unngå tungvinte formuleringer som ”parasittartene og/eller parasittslektene” blir i det følgende kun fellesbenevnelsen ”parasittart” benyttet, også om de parasittene som kun er bestemt til nærmeste slekt eller klasse.

Det ble funnet sju arter med direkte livssyklus. Disse omfatter fire arter av ektoparasittiske hoppekreps (Copepoda), nemlig *Caligus elongatus* (skottelus), *Caligus curtus* (torskelus), *Clavella adunca*, *Holobomolochus confusus*, to arter haptormark (Monogenea), nemlig *Gyrodactylus* – hud og *Gyrodactylus* – gjeller, og protozoer fra slekten *Trichodina*. Videre ble det påvist seks arter med indirekte livssyklus. En av disse, ikten (Digenea) *Cryptocotyle lingua*, infiserer fisk via frittlevende spredningsstadier, mens de resterende fem er næringstransmitterte og omfatter iktene *Derogenes varicus* og larver av klassen Digenea, nematodene (Nematoda) *Hysterothylacium aduncum* og *Anisakis* sp., og krasseren (Acanthocephala) *Echinorhynchus gadi*. Da larvene av klassen Digenea ikke lot seg artsbestemme, behandles de som en egen gruppe og vil i det følgende refereres til som digene larver. Av de næringstransmitterte artene har de digene larvene og *Anisakis* sp. fisk som mellomvert og opptre som larvestadium i fisken, mens de resterende artene benytter fisk som sluttvert og forekommer som adulte i fordøyelsessystemet.

Seks av de totalt 13 artene ble registrert på lokaliteten i Balsfjorden, åtte i Storfjorden og ti i Ørnfjorden (tabell 3.1 og 3.2, figur 3.2). Det var kun fire arter, *Trichodina* sp., *Gyrodactylus* - gjeller, *C. lingua* og *C. adunca*, som ble registrert på samtlige lokaliteter. Den største artsrikdommen ble dokumentert i parasittsamfunnet hos oppdrettstorsken i Ørnfjorden hvor sju ulike arter ble funnet i ett individ, og mellom fire og sju arter ble påvist i over 75 % av torskene (figur 3.1). Til sammenligning var artsrikdommen i både Storfjorden og Balsfjorden mer lik hverandre, hvor høyeste antall arter i en og samme fisk var på henholdsvis fire og tre, og henholdsvis 70 % og 65 % av de undersøkte individene var infisert med kun en eller to parasittarter (figur 3.1). Videre var det kun på Balsfjorden at det forekom fisk uten

Tabell 3.1. Antall undersøkte torsk (n), prevalens, gjennomsnittlig intensitet, relativ tetthet, min-max (laveste og høyeste infeksjon), median, klumpingsgrad og varians for parasittforekomstene hos oppdrettstorsk fra tre oppdrettslokaliteter i Storfjorden (a), Balsfjorden (b) og Ørnfjorden (c).

a) Storfjorden n = 20

Parasittart	Prevalens (%)	Gj.snittlig intensitet	Relativ Tetthet X	min-max	Median	Klumpingsgrad s^2/x	Varians s^2
<u>Parasitter med direkte livssyklus:</u>							
Copepoda							
<i>Caligus elongatus</i>	0	—	—	—	0	—	—
<i>Caligus curtus</i>	0	—	—	—	0	—	—
<i>Clavella adunca</i>	5	1	0,1	1	0	1	0,1
<i>Holobomolochus confusus</i>	5	1	0,1	1	0	1	0,1
Monogenea							
<i>Gyrodactylus</i> – hud	25	2,8	0,7	1 – 7	0	4,1	2,9
<i>Gyrodactylus</i> – gjeller	5	1	0,1	1	0	1	0,1
Protozoa							
<i>Trichodina</i> sp.	5	2	0,1	2	0	2	0,2
<u>Parasitter med indirekte livssyklus:</u>							
Digenea							
<i>Cryptocotyle lingua</i>	100	24,6	24,6	10 – 41	24,5	2,9	70,3
<i>Derogenes varicus</i>	25	1	0,3	1	0	0,8	0,2
digene larver	0	—	—	—	0	—	—
Nematoda							
<i>Hysterothylacium aduncum</i>	40	1,9	0,8	1 - 4	0	2,1	1,6
<i>Anisakis</i> sp.	0	—	—	—	0	—	—
Acanthocephala							
<i>Echinorhynchus gadi</i>	0	—	—	—	0	—	—

b) Balsfjorden n = 30

Parasittart	Prevalens (%)	Gj.snittlig intensitet	Relativ tetthet X	min- max	Median	Klumpingsgrad s^2/x	Varians s^2
<u>Parasitter med direkte livssyklus:</u>							
Copepoda							
<i>Caligus elongatus</i>	0	—	—	—	0	—	—
<i>Caligus curtus</i>	0	—	—	—	0	—	—
<i>Clavella adunca</i>	3,3	1	0,03	1	0	1	0,03
<i>Holobomolochus confusus</i>	0	—	—	—	0	—	—
Monogenea							
<i>Gyrodactylus</i> – hud	0	—	—	—	0	—	—
<i>Gyrodactylus</i> – gjeller	10	1	0,1	1	0	0,9	0,1
Protozoa							
<i>Trichodina</i> sp.	60	14,5	8,7	1 – 93	1	47,3	411,9
<u>Parasitter med indirekte livssyklus::</u>							
Digenea							
<i>Cryptocotyle lingua</i>	10	1	0,1	1	0	0,9	0,1
<i>Derogenes varicus</i>	16,7	1,4	0,2	1 – 2	0	1,4	0,3
digene larver	0	—	—	—	0	—	—
Nematoda							
<i>Hysterothylacium aduncum</i>	0	—	—	—	0	—	—
<i>Anisakis</i> sp.	3,3	1	0,03	1	0	1	0,03
Acanthocephala							
<i>Echinorhynchus gadi</i>	0	—	—	—	0	—	—

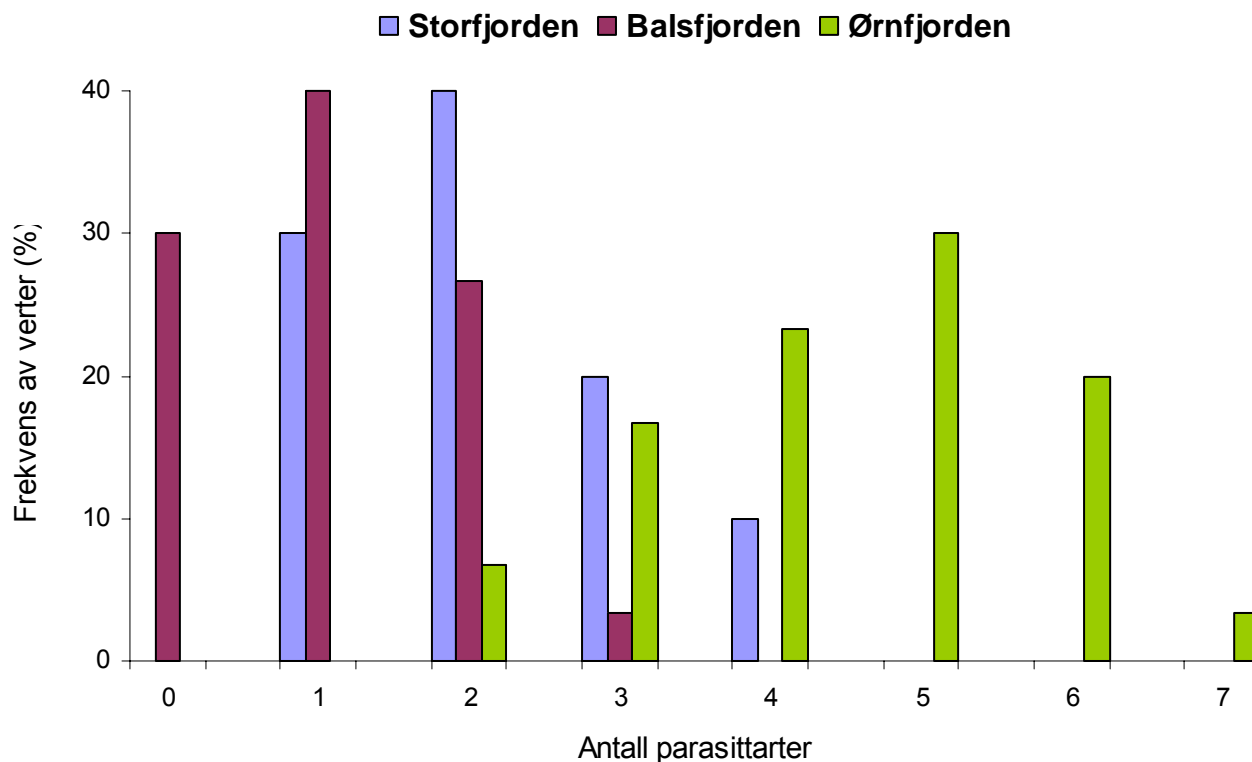
c) Ørnfjorden n = 30

Parasittart	Prevalens (%)	Gj.snittlig intensitet	Relativ tetthet X	min- max	Median	Klumpingsgrad s^2/x	Varians s^2
<u>Parasitter med direkte livssyklus:</u>							
Copepoda							
<i>Caligus elongatus</i>	100	8,7	8,7	2 – 31	7	5	43,1
<i>Caligus curtus</i>	50	1,3	0,6	1 – 3	0,5	0,9	0,6
<i>Clavella adunca</i>	23,3	1	0,23	1	0	0,8	0,2
<i>Holobomolochus confusus</i>	0	—	—	—	0	—	—
Monogenea							
<i>Gyrodactylus</i> – hud	33,3	2,3	0,8	1 – 8	0	3,5	2,7
<i>Gyrodactylus</i> – gjeller	53,3	81,9	43,7	1 – 530	1,5	273,44	11941
Protozoa							
<i>Trichodina</i> sp.	20	16	3,2	1 – 89	0	82,2	262,9
<u>Parasitter med indirekte livssyklus:</u>							
Digenea							
<i>Cryptocotyle lingua</i>	100	33,5	33,5	7 – 64	32,5	5,3	177,6
<i>Derogenes varicus</i>	0	—	—	—	0	—	—
digene larver	23,3	2,4	0,6	1 – 5	0	1,43	0,8
Nematoda							
<i>Hysterothylacium aduncum</i>	36,7	2,5	0,9	1 – 8	0	3,5	3,2
<i>Anisakis</i> sp.	0	—	—	—	0	—	—
Acanthocephala							
<i>Echinorhynchus gadi</i>	10	2,3	0,2	1 – 5	0	3,8	0,9

parasittinfeksjon, og det gjaldt for hele ni (30 %) av de undersøkte torskene i dette anlegget.

Gjennomsnittlig antall arter per vert på de tre lokalitetene var 1,03 i Balsfjorden, 2,05 i Storfjorden, og 4,5 i Ørnfjorden (tabell 3.2).

Parasittdiversiteten var klart størst hos oppdrettstorsken i Ørnfjorden hvor Simpsons diversitetsindeks var fire og fem ganger større enn i henholdsvis Storfjorden og Balsfjorden (tabell 3.2). Overlappet av arter mellom par av lokaliteter var generelt lavt. Etter Renkonens indeks for prosentvis likhet var imidlertid likheten i parasittsamfunnene mellom Ørnfjorden og Storfjorden en del høyere sammenlignet med de to andre parene (tabell 3.3).



Figur 3.1. Frekvensfordeling (%) av antall parasittarter per fisk hos torsk fra tre oppdrettslokaliteter i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden sommeren 2004.

Tabell 3.2. Totalt antall parasittarter, gjennomsnittlig antall parasittarter hos hver enkelt torsk og Simpsons diversitetsindeks for parasittsamfunnene hos oppdrettstorsken fra tre oppdrettslokaliteter i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden.

Lokalitet	Totalt antall parasittarter	Gjennomsnittlig antall arter per torsk	Simpsons indeks (1 - D)
Storfjorden	8	2,05	0,14
Balsfjorden	6	1,03	0,11
Ørnfjorden	10	4,5	0,62

Lokalitetspar	Overlapp (prosentvis likhet)
Storfjorden / Balsfjorden	2,8
Balsfjorden / Ørnfjorden	5,9
Ørnfjorden / Storfjorden	38,8

Tabell 3.3. Prosentvis likhet (Renkonens indeks) av parasittsamfunnene hos torsk mellom par av tre oppdrettslokaliteter i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden.

PARASITTER MED DIREKTE LIVSSYKLUS

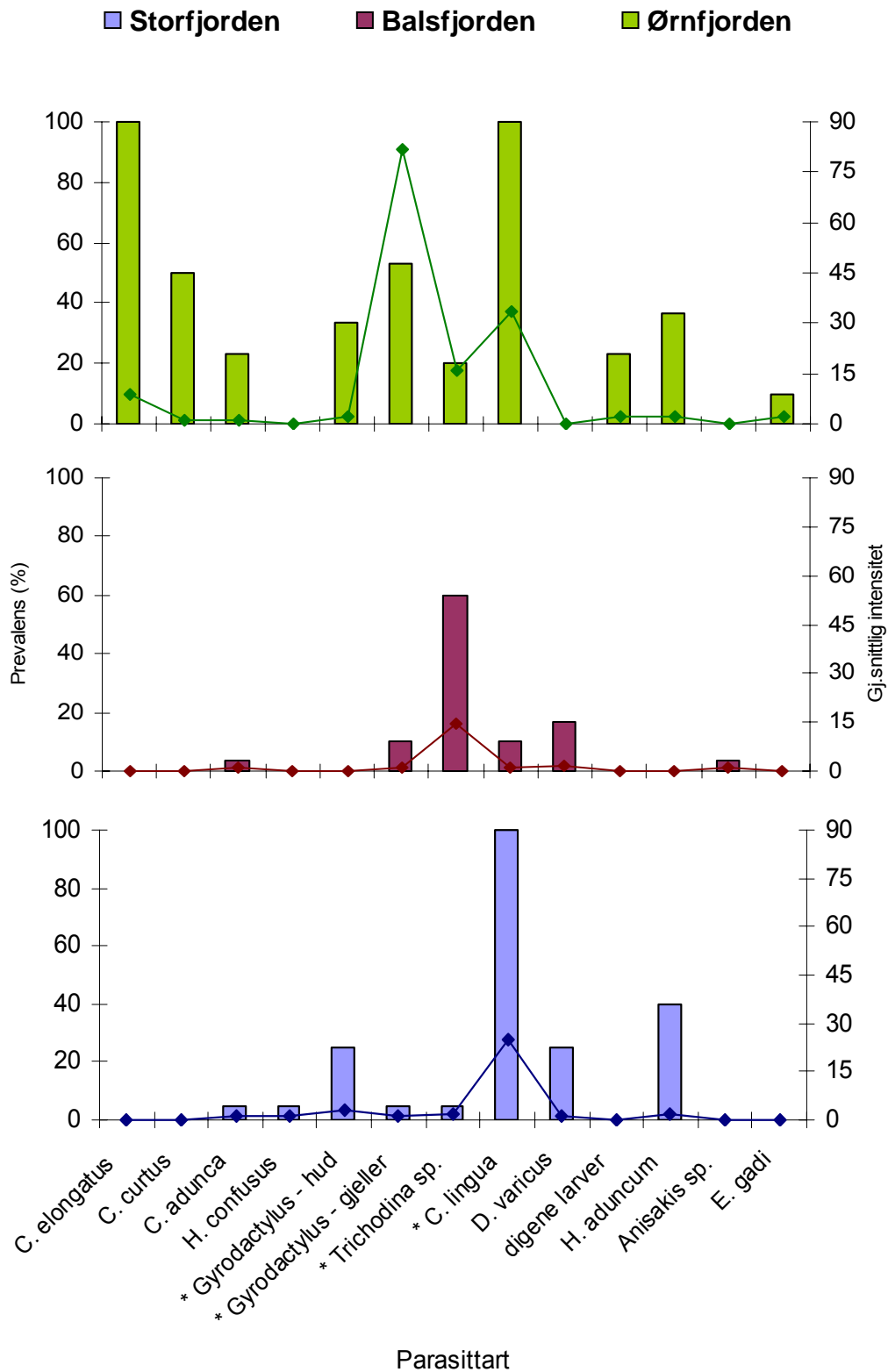
Denne gruppen omfatter arter som har fisk som eneste vert i livssyklusen og som overføres til fiskeverten enten via spesialiserte frittlevende spredningsstadier eller i større grad gjennom direkte kontakt mellom fiskene. De parasittiske copepodene tilhører den første gruppen, mens *Trichodina* sp. og *Gyrodactylus* sp. tilhører den siste. For seks av disse artene ble det funnet betydelige forskjeller i infeksjonene mellom lokalitetene.

De parasittiske copepodene *C. elongatus* og *C. curtus* ble funnet hos henholdsvis alle og halvparten av torskene i Ørnfjorden, men var begge fraværende i de to andre anleggene (tabell 3.1, figur 3.2). Hos torsken i Ørnfjorden var det også en forskjell i gjennomsnittlig intensitet av disse to luseartene, hvor hver torsk i snitt hadde vel sju flere skottelus enn torskelus (tabell 3.1c, figur 3.2). Videre var fordelingsmønsteret av skottelus klumpet, mens infeksjonene av torskelus var tilfeldig fordelt (tabell 3.1c, figur 3.3f).

Infeksjonen av den parasittiske copepoden *C. adunca* var like og lave i Balsfjorden og Storfjorden (tabell 3.1, figur 3.2), og det ble ikke funnet signifikante forskjeller i prevalens mellom disse to oppdrettspopulasjonene (appendiks 1). Infeksjonsraten var atskillig høyere (4×) i Ørnfjorden (tabell 3.1, figur 3.2), og prevalens var signifikant høyere i Ørnfjorden enn i Balsfjorden (Chi-square tester, $p < 0,05$) (appendiks 1). Intensiteten var imidlertid like på alle lokalitetene ettersom alle de infiserte torskene hadde kun en parasitt hver (tabell 3.1). Den parasittiske copepoden *H. confusus* ble kun påvist hos en torsk i Storfjorden (tabell 3.1, figur 3.2).

Gyrodactylus - hud ble påvist hos 25 % og vel 33 % av torsken fra anleggene i henholdsvis Storfjorden og Ørnfjorden, men var fraværende hos torsken i Balsfjorden (tabell 3.1, figur 3.2). Forskjellene i infeksjonen av *Gyrodactylus* - hud mellom de to førstnevnte lokalitetene var ikke statistisk signifikant (appendiks 1), men var signifikant høyere i både Storfjorden og Ørnfjorden sammenlignet med Balsfjorden (Chi-square tester, $p < 0,01$) (appendiks 1).

Infeksjoner av *Gyrodactylus* - gjeller ble påvist på alle lokalitetene. Klart høyest prevalens ble registrert i Ørnfjorden hvor vel halvparten av fiskene var infisert (tabell 3.1, figur 3.2). Infeksjonene var betydelig lavere i både Balsfjorden og Storfjorden hvor henholdsvis tre og en torsk var infisert, og hvor forskjellen i prevalens ikke var statistisk signifikant mellom



Figur 3.2. Prevalens (stolper) og gjennomsnittlig intensitet (punkter) for 13 parasittarter hos torsk, *Gadus morhua* L., fra tre oppdrettslokaliteter i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden. De sju parasittartene til venstre har direkte livssyklus, mens de resterende seks har indirekte livssyklus. Estimatenne for artene merket med * er basert på underprøver av fisken.

lokalitetene (appendiks 1). Prevalens var signifikant større i Ørnfjorden sammenlignet med både Storfjorden og Balsfjorden (Chi-square test, $p < 0,01$)(appendiks 1). Intensitetene av *Gyrodactylus* - gjeller var også betydelig større i Ørnfjorden sammenlignet med både Storfjorden og Balsfjorden, hvor gjennomsnittlig intensitet på førstnevnte lokalitet lå på vel 81, mens tilsvarende estimater i Storfjorden og Balsfjorden lå på rundt 1 (tabell 3.1). Videre hadde *Gyrodactylus* - gjeller en svært klumpet fordeling innen oppdrettspopulasjonen i Ørnfjorden (tabell 3.1), hvor de fleste vertene hadde få parasitter (< 20), mens det mest infiserte individet hadde 530 parasitter (tabell 3.1 c, figur 3.3e).

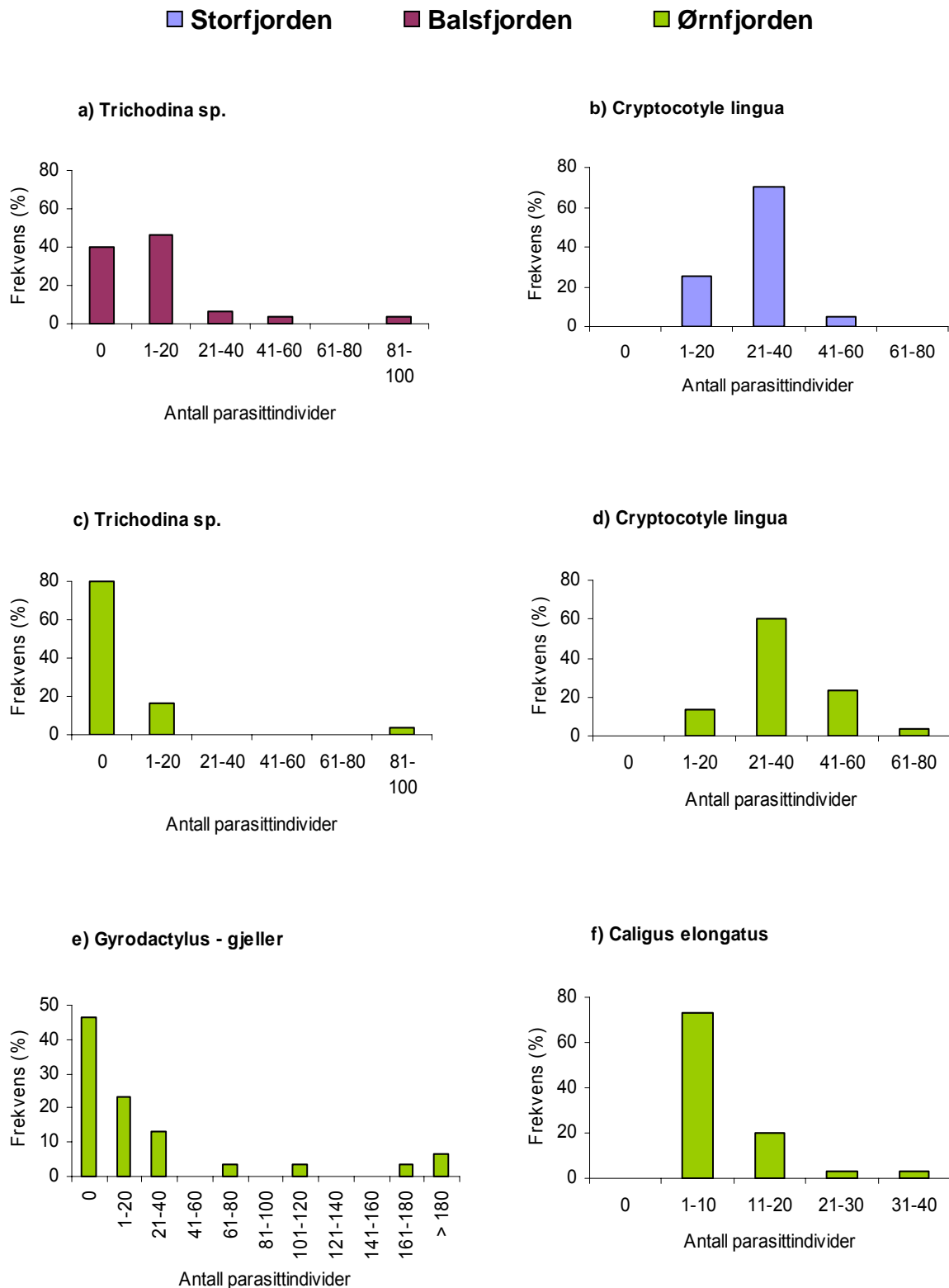
Forekomsten av *Trichodina* sp. var forskjellig mellom anleggene. Den laveste prevalensen ble registrert i Storfjorden (5 %), etterfulgt av en moderat infeksjon i Ørnfjorden (20 %), mens Balsfjorden hadde den klart høyeste infeksjonsraten (60 %). Forskjellene i prevalens var ikke signifikant mellom Storfjorden og Ørnfjorden, men signifikant høyere i Balsfjorden enn i de to andre (Chi-square tester, $p < 0,01$) (appendiks 1). I både Balsfjorden og Ørnfjorden hadde *Trichodina* sp. en klumpet fordeling blant fiskene, hvor de fleste torskene hadde mellom 0 og 20 parasitter, mens noen få verter hadde mange (> 80) (tabell 3.1, figur 3.3 a,c).

PARASITTER MED INDIREKTE LIVSSYKLUS

På lokalitetene i både Storfjorden og Ørnfjorden var all torsk infisert med *C. lingua*, mens kun 10 % av fisken i Balsfjorden hadde denne parasitten. Prevalens på sistnevnte lokalitet var signifikant lavere enn på de to andre (Chi-square tester, $p < 0,01$) (appendiks 1). Videre var fordelingen av *C. lingua* blant fiskene temmelig lik mellom Ørnfjorden og Storfjorden, hvor de fleste torskene hadde mellom 21 og 40 parasitter (figur 3.3 b, d).

Ikten *D. varicus* ble kun påvist i anleggene i Storfjorden og Balsfjorden hvor henholdsvis 25 % og 16,7 % av torskene var infisert (tabell 3.1, figur 3.2). Forskjellene i infeksjonsraten mellom Storfjorden og Balsfjorden var ikke statistisk signifikant (appendiks 1). De digene larvene ble imidlertid kun påvist i Ørnfjorden hvor vel 23 % av torskene var infisert (tabell 3.1, figur 3.2).

Prevalens av nematoden *H. aduncum* var temmelig lik i Storfjorden og Ørnfjorden hvor om lag 40 % av torskene var infiserte, men fraværende hos torsken i Balsfjorden. Forskjellene i infeksjonen mellom Storfjorden og Ørnfjorden var ikke statistisk signifikant (appendiks 1).



Figur 3.3. Frekvensdiagrammer som viser antall parasittindivider per fisk for de artene med høyest intensitet og størst grad av klumping ($\chi^2/x > 4$) i de respektive oppdrettspopulasjonene av torsk fra Balsfjorden, Storfjorden og Ørnfjorden sommeren 2004. Diagram a) viser fordelingen av *Trichodina* sp. hos oppdrettstorsken i Balsfjorden, b) fordelingen av *Cryptocotyle lingua* hos oppdrettstorsken i Storfjorden og c)-f) fordelingen av henholdsvis *Trichodina* sp., *Cryptocotyle lingua*, *Gyrodactylus* - gjeller og *Caligus elongatus* hos oppdrettstorsken i Ørnfjorden.

Infeksjonene av nematodelarven *Anisakis* sp. og krasseren *E. gadi* var generelt lave, hvor *E. gadi* kun ble påvist hos 10 % av torsken i Ørnfjorden, mens kun en torsk i Balsfjorden var infisert med *Anisakis* sp (tabell 3.1, figur 3.2). Infeksjonene av disse artene var ikke statistisk signifikant forskjellig mellom lokalitetene (appendiks 1).

DISKUSJON

Som forventet ble det funnet klare forskjeller i parasittsamfunnene hos oppdrettstorsken mellom lokalitetene, hvor Ørnfjorden skilte seg tydelig ut fra de to øvrige. Særlig to hovedresultater støtter denne hypotesen.

For det første ble det dokumentert en klart høyere diversitet i parasittsamfunnet hos oppdrettstorsken i Ørnfjorden enn i både Balsfjorden og Storfjorden som var mer like. Forskjellen i artsrikdom viser at oppdrettsfisk på ulike lokaliteter blir utsatt for ulike infeksjonspress av parasitter. For det andre var overlappet mellom parasittsamfunnene generelt lavt da ingen av parene hadde signifikant stor likhet etter Renkonens indeks. Høyest likhet var det mellom parasittsamfunnene i Ørnfjorden og Storfjorden. Dette skyldes at den parasittarten som dominerte i Storfjorden hensyn på antall individer, nemlig *C. lingua*, også utgjorde en stor andel av antall parasittindivider funnet i Ørnfjorden. Overlappet mellom parasittsamfunnene i Balsfjorden og henholdsvis Storfjorden og Ørnfjorden var derimot markant lavere. Dette skyldes at parasitten som dominerte i Balsfjorden, nemlig *Trichodina* sp., ble påvist med et betydelig færre parasittindivider i begge de to øvrige fjordene, mens de artene som dominerte i Storfjorden og Ørnfjorden, enten forekom med svært lave individtall eller var fraværende hos torsk i Balsfjorden. Det generelt lave overlappet mellom lokalitetene bidrar derfor til å underbygge hypotesen om ulike parasittsamfunn mellom anleggene, noe som i stor grad har sammenheng med variasjoner i abiotiske og biotiske forhold mellom lokaliteter.

Den geografiske plasseringen av anleggene har trolig stor betydning for forskjellene i parasittsamfunnene mellom oppdrettspopulasjonene. Ørnfjorden ligger ut mot storhavet i et fullt marint miljø med kontakt med kyststrømmen. I tillegg til å gi Ørnfjorden en rikere marin fauna generelt enn de to andre fjordene, bidrar kyststrømmen også til langtransport av spredningsstadier til ulike parasittarter. Da de fleste parasittene hos torsk er generalister med et vidt vertsspekter (Hemmingsen & MacKenzie 2001), vil mange av de naturlige parasittene hos villfisk og invertebrater ute ved kysten også kunne parasitere oppdrettstorsk.

Til sammenligning er både Balsfjorden og Storfjorden mer isolerte. Inngangen til Balsfjorden har en terskel som sammen med de mange øyene som ligger på yttersiden utgjør en fysisk

barriere mot havet utenfor (Hemmingsen *et al.* 1992). Videre er sild, lodde og torsk i Balsfjorden antatt å være separate bestander (Hopkins *et al.* 1989; Hemmingsen *et al.* 1991), og Hemmingsen *et al.* (1991) har også vist at villtorsk her har signifikant lavere infeksjoner av parasitter enn torskebestandene i nabofjordene og Barentshavet. Dette innebærer at faunaen i Balsfjorden trolig er temmelig isolert med liten kontakt med de store vandrende bestandene av marin fisk i forhold til områdene lengre ut mot kysten, noe som trolig bidrar til et lavere infeksjonspress hos oppdrettstorsken i Balsfjorden enn i Ørnfjorden. I tillegg er Balsfjorden en av de kaldeste fjordene i Norge (Hopkins *et al.* 1989), noe som også reflekteres ved at den hadde den laveste snittemperaturen av de tre lokalitetene gjennom det meste av året. Lave temperaturer har en negativ effekt på utvikling, infektivitet og overlevelse til frittlevende spredningsstadier for en rekke parasitter (Möller 1978).

Sammenlignet med Balsfjorden er inngangen til Storfjorden mer åpen mot storhavet, men kan likevel betraktes som relativt isolert på grunn av stor ferskvannspåvirkning. Lave saliniteter har også en negativ effekt på utvikling, infektivitet og overlevelse til frittlevende spredningsstadier for en rekke marine parasitter (Möller 1978; Knudsen & Sundnes 1998). Videre er diversiteten av parasitter hos fisk i brakkevann generelt lavere enn hos fisk i strengt marine områder (Möller 1978). Dermed har trolig også ugunstige miljøforhold for akvatiske parasitter bidratt til et generelt lavere infeksjonspress hos oppdrettstorsken i Balsfjorden og Storfjorden sammenlignet med Ørnfjorden.

Forekomstene av parasittiske krepsdyr var klart størst i Ørnfjorden. *C. elongatus* og *C. curtus* ble påvist hos en høy andel av torsken i Ørnfjorden, men ikke i Storfjorden og Balsfjorden. Videre var prevalens av *C. adunca* rundt fire ganger høyere i Ørnfjorden enn i de to andre fjordene.

Tidspunkt for prøveuttakene kan ha influert på dette resultatet. Undersøkelser på både oppdrettslaks og villtorsk i Nord-Norge viser at forekomsten av skottelus, lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) og torskelus når en topp på sensommeren og høsten (Hemmingsen *et al.* 1995; Johnsen 2001), og dette henger i stor grad sammen med en kortere generasjonstid hos lus ved høye temperaturer (Wootten *et al.* 1982; Hogans & Trudeau 1989). Det er derfor sannsynlig at luseinfeksjoner også hos oppdrettstorsk i dette området vil nå en topp på omtrent samme tid. Oppdrettstorsken i Storfjorden og Balsfjorden ble undersøkt henholdsvis fem og fire uker tidligere enn oppdrettstorsken i Ørnfjorden som ble undersøkt i slutten av

august. Ut ifra generasjonstiden til skottelus som under forhold på lobaratorium er funnet å være mellom 6-12 uker ved 10-16 °C (Tully 1989; Hogans & Trudeau 1989), måtte altså oppdrettstorsken på de to første lokalitetene hatt påslag av lus ved tidspunktet for undersøkelsen dersom de skulle ha fått samme topp i luseinfeksjon tilsvarende torsken i Ørnfjorden. Den lusfrie torsken i både Storfjorden og Balsfjorden støtter dermed ikke teorien om lik infeksjonstopp av lus på bakgrunn av tilbakeregning av generasjonstid. Undersøkelser viser dessuten at både oppdrettslaks og villtorsk har luseinfeksjoner gjennom hele året (Wootten *et al.* 1982; Bron *et al.* 1993; Hemmingsen *et al.* 1995). Det er derfor nærliggende å tro at også oppdrettstorsk vil ha slike helårsinfeksjoner dersom parasitten er tilstede i miljøet rundt oppdrettsenheten. Ut i fra dette vil et absolutt fravær av både *C. elongatus* og *C. curtus* hos all undersøkt torsk på lokalitetene i Storfjorden og Balsfjorden muligens bety fravær av lusa gjennom hele året.

Det totale fraværet av lus i Balsfjorden var overraskende. Denne fjorden har tilnærmet full sjøvannsstyrke (Guneriusen 2001), noe som burde gi gode forhold for reproduksjon og utvikling for lus. Videre viser studier på villtorsk i fjorden at både *C. elongatus* og *C. curtus* forekommer hos disse, men med svært lav prevalens og intensitet (Hemmingsen *et al.* 1991; 1995; 2000). Som nevnt er Balsfjorden svært kald. Skallskiftet mellom de ulike larvestadiene til for eksempel *C. elongatus* ser ut til å opphøre ved sjøtemperaturer under 3 °C (Hogans & Trudeau 1989), samtidig som lave temperaturer generelt bidrar til at lusa utvikles og reproduserer saktere (Pike & Wadsworth 1999; Costello 2006), og får en dårligere evne til å etablere seg på nye verter (Tucker *et al.* 2000). Temperaturmålingene viser at det kun er i Balsfjorden at sjøtemperaturen synker under 3 °C i vintermånedene. De kalde sjøtemperaturene gjennom det meste av året bidrar til å redusere utviklings- og infektivitetsevne til lus, noe som gjør at infeksjonspresset fra en allerede beskjeden forekomst av lus hos villtorsk blir svært lav for oppdrettstorsken i Balsfjorden.

Fraværet av lus hos oppdrettstorsken i Storfjorden var ikke like overraskende på bakgrunn av den sterke ferskvannspåvirkningen. Parasitter innen familien Caligidae er ikke bare følsomme ovenfor lave saliniteter (Hahnenkamp & Fyhn 1985; Landsberg *et al.* 1991; Schram *et al.* 1998; Tucker *et al.* 2000; Heuch *et al.* 2002), men også ovenfor sprangsjikt i vannsøylen grunnet vertikale salinitetsforskjeller (Heuch 1995). Lus holder seg derfor under sprangsjikt med lav salinitet i vannoverflaten (Heuch 2005), og dypet for sprangsjiktet vil dermed ha stor innflytelse på graden av kontakt mellom parasitter og fisk (Heuch 2005).

Ferskvannspåvirkningen i Storfjorden med dannelse av et tykt brakkvannssprangsjikt gjør det derfor vanskelig for copepodelarvene å komme i kontakt med oppdrettstorsken. Videre er det ifølge Möller (1978) ingen europeiske arter av parasittiske krepsdyr som er i stand til å reproducere ved saliniteter mellom 7–25 ‰. Miljøforholdene i Storfjorden gjør dermed reproduksjon og overlevelse vanskelig for lusa, noe som igjen vil føre til et lavt infeksjonspress hos oppdrettstorsken.

Tettheten og avstanden mellom oppdrettsanlegg kan også bidra til de ulike forekomstene av parasittiske copepoder mellom lokalitetene. Ifølge Stene og Sjøstad (2006) vil en avstand på ti kilometer mellom oppdrettsanlegg redusere problemene med lakselus hos oppdrettslaks. I 2004 var det undersøkte anlegget det eneste som var i drift i Balsfjorden, mens anlegget i Storfjorden lå omtrent 15 kilometer unna et lakseanlegg. I Ørnfjorden lå torskseanlegget bare 5 kilometer unna et lakseanlegg. I tillegg til en rikere marin fauna med ulike fiskearter som kan fungere som smittereservoar, vil den korte avstanden mellom torske- og lakseanlegget trolig bidra til at konsentrasjonen av frittlevende copepodelarver er større i Ørnfjorden enn i de to andre fjordene, noe som igjen fører til at infeksjonspresset av lus hos oppdrettstorsken her blir større.

Faktorene ovenfor forklarer trolig også hvorfor *C. elongatus* dominerer lusebildet hos oppdrettstorsken i Ørnfjorden. *C. elongatus* har et vidt vertsspekter, og er ifølge Hogans og Trudeau (1989) påvist hos over 80 marine fiskearter. Denne artens lave vertsspesifisitet medfører at en rekke marine fiskearter, også oppdrettslaks (Costello 2006), utgjør et smittereservoar, noe som øker infeksjonspresset for oppdrettstorsken i denne fjorden. Til sammenligning er *C. curtus* langt mer spesifikk når det gjelder valg av vert, og parasitterer hovedsakelig torskefisk (Hogans & Trudeau 1989). Oppdrettslaksen i naboanlegget vil derfor ikke bidra til å øke forekomsten av *C. curtus* i miljøet.

Iktelarven *C. lingua* hadde også forskjellig forekomst mellom anleggene, og tidsrommet oppdrettstorsken hadde stått i sjøen i de ulike anleggene etter utsett kan ha hatt betydning for dette bildet. Lysne *et al.* (1997) fant en vesentlig økning i infeksjonen av *C. lingua* over tid hos villfanget torsk som ble satt i merd. Prevalens økte fra 7 % ved merdsetting og til 100 % etter ett år. I både Ørnfjorden og Storfjorden var all undersøkt torsk infisert med *C. lingua*, og her hadde fisken stått i sjøen i to somre. Til sammenligning hadde torskene i Balsfjorden, hvor kun en liten andel av torskene var infisert, stått i sjøen i kun en sommer. *C. lingua* svermer som

cerkarielarver fra første mellomvert, strandsnegl (*Littorina littorea*), ved temperaturer over 8 til 10 °C og kan deretter infiserere en passende fiskevert (Stunkard 1930; Rothschild 1939; Sindermann & Farrin 1962; Robson & Williams 1970). Oppdrettstorsken i både Ørnfjorden og Storfjorden hadde altså opplevd flere sesonger med angrep av cercarier og dermed akkumulert iktelarver over lengre tid sammenlignet med torskene i Balsfjorden. Videre har Möller (1978) vist at lave temperaturer har negativ effekt på utvikling, infektivitet og overlevelse for egg og cercarier til *C. lingua*. De lave sjøtemperaturene i Balsfjorden sørger i tillegg for en kortere svermingsperiode og lavere infektivitet hos cercariene, noe som vil gi et lavere infeksjonspress av *C. lingua* hos torskene i Balsfjorden enn i de to andre fjordene.

Muligheten for infeksjon før utsett på de respektive lokalitetene er en annen faktor som kan ha hatt betydning for forskjellene i infeksjon av *C. lingua* mellom anleggene. Torskene i både Storfjorden og Ørnfjorden stammer fra et settefiskanlegg hvor yngelen hadde stått i poser i sjøpoll frem til utsett. Dette anlegget lå nært land, og vannet ble kun grovfiltret før bruk på fisken (pers. med. D. Hansen 2007). Yngel kan dermed ha kommet i kontakt med både parasittiske protozoa og små larver av makroparasitter i en tidlig fase av livet. Torskene i Storfjorden og Ørnfjorden kan derfor ha vært infisert med en viss mengde *C. lingua* allerede før den ble satt ut på de respektive lokalitetene. Til sammenligning vokste torskene i Balsfjorden opp i et landanlegg fram til utsett. Her ble vannet både filtrert (ned til 5 µ) og UV-behandlet, samt resirkulert før bruk på fisken (pers. med. T. A. Hangstad 2007). Kristoffersen (1991) fant ikke infeksjoner av *C. lingua* hos oppdrettsrøye (*Salvelinus alpinus*) i landanlegg hvor sjøvannet var blitt UV-behandlet før bruk, og antok at UV-behandlingen drepte cercariene. Dette tyder på at den lave andelen av oppdrettstorsk i Balsfjorden med *C. lingua* trolig ble infisert i den ene sommerperioden fisken sto i sjøen før prøveuttaket.

Både Zander (2005) og Sandneseng (2006) som undersøkte forekomst av *C. lingua* hos ville populasjoner av henholdsvis kutling (Gobiidae) og torsk, og Kristoffersen (1991) som undersøkte forekomsten hos oppdrettsrøye, fant betydelig lavere prevalens hos fisk i områder med ferskvannspåvirkning enn hos fisk i marine områder. Lave saliniteter har negativ effekt på både utvikling, infektivitet og overlevelse hos egg og cercarier til *C. lingua* (Möller 1978). På bakgrunn av dette var den høye forekomsten av *C. lingua* hos oppdrettstorsk i den sterkt ferskvannspåvirkede Storfjorden overraskende høy, og kan best forklares ved at fisken var infisert før utsett.

En annen faktor med stor betydning for infeksjonspresset av *C. lingua* hos oppdrettstorsken er tettheten av mellom- og sluttverter i miljøet. I både Ørnfjorden og Storfjorden hvor prevalens av *C. lingua* var signifikant høyere enn i Balsfjorden, var prevalens også høyere enn hva som tidligere er dokumentert hos villtorsk i våre farvann (Larsen 1996; Sandneseng 2006). Tilsvarende fant McKenzie *et al.* (1976) og Lysne (1993) både høyere prevalens og intensiteter av *C. lingua* hos henholdsvis oppdrettet rødspette og torsk sammenlignet med villfisk. Dette ble forklart med at fisk i merder ble mer eksponert for frittlevende cercarier enn sine ville artsfrender som følge av anleggenes nære beliggenhet til strand hvor strandsnegl var vanlig forekommende. Videre varierer forekomsten av *C. lingua* hos både oppdrettsrøye og villtorsk betydelig mellom ulike, men forholdsvis nære lokaliteter i våre farvann (Kristoffersen 1991; Sandneseng 2006), og forskjellene er blant annet forklart ut ifra ulike tettheter av parasittens mellom- og sluttverter i lokalmiljøet. Det er altså mange faktorer som kan ligge bak de ulike infeksjonsratene av *C. lingua* som ble registrert hos torsken i de tre anleggene, men det er vanskelig å konkludere entydig om hvilke som har størst betydning på bakgrunn av denne undersøkelsen.

Forekomsten av *Gyrodactylus* sp. var klart høyest i Ørnfjorden, og for det første kan dette resultatet også være en indikasjon på at oppdrettstorsken der generelt var utsatt for et større infeksjonspress enn de to andre oppdrettspopulasjonene. Videre er det mulig at fiskene ble smittet med disse parasittene før utsett på de respektive lokalitetene. Dette er mest sannsynlig men hensyn til Storfjorden og Ørnfjorden hvor settefisker som nevnt ble holdt i en sjøvannspoll. Den forholdsvis lave prevalensen i Storfjorden skyldes antagelig i stor grad den lave saliniteten der. *Gyrodactylus* sp. hos marin fisk er trolig sensitiv ovenfor lave saliniteter ettersom ferskvannsbad brukes som behandlingsmetode mot infeksjoner av haptormark hos marin fisk (Svendsen 1991; Thoney & Hargis 1991; Whittington 2005). Torsken i Balsfjorden derimot, hvor bare *Gyrodactylus* – gjeller ble påvist, kan som yngel ha levd i et mer beskyttet miljø i landanlegget enn torsken i de to øvrige anleggene. Endelig er de interne miljøforholdene på hvert enkelt anlegg trolig av særlig stor betydning for forekomsten av både *Gyrodactylus* sp. og *Trichodina* sp når parasittene først er kommet inn i et anlegg, og dette blir nærmere diskutert senere.

Da *Trichodina* spp. regnes som kommensaler med en vid utbredelse hos marin fisk, var det ikke overraskende at slike parasitter ble påvist i alle anleggene. Infeksjonen var imidlertid tydelige forskjeller mellom anleggene, og den klart høyeste andelen av infisert oppdrettstorsk

ble funnet i Balsfjorden. Det er vanskelig å peke på bestemte årsaker til dette, men som nevnt vil trolig interne forhold i de enkelte anleggene ha stor betydning (se senere). Det foreligger også opplysninger om at det i landanlegget hvor torsken i Balsfjorden kom fra ble påvist *Trichodina* sp. hos settefisken i perioder (pers. med. T. A. Hangstad, 2007). Khan (2004) antydte at filtrering ikke er nok til å fjerne *Trichodina* sp. fra vannet, og at utbrudd av disse parasittene derfor vil være et tilbakevendende problem i slike anlegg. Torsken i Balsfjorden hadde derfor trolig med seg infeksjoner av *Trichodina* sp. allerede fra settefiskanlegget.

Forskjellene i infeksjonene av både *Gyrodactylus* sp. og *Trichodina* sp. kan i noen grad være en konsekvens av underprøvemethodikken som ble benyttet i dette studiet. Kombinasjonen av underprøver hos et relativt lite antall fisk gir mulighet for at tilfeldigheter kan påvirke resultatene til en viss grad.

Infeksjonen av næringstransmitterte parasitter var også forskjellig mellom anleggene. Oppdrettstorsken i Ørnfjorden hadde generelt både flest arter og de høyeste intensitetene av slike parasitter. Kontakten med kyststrømmen gir trolig Ørnfjorden en rikere fauna av næringsorganismer enn de to øvrige fjordene. Dette resultatet tyder derfor på at høyere diversitet og tettheter av naturlige byttedyr i miljøet bidrar til økte infeksjonsrater av næringstransmitterte parasitter (Anderson 1993). Dette understreker igjen at lokale variasjoner med hensyn på artsrikdom og tetthet av byttedyr og infeksjonsnivåene av parasitter hos mellomverte, vil ha stor betydning for hvilke parasitter torsken eksponeres for (Larsen 1996).

Fôringsregimet i det enkelte anlegg kan trolig også ha en viss innflytelse på transmisjonsraten av næringstransmitterte parasitter. Da oppdrettere ønsker å optimalisere fôringsregimet mest mulig for å oppnå best mulig fôrutnyttelse og tilvekst, og minst mulig infeksjoner av parasitter som overføres via naturlige byttedyr, vil kvalitetsforskjeller i de valgte fôringsregimene mellom ulike anlegg trolig være marginale. Derfor vil et forsøk på å forklare de ulike forekomstene av næringstransmitterte parasitter mellom anleggene som følge av forskjeller i fôringsregimet kun være på spekulasjonsnivå.

Generelt var det som forventet parasitter med direkte livssyklus som dominerte parasittbildet hos oppdrettstorsk ved at de jevnt over ble påvist både hos en høyere andel og med større intensiteter i oppdrettspopulasjonene enn parasitter med indirekte livssyklus. I tillegg var tre

av de fire parasittene som ble påvist på alle lokalitetene direkte transmitterte arter. Hos rødspette i oppdrett fant McKenzie *et al.* (1976) en større artsrikdom og både høyere prevalens og intensitet av parasitter med direkte livssyklus enn slike med indirekte livssyklus. Videre er det også påvist betydelig høyere prevalens og intensitet av *Trichodina* sp. hos torsk i fangenskap enn hos villtorsk (Kristmundsson *et al.* 2006; Poynton & Lom 1989). Ifølge Svendsen (1991) er *Gyrodactylus* sp. et eksempel på en parasitt som vanligvis forekommer med lav intensitet hos villtorsk, men som får gode vekstvilkår hos fisk i høye tettheter i fangenskap. Resultatene i dette studiet stemmer overens med forventningene om at parasitter med direkte livssyklus vanligvis har større forekomster i vertspopulasjoner med høy tetthet enn med lav tetthet (Anderson 1993).

Når en oppdrettspopulasjon først har fått påslag av direkte transmitterte parasitter, vil infeksjoner av *Gyrodactylus* sp. og *Trichodina* sp. antagelig vil være mer persistente enn infeksjoner av parasittiske krepsdyr. Både *Trichodina* sp. og *Gyrodactylus* sp. reproducerer direkte på samme vertsindivid som morparasitten befinner seg på (Whittington 2005; Basson & As 2006). De høye fisketetthetene i en oppdrettspopulasjon, hvor kontakt mellom potensielle verter skjer ofte, vil derfor favorisere spredning av haptormarkene og trichodiner (Svendsen 1991; Thoney & Hargis 1991; Barker *et al.* 2002; Whittington 2005), sammenlignet med parasittiske krepsdyr som spres via frittlevende copepodelarver. I tillegg kan ugunstige miljøforhold, som høy organisk belastning av vannet ved for eksempel fôrspill i kombinasjon med stresset fisk, øke reproduksjonshastigheten til *Trichodina* sp. og *Gyrodactylus* sp. i et oppdrettsanlegg (Poppe 1991; Thoney & Hargis 1991; Barker *et al.* 2002; Khan 2004). De interne miljøforholdene i de enkelte anlegg vil derfor antagelig ha stor betydning for parasittbildet av direkte transmitterte parasitter hos oppdrettstorsken.

Trichodina sp. og *Gyrodactylus* – gjeller forekom med høy intensitet på to lokaliteter. Her var parasittene imidlertid klumpet fordelt blant fiskene, og kun noen få torsk hadde svært høye intensiteter. Mekanismene bak slike ulikheter er blant annet heterogenitet blant vertene i både effektiv immunrespons og adferd, noe som fører til at et fåtall vertsindivider er mer mottakelig og mer utsatt for infeksjoner enn andre (Anderson 1993). De høye intensitetene hos en liten andel av oppdrettstorsken så imidlertid ikke ut til å ha noen patogene effekter i form av utmagret fisk med hudsår, osmoreguleringsproblemer, halenekroser og bleike gjeller (Khan 2004; Poppe 1999).

Som forventet ble det generelt i alle anleggene funnet et langt mindre antall arter, samt både lavere prevalens og intensitet av næringstransmitterte parasitter hos oppdrettstorsken sammenlignet med hva som er dokumentert hos villtorsk i våre farvann (Hemmingsen *et al.* 1991; 1995; Larsen 1996). Disse observasjonene stemmer derfor overens med forventningen om at fôring med kunstig fôr gir oppdrettsfisken mindre behov for beiting på naturlige byttedyr.

Likevel viser resultatene at oppdrettsfisken i noen grad beiter på naturlige byttedyr, og ved obduksjon av fordøyelsessystemet hos torsk fra alle lokalitetene ble det gjort funn av små mengder planter (tang, gress) og diverse dyr (skjell, krepsdyr). De lave infeksjonene indikerer imidlertid at omfanget av beiting på byttedyr er ubetydelig. Dette understrekes også av den generelt lave forekomsten av nematodelarven *Anisakis* sp., som det kun ble funnet ett individ av hos en eneste torsk i anlegget i Balsfjorden. Prevalens hos villtorsk i samme fjord er mellom 64 og 100 % gjennom året, og den høyeste intensiteten registrert i en og samme fisk er over 480 larver (Hemmingsen *et al.* 1991; 1995). Dette viser at til tross for at parasitten forekommer i fjorden, og at dens første mellomvert (krill) er pelagisk og dermed burde være lett tilgjengelig for oppdrettstorsken, så beiter oppdrettstorsken likevel ubetydelige mengder av slike krepsdyr. Forekomsten av krill er trolig også stor i kyststrømmen som anlegget i Ørnfjorden har kontakt med, men her var ingen undersøkte torsk infisert med *Anisakis* sp.. Dette underbygger også konklusjonen om at oppdrettstorsk generelt beiter lite på naturlige byttedyr.

De lave infeksjonene av næringstransmitterte parasitter hos oppdrettstorsken samsvarer også med andre lignende studier. For eksempel ble ingen nematodelarver påvist hos merdgående laks og torsk i Norge (Bristow og Berland 1991a; Angot og Brasseur 1993; Hemmingsen *et al.* 1993) eller hos oppdrettslaks i Skottland og USA (Deardorff & Kent 1989; Angot og Brasseur 1993). Bildet er likevel ikke entydig siden andre studier av ulike fiskearter i oppdrett har gitt andre resultater. I Norge fant Eliassen (1991) reinfeksjoner av ulike næringstransmitterte parasitter hos villfanget torsk som ble merdsatt, mens Yasumoto og Nagasawa (1996) påviste infeksjoner av krasseren *Longicollum pagrsomi* hos oppdrettet bromse (*Pagrus major*) i Japan. Her ble det konkludert med at til tross for fôring med formulert fôr så ble fisken likevel infisert av mage- og tarmparasitter ved å spise parasittenes mellomverter. Eliassens (1991) studiet er imidlertid ikke direkte sammenlignbart med dette, og det er flere forskjeller som kan forklare de ulike resultatene. Eliassens undersøkelse

omfatter forholdsvis gammel (ca. 4 – 10 år) villfanget torsk som ble satt i merder og fôret kun to ganger i uken. Denne fisken var altså vant til å spise levende byttedyr og fortsette trolig med det etter merdsetting, spesielt hvis fôringsintervallene ikke dekket torskens næringsbehov. Oppdrettstorsken i dette studiet var imidlertid holdt under kultiveringsforhold fra eggstadiet og frem til denne undersøkelsen, og ble på et tidlig larvestadie (ca. 100 døgngader) tilvent formulert fôr som den siden ble fôret med to eller flere ganger daglig. Oppdrettstorsken var dermed tilvent kunstig fôr, og med et tettere fôringsregime er det sannsynlig at fisken i dette studiet hadde et mindre behov for å spise naturlige byttedyr.

I og med at oppdrettstorsken som inngår i dette studiet ble fôret med tørrfôr, er det mulig at de næringstransmitterte parasittene som ble funnet stammer fra tiden torskelarvene ble startfôret med levendefôr. Karlsbakk *et al.* (2001) dokumenterte seks arter av intestinale helminther hos torskelarver som var fôret med naturlig zooplankton, og alle hadde copepoder som mellomvert. De næringstransmitterte parasittene som ble funnet i dette studiet har tre arter, *D. varicus*, *H. aduncum* og *E. gadi*, med en relativt kort levetid på under ett år i sluttverten (Möller 1976; MacKenzie 1983; Möller & Anders 1986; Køie 1985). På alle tre lokalitetene har torsken stått i sjøen lengre enn dette, noe som igjen betyr at infeksjonene hos oppdrettstorsken må ha skjedd etter at fisken ble satt ut i sjøen.

De næringstransmitterte parasittene infiserer fisk enten via pelagiske copepoder eller bunndyr. Parasittene *D. varicus*, *H. aduncum* og *Anisakis* sp. overføres alle til fisk via pelagiske krepsdyr (Køie 1979; 1985; Smith 1983; Møller & Anders 1986), mens kun *E. gadi* transmitteres til fisk via bentiske amfipoder (Ginetsinskaya 1961; MacKenzie 1983; Valtonen *et al.* 1983). Disse resultatene viser at pelagisk merdsetting av torsk gir oppdrettstorsken en begrenset tilgang på bentiske næringsdyr.

To vanlig forekommende parasitter hos villtorsk i våre farvann, blodflagellaten *Trypanosoma* sp. og *Lernaeocera branchialis* (torskens gjellemark) (Hemmingsen *et al.* 1991; Larsen 1996; Malovic 2004), ble ikke påvist hos oppdrettstorsken. Forklaringen på fravær av *Trypanosoma* sp. ligger trolig i avstanden fra oppdrettstorsken i pelagiske merder til parasittens bunnlevende og kuldekjære vektor, fiskeiglen *Johanssonica* sp., som heller ikke ble påvist hos noen av de undersøkte torskene. Også for *L. branchialis* kan et absolutt fravær skyldes en stor avstand mellom oppdrettstorsken og parasittens mellomvert, hovedsaklig flatfisk, men også av utbredelsen av mellomverte som påvirkes av bunnforhold ved lokalitetene.

Resultatene i dette studiet viser at torsken i de tre undersøkte oppdrettsanleggene hadde generelt såpass lave parasittinfeksjoner at de ikke så ut til å utgjøre noe større problem verken for torskens helse eller oppdretter. Likevel viser resultatene at lokalisering av anlegg har betydning for infeksjonsbildet, og at enkelte parasittarter potensielt kan medføre negative effekter for et fremtidig torskeoppdrett.

C. lingua ble registrert med ganske høy tetthet hos all torsk på to av lokalitetene, hvor infeksjonen så ut til å være temmelig jevnt fordelt blant torskene. De sorte prikkene som infeksjoner av denne parasitten forårsaker, vil derfor åpenbart kunne skape et estetisk problem i forhold til forbruker. Videre forekom *Trichodina* sp. og *Gyrodactylus* - gjeller med svært høye intensiteter på to lokaliteter. Med sine direkte livssykluser og potensielt hurtige formering kan *Trichodina* sp. og *Gyrodactylus* sp. bli svært tallrike i et oppdrettsanlegg, og dermed forårsake store problemer for angrepet fisk. Endelig hadde både skottelus og torskelus en høy prevalens i ett anlegg og kan skape problemer som er parallelle til det man har sett med hensyn til lakselus og lakseoppdrett.

REFERANSER

Agnalt, A., Ervik, A., Kristiansen, T. S. & Oppedal, F. (red.). 2004.

Havbruksrapport 2004. *Fisken og havet*, særnr. 3-2004.

Anderson, R. M. 1993.

Epidemiology. s.75-116 i Cox, F. E. G. (ed.): *Modern Parasitology: a Textbook of Parasitology* (2. utgave). Blackwell Scientific Publications, Oxford. 276 s.

Angot, V. & Brasseur, P. 1993.

European farmed atlantic salmon (*Salmo salar* L.) are safe from anisakid larvae. *Aquaculture*. 118: 339-344.

Anonym, 2006.

Plan for koordinert satsing på torske. Oppdrett og fangstbasert akvakultur. Innovasjon Norge, Norges forskningsråd og næringen. 2001-2010. Innovasjon Norge – rapport nr. 2, 2006. 34 s.

Appleby, C. 1994.

Gyrodactylus (Platyhelminthes: Monogenea) infesting atlantic cod; *Gadus morhua* L.. *Bulletin of the Scandinavian Society of Parasitology*. 4: 23-32.

Barker, D. E., Cone, D. K. & Burt, M. D. B. 2002.

Trichodina murmanica (Ciliophora) and *Gyrodactylus pleuronecti* (Monogenea) parasitizing hatchery-reared winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum): effects on host growth and assessment of parasite interaction. *Journal of Fish Diseases*. 25: 81-89.

Basson, L. & As, J. V. 2006.

Trichodinidae and other Ciliophorans (Phylum Ciliophora). s. 154-182. i Woo, P. T. K. (red.): *Fish diseases and disorders, volum 1: Protozoan and metazoan infections* (2nd ed.). Wallingford, CAB International. 791 s.

Bricknell, I. R., Bron, J. E. & Bowden, T. J. 2006.

Disease of gadoid fish in cultivation: a review. *ICES Journal of Marine Science*. 63: 253-266.

Bristow, G. A. & Berland, B. 1991a.

A report on some metazoan parasites of wild marine salmon (*Salmo salar* L.) from the west coast of Norway with comments on their interactions with farmed salmon. *Aquaculture*. 98: 311-318.

Bristow, G. A. & Berland, B. 1991b.

The effect of long term, low level *Eubothrium* sp. (Cestoda: Pseudophyllidea) infection on growth in farmed salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*. 98: 325-330.

Bron, J. E., Sommerville, C., Wootten, R. & Rae, G. H. 1993.

Influence of treatment with dichlorvos on the epidemiology of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) and *Caligus elongatus* Nordmann, 1832 on Scottish salmon farms. s. 263-274 i Boxshall, G. A. & Defaye, D. (red.): *Pathogens of wild and farmed fish: Sea lice*. Ellis Horwood Limited. 378 s.

Burt, M. D. B. & MacKinnon, B. M. 1997.

Parasites and marine aquaculture. *AAC Special Publication..* No. 2: 65-68.

- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. & Shostak, A. W. 1997.**
Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *The Journal of Parasitology*. 83: 575-583.
- Campbell, R. A., Haedrich, R. L. & Munroe, T. A. 1980.**
Parasitism and ecological relationships among deep-sea benthic fishes. *Marine Biology*. 57: 301-313.
- Chapman, J. A. & Hunter, G. W. 1954.**
Studies on host-parasite reactions. VII. The pigment cells surrounding the metacercarial cysts of *Cryptocotyle lingua* in the cunner, *Tautogolabrus adspersus* (Walbaum). *Transactions of the American Microscopical Society*. 73: 28-36.
- Costello, M. J. 1993.**
Review of methods to control sea lice (Caligidae: Crustacea) infestations on salmon (*Salmo salar*) farms. s. 219-252 i Boxshall, G. A. & Defaye, D. (ed.): *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice*. Ellis Horwood Limited. 378 s.
- Costello, M. J. 2006.**
Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *TRENDS in Parasitology*. 22: 475-483.
- Deardorff, T. L. & Kent, M. L. 1989.**
Prevalence of larval *Anisakis simplex* in pen-reared and wild-caught salmon (Salmonidae) from Puget Sound, Washington. *Journal of Wildlife Diseases*. 25: 416-419.
- Eliassen, G. 1999.**
Infeksjonsmønstre av mage-tarmparasitter hos merdegående tosk Gadus morhua L. Candidatus scientiarum oppgave, Universitetet i Tromsø. 26 s.
- Ervik, A., Kiessling, A., Skilbrei, O. & van der Meeren, T. (red.). 2003.**
Havbruksrapport 2003. *Fisken og havet*, særnr.3-2003.
- Esch, G. W., Gibbons, J. W., Bourque, J. E. 1975.**
An analysis of the relationship between stress and parasitism. *American Midland Naturalist*. 93: 339-353.
- Ginetsinskaya, T. A. 1961.**
The life cycles of fish helminths and the biology of their larval stages. s. 140-179 i Dogiel, V. A., Petrushevski, G. K. & Polyanski, Yu. I. (ed.): *Parasitology of fishes*. Oliver and Boyd. 384 s.
- Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R. E. & Skilbrei, O. (red.). 2002.**
Havbruksrapport 2002. *Fisken og havet*, særnr. 3 – 2002.
- Guneriussen, A. 2001.**
AS Andr. Aagård - Lokaltetsundersøkelser i Balsfjorden, Balsfjord kommune 2001. Akvaplan-niva rapport nr: APN- 413.01.2197. 80 s.
- Hahnenkamp, L. & Fyhn, H. J. 1985.**
The osmotic response of salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae), during the transition from sea water to fresh water. *Journal of Comparative Physiology B*. 155: 357-365.

Hemmingsen, W. & MacKenzie, K. 2001.

The parasite fauna of the Atlantic cod, *Gadus morhua* L. *Advances in Marine Biology*. 40: 1-80.

Hemmingsen, W., Lombardo, I. & MacKenzie, K. 1991.

Parasites as biological tags for cod, *Gadus morhua* L., in northern Norway: a pilot study. *Fisheries Research*. 12: 365-373.

Hemmingsen, W., Lile, N. & Halvorsen, O. 1992.

The parasite fauna of cod (*Gadus morhua* L.) in Blasfjord, North Norway. *Polar Biology*. 12: 739-742.

Hemmingsen, W., Lile, N. & Halvorsen, O. 1995.

Search for seasonality in occurrence of parasites of cod, *Gadus morhua* L. in a fjord at 70 °N. *Polar Biology*. 15: 517-522.

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 Biology*. 23: 368-372.

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. *Fisheries Research*. 15: 379-386.

Heuch, P. A. 1995.

Experimental evidence for aggregation of salmon louse copepodids (*Lepeophtheirus salmonis*) in step salinity gradients. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 75: 927-939.

Heuch, P. A. 2005.

Effects of salmon lice on Atlantic salmon. s. 374-378 i Rohde, K (ed.): *Marine parasitology*. CSIRO PUBLISHING.

Heuch, P. A., Knutsen, J. A., Knutsen, H. & Schram, T. A. 2002.

Salinity and temperature effects on sea lice over-wintering on sea trout (*Salmo trutta*) in coastal areas of the Skagerrak. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 82: 887-892.

Hogans, W. E. & Trudeau, D. J. 1989.

Preliminary studies on the biology of sea lice, *Caligus elongatus*, *Caligus curtus* and *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligoida) parasitic on cage-cultured salmonids in the lower Bay of Fundy. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*. 1715: iv + 14 p.

Hopkins, C. C. E., Grotnes, P. E. & Eliassen, J. -E. 1989.

Organization of a fjord community at 70° North: The pelagic food web in Balsfjord, northern Norway. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions. International Council for the Exploration of the Sea*. 188: 146-153.

Jaworski, A. & Holm, J. C. 1992.

Distribution and structure of the population of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., under typical rearing conditions. *Aquaculture and Fisheries Management*. 23: 577-589.

Johnsen, M. 2001.

Population dynamics of the two sea lice species Lepeophtheirus salmonis (Krøyer, 1837) and Caligus elongatus (von Nordmann, 1832) on farmed Atlantic salmon (Salmo salar L.) and wild sea trout (Salmo trutta L.) in northern Norway, and possible ways of salmon lice transmission. Thesis Candidata Scientiarum. Univerisitetet i Tromsø. 53 s.

Johnson, S. C., Treasurer, J. W., Bravo, S., Nagasawa, K. & Kabata, Z. 2004.

A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. *Zoological Studies*. 43: 229-243.

Kabata, Z. 1979.

Parasitic Copepoda of British Fishes. The Ray Society, London. 468 s.

Kabata, Z. 2003.

Copepods Parasitic on Fishes. Synopses of the British Fauna. No. 47. (Revised)

Karlsbakk, E. 2004.

Prevalence of trypanosome infections in marine fishes from western Norway. *Sarsia*. 89: 459-466.

Karlsbakk, E., Otterlei, E., Høie, H. & Nylund, A. 2001.

Parasites of cultured cod (*Gadus morhua*) postlarvae fed natural zooplankton. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 21: 63-70.

Kent, M. L. 2000.

Marine netpen farming leads to infections with some unusual parasites. *International Journal for Parasitology*. 30: 321-326.

Khan, R. A. 2004.

Disease outbreaks and mass mortality in cultured Atlantic cod, *Gadus morhua* L., associated with *Trichodina murmanica* (Ciliophora). *Journal of Fish Diseases*. 27: 181-184.

Knudsen, K. K. & Sundnes, G. 1998.

Effects of salinity on infection with *Lernaocera branchialis* (L.) (Copepoda: Pennellidae). *The Journal of Parasitology*. 84: 700-704.

Krebs, C. J. 1989.

Ecological methodology. Harper Collins Publishers, New York. 654 s.

Kristmundsson, A., Eydal, M. & Helgason, S. 2006.

Progress of co-infections of *Trichodina cooperi* and *T. Murmanica* parasitising farmed Atlantic cod *Gadus morhua* juveniles in Iceland. *Diseases of Aquatic Organisms*. 71: 213-223.

Kristoffersen, R. 1991.

Occurrence of the digenean *Cryptocotyle lingua* in farmed Arctic charr *Salvelinus alpinus* and preiwinkles *Littorina littorea* sampled close to charr farms in northern Norway. *Diseases of Aquatic Organisms*. 12: 59-65.

Køie, M. 1979.

On the morphology and life-history of *Derogenes varicus* (Müller, 1784) Looss, 1901 (Trematoda, Hemiuridae). *Zeitschrift für Parasitenkunde*. 59: 67-78.

Køie, M. 1985.

The surface topography and life-cycles of digenetic trematodes in Limanda limanda (L.) and Gadus morhua L. Sammendrag av Dr. Scient thesis. Marine Biological Laboratory, Helsingør, Denmark. 20 s.

Landsberg, J. H., Vermeer, G. K., Richards, S. A. & Perry, N. 1991.

Control of the parasitic copepod *Caligus elongatus* on pond-reared Red Drum. *Journal of Aquatic Animal Health*. 3: 206-209.

Larsen, I. K. 1996.

Forekomst av makroparasitter hos torsk Gadus morhua L. i fjorder med og uten torskeoppdrett. Candidatus scientiarum oppgave, Universitetet i Tromsø. 28 s.

Lloyd, S. 1995.

Environmental influences on host immunity s. 327-361 i Grenfell, B. T. & Dobson, A. P. (ed.): *Ecology of Infectious Diseases in Natural Populations*. Cambridge University Press, Cambridge. 521 s.

Lysne, D. A. 1993.

Epidemiology of cryptocotyle spp. on caged Atlantic cod & the distribution of cryptocotyle spp. metacercariae in the skin of caged Atlantic cod. Candidatus scientiarum thesis, Universitetet i Tromsø. 31 s.

Lysne, D. A., Hemmingsen, W. & Skorping, A. 1995.

Pepsin digestion reveals both previous and present infections of metacercariae in the skin of fish. *Fisheries Research*. 24: 173-177.

Lysne, D. A., Hemmingsen, W. & Skorping, A. 1997.

Regulation of infrapopulations of *Cryptocotyle lingua* on cod. *Parasitology*. 114: 145-150.

Lysne, D. A., Skorping, A. & Hemmingsen, W. 1998.

Transmission of *Cryptocotyle lingua* cercariae in natural environments: a field experiment. *In Journal of Fish Biology*. 53: 879-885.

MacKenzie, K. 1983.

Parasites as biological tags in fish population studies. *Advances in Applied Biology*. 7: 251-331.

MacKenzie, K & Abaunza, P. 1998.

Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. *Fisheries Research*. 38: 45-56.

MacKenzie, K. & Hemmingsen, W. 2003.

Potential disease problems due to parasites in species of marine fish new to mariculture. *The Journal of Parasitology*. 89.(suppl.): 263-270.

Malovic I. 2004.

Trypanosome infections in demersal marine fish along the coast of Finnmark, North Norway: a comparative study. Masteroppgave i biologi, Universitetet i Tromsø. 33 s.

Marcogliese, D. J. 2002.

Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitology*. 124: 83-99.

- Margolis, L., Esch, G. W., Holmes, J. C., Kuris, A. M. & Schad, G. A. 1982.**
The use of ecological terms in parasitology (Report of an Ad Hoc Committee of the American Society of Parasitologists). *The Journal of Parasitology*. 68: 131-133.
- McKenzie, K., McVicar, A. H. & Waddel, I. F. 1976.**
Some parasites of *Pleuronectes platessa* L. in three different farm environments. *Scottish Fisheries Research Report*. 4: 1-14.
- McQueen, A., MacKenzie, K., Roberts, R. J. & Young, H. 1973.**
Studies on the skin of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) III. The effect of temperature on the inflammatory response to the metacercariae of *Cryptocotyle lingua* (Creplin, 1825) (Digenea: Heterophyidae). *Journal of Fish Biology*. 5: 241-247.
- McVicar, A. H. 1997.**
Interaction of pathogens in aquaculture with wild fish populations. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*. 17: 197-200.
- McVicar, A. H. & MacKenzie, K. 1976.**
Effects of different systems of monoculture on marine fish parasites. s. 163-182 i Cherrett, J. M. & Sagar, G. R. (ed.): *Origins of pest, parasite, disease and weed problems*. The 18th Symposium of The British Ecological Society Bangor, 12-14 April 1976. Blackwell Scientific Publications, London. 413 s.
- Möller, H. 1976.**
Reduction of the intestinal parasite fauna of marine fishes in captivity. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 56: 781-785.
- Möller, H. 1978.**
The effects of salinity and temperature on the development and survival of fish parasites. *Journal of Fish Biology*. 12: 311-323.
- Möller, H. & Anders, K. 1986.**
Diseases and parasites of marine fishes. Verlag Möller, Kiel. 365 s.
- Palerud, R. & Velvin, R. 2000.**
Norfra Torsk AS – Lokalitetsundersøkelse Bergodden og Bentsjordbukta, Storfjord kommune 2000. Akvaplan-niva rapport nr: APN- 413.00.1994. 19 sider.
- Parker, R. R., Kabata, Z., Margolis, L. & Dean, M. D. 1968.**
A review and description of *Caligus curtus* Müller, 1785 (Caligidae: Copepoda), type species of its genus. *Journal of the Fisheries Research Board, Canada*. 25: 1923-1969.
- Pethon, P. 1998.**
Aschehougs store fiskebok. Norges fisker i farger. Aschehoug. 447 s.
- Piasecki, W. 1996.**
The developmental stages of *Caligus elongatus* von Nordmann, 1832 (Copepoda: Caligidae). *Canadian Journal of Zoology*. 74: 1459-1478.
- Pike, A. W. & Wadsworth, S. L. 1999.**
Seallice on salmonids: their biology and control. *Advances in Parasitology*. 44: 233-337.
- Poppe, T. 1999.**
Fiskehelse og fiskesykdommer. Universitetsforlaget, Oslo. 411 s.

Poynton, S. L. & Lom, J. 1989.

Some ectoparasitic trichodinids from Atlantic cod, *Gadus morhua* L., with a description of *Trichodina cooperi* n.sp. *Canadian Journal of Zoology*. 67: 1793-1800.

Robson, E. M. & Williams, I. C. 1970.

Relationships of some species of digenea with the marine prosobranch *Littorina littorea* (L.) I. The occurrence of larval digenea in *L. littorea* on the North Yorkshire Coast. *Journal of Helminthology*. 44: 153-168.

Rothschild, M. 1939.

A note of the life cycle of *Cryptocotyle lingua* (Creplin) 1825 (Trematoda). *Novitates Zoologicae* XLI. 178-180.

Sandneseng, E. 2006.

Variation in abundance, diet, otolith zone patterns and black spot disease (Cryptocotyle lingua) of 0-group coastal cod (Gadus morhua L.) in northern Norway. Master Thesis in Marine Ecology. Universitetet i Tromsø. 49 s.

Schram, T. A., Knutsen, J. A., Heuch, P. A. & Mo, T. A. 1998.

Seasonal occurrence of *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* (Copepoda: Caligidae) on sea trout (*Salmo trutta*), off southern Norway. *ICES Journal of Marine Science*. 55: 163-175.

Schrøder, M. B., Villena, A. J. & Jørgensen, T. Ø. 1998.

Ontogeny of lymphoid organs and immunoglobulin producing cells in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Developmental & Comparative Immunology*. 22: 507-517.

Schrøder, M. B., Mikkelsen, H., Børdal, S., Gravningen, K. & Lund, V. 2006.

Early vaccination and protection of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) juveniles against classical vibriosis. *Aquaculture*. 254: 46-53.

Simolin, P., Johansen, R., Grimholt, U., Sterud, E., Kvellestad, A., Evensen, Ø. & Horsberg, T. E. (red.) 2002.

Miljøproblemer i forbindelse med oppdrett av torsk – med fokus på sykdommer og mulighet for spredning av disse til ville bestander. Veterinærinstituttet og Norges veterinærhøgskole. 18 s.

Sindermann, C. J. 1987.

Effects of parasites on fish populations: practical considerations. *International Journal of Parasitology*. 17: 371-382.

Sindermann, C. J. & Rosenfield, A., 1954.

Diseases of fishes of the western North Atlantic III. Mortalities of sea herring (*Clupea harengus*) caused by larval trematode invasion. *Research Bulletin*. 21: 1-16.

Sindermann, C. J. & Farrin, A. E. 1962.

Ecological studies of *Cryptocotyle lingua* (Trematoda: Heterophyidae) whose larvae cause "pigment spots" of marine fish. *Ecology*. 43: 69-75.

Smith, J. W. 1983.

Anisakis simplex (Rudolphi, 1809, det. Krabbe, 1878) (Nematoda: Ascaridoidea): Morphology and morphometry of larvae from euphausiids and fish, and a review of the life-history and ecology. *Journal of helminthology*. 57: 205-224

- Solem, S. T. & Stenvik, J. 2006.**
Antibody repertoire development in teleosts – a review with emphasis on salmonids and *Gadus morhua* L. *Developmental & Comparative Immunology*. 30: 57-76.
- Stene, A. & Sjøstad, K. 2006.**
Smittehygienisk organisering av oppdrettsnæringen etter utbrudd av furunkulose i 1988. *Fiskehelse*. 8. årgang nr.1. s.39-42.
- Stunkard, H. W. 1930.**
The life history of *Cryptocotyle lingua* (Creplin), with notes on the physiology of the metacercaria. *Journal of Morphology and Physiology*. 50: 143-190.
- Svendsen, Y. S. 1991.**
Gyrodactylus på torsk. *Norsk Fiskeoppdrett*. 16: 26-27.
- Svåsand, T., Otterå, H. M. & Taranger, G. L. 2004.**
Atlantic cod s. 433-444 i Moksness, E., Kjørsvik, E. & Olsen, Y.(ed.): *Culture of cold-water marine fish*. Fishing News Books, Blackwell Scientific, London.
- Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E. & Jørgensen, L. L. (red.) 2006.**
Kyst og havbruk 2006. *Fisken og havet*, særnr. 2 – 2006. 165 s.
- Thomassen, M., Gudding, R., Norberg, B. & Jørgensen, L. (red.) 2006.**
Havbruksforskning: Fra merd til mat. Havbruk – Produksjon av akvatiske organismer (2000-2005). Norges forskningsråd. 373 s.
- Thoney, D. A. & Hargis, Jr. W. J. 1991.**
Monogenea (Platyhelminthes) as hazards for fish in confinement. *Annual Review of Fish Diseases*. s. 133-153.
- Treasurer, J. W. & Pope, J. A. 2000.**
Selection of host sample number and design of a monitoring programme for ectoparasitic sea lice (Copepoda: Caligidae) on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*. 187: 247-260.
- Tucker, C. S., Sommerville, C. & Wootten, R. 2000.**
The effect of temperature and salinity on the settlement and survival of copepodids of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) on atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*. 23: 309-320.
- Tully, O. 1989.**
The succession of generations and growth of the caligid copepods *Caligus elongatus* and *Lepeophtheirus salmonis* parasitising farmed atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.). *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*. 69: 279-287.
- Valtonen, E.T., van Maren, M.J. & Timola, O. 1983.**
A note on the intermediate hosts of *Echinorhynchus gadi* Zoega, in Müller (Acanthocephala) in the Baltic Sea. *Aquilo, Ser. Zoologica*. 22: 93-97.
- Wallace Jr., R. K. 1981.**
An assessment of diet-overlap indexes. *Transactions of the American Fisheries Society*. 110: 72-76.

Whittington, I. D. 2005.

Monogenea Monopisthocotylea (ectoparasitic flukes). s. 63-72 i Rohde, K. (ed.): *Marine parasitology*. CSIRO PUBLISHING.

Wootton, R., Smith, J. W. & Needham, E. A. 1982.

Aspects of the biology of the parasitic copepods *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus* on farmed salmonids, and their treatment. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*. 81B: 185-197.

Yasumoto, S. & Nagasawa, K. 1996.

Possible life cycle of *Longicollum pagrosomi*, an Acanthocephalan parasite of cultured Red Sea Bream. *Fish Parasitology*. 31: 235-236.

Zander, C. D. 2005.

Comparative studies on goby (Teleostei) parasite communities from the North and Baltic Sea. *Parasitology Research*. 96: 62-68.

Zintl, A. Poole, W. R., Voorheis, H. P. & Holland, C. V. 1997.

Naturally occurring *Trypanosoma granulosum* infections in the European eel, *Anguilla anguilla* L. from County Mayo, western Ireland. *Journal of Fish Disease*. 20: 333-341.

APPENDIKS

Appendiks 1: Resultatene fra Chi-square tester (χ^2) hvor andelen torsk infisert av de ulike parasittartene ble testet for signifikante forskjeller mellom par (P) av oppdrettspopulasjoner for lokalitetene Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden. Statistisk signifikant forskjell når $p \leq 0,05$, NS = ikke statistisk signifikant forskjell ($p > 0,05$).

Parasittart	P		
	Storfjorden/ Balsfjorden	Balsfjorden/ Ørnfjorden	Ørnfjorden/ Storfjorden
<u>Parasitter med direkte livssyklus:</u>			
Copepoda			
<i>Caligus elongatus</i>	NS	< 0,01	< 0,01
<i>Caligus curtus</i>	NS	< 0,01	< 0,01
<i>Clavella adunca</i>	NS	< 0,05	NS
<i>Holobomolochus confusus</i>	NS	NS	NS
Monogenea			
<i>Gyrodactylus</i> – hud	< 0,01	< 0,01	NS
<i>Gyrodactylus</i> – gjeller	NS	< 0,01	< 0,01
Protozoa			
<i>Trichodina</i> sp.	< 0,01	< 0,01	NS
<u>Parasitter med indirekte livssyklus:</u>			
Digenea			
<i>Cryptocotyle lingua</i>	< 0,01	< 0,01	NS
<i>Derogenes varicus</i>	NS	< 0,05	< 0,01
digene larver	NS	< 0,01	< 0,05
Nematoda			
<i>Hysterothylacium aduncum</i>	< 0,01	< 0,01	NS
<i>Anisakis</i> sp.	NS	NS	NS
Acanthocephala			
<i>Echinorhynchus gadi</i>	NS	NS	NS

Appendiks 2: Ulike drift- og produksjonsparametere ved torskeoppdrettslokalitetene i Storfjorden, Balsfjorden og Ørnfjorden: notdyp, settefiskens produksjonsforhold (yngelhistorie), føringsregimet og avstand til annen oppdrettsvirksomhet. Driftslengde innebærer den totale tiden hver enkelt oppdrettslokalitet har vært i bruk fra og med første fiskeutsett.

Lokalitet	Notdyp bunn/spiss (meter)	Driftslengde (mnd.)	Antall fôringer per dag	Yngel-historie	Avstand til nærmeste anlegg(km)
Storfjorden	15 / 22	14	2	sjøvannspoll	15
Balsfjorden	8 / 12	11	2 / 3	landanlegg	*
Ørnfjorden	8 / 10	34	2	sjøvannspoll	5

* ved prøveuttaket var det undersøkte anlegget det eneste i drift i fjorden.