

**Effekten av forskjellig saltholdighet
på overlevelsen og adferden
hos copepodittstadiet til
*Caligus elongatus***

Kristian Åmot Andersen

**Effekten av forskjellig saltholdighet
på overlevelsen og adferden hos
copepodittstadiet til
*Caligus elongatus***

Kristian Åmot Andersen

Cand. scient.oppgave
Februar 2006



Biologisk Institutt
Universitetet i Oslo

Forord

Denne oppgaven ble gjennomført ved Forschungsstasjonen Flødevigen på Hisøy ved Arendal.

Først og fremst vil jeg benytte anledningen til å takke min veileder, Thomas Schram, som har bidratt med inspirasjon til valg av tema for oppgaven, og ikke minst grundig og konstruktiv veiledning, samt hans gode selskap under oppholdet i Flødevigen.

Takk til alle som har bidratt med hjelp ved Forschungsstasjonen Flødevigen. Både når det gjelder selve opplegget, men også for gode råd og god veiledning med hensyn til oppgaven. En spesiell takk til Jan Atle Knutsen, som alltid hadde opplegget klart og tilrettelagt utstyret for oss mens vi oppholdt oss i Flødevigen.

Vil også takke for at jeg fikk lov til å bo på Forschungsstasjon og bruke labben deres til forsøkene mine.

Til slutt vil jeg gi en kjempetakk til min kjære Monica og familien min som hele tiden har holdt ut med meg, lest korrektur, bidratt med støtte, oppmuntring og positive kommentarer.

Oslo, februar 2006

Kristian Åmot Andersen

Innhold

Innledning	5
Materialer og metoder	11
Fangst av fisk	11
Plukking av lus	13
Klekking av eggstrengene	14
Utvikling fra nauplius I til copepoditt	15
Uttak av copepoditter til forsøk	18
Copepodittenes adferd og registrering av døde individer	18
Resultater	19
Saltholdighetsforsøkene	21
Forsøk nr. 1 og 2 i 10 promille saltholdighet	21
Forsøk nr. 3, 4 og 5 i 15 promille saltholdighet	21
Forsøk 3	29
Forsøk 4	29
Forsøk 5	30
Forsøk nr. 6, 7 og 8 i 20 promille saltholdighet	31
Forsøk 6	32
Forsøk 7	33
Forsøk 8	33
Forsøk nr. 9, 10 og 11 i 25 promille saltholdighet	35
Forsøk 9	36
Forsøk 10	36
Forsøk 11	37
Sammenlignende gjennomgang av alle forsøkene	39
Diskusjon	40
Klekking og overlevelse til copepoditter	41
Saltholdighetsforsøkene	42
Sammenligning med andres arbeider	45
Sammendrag	50
Litteratur	52

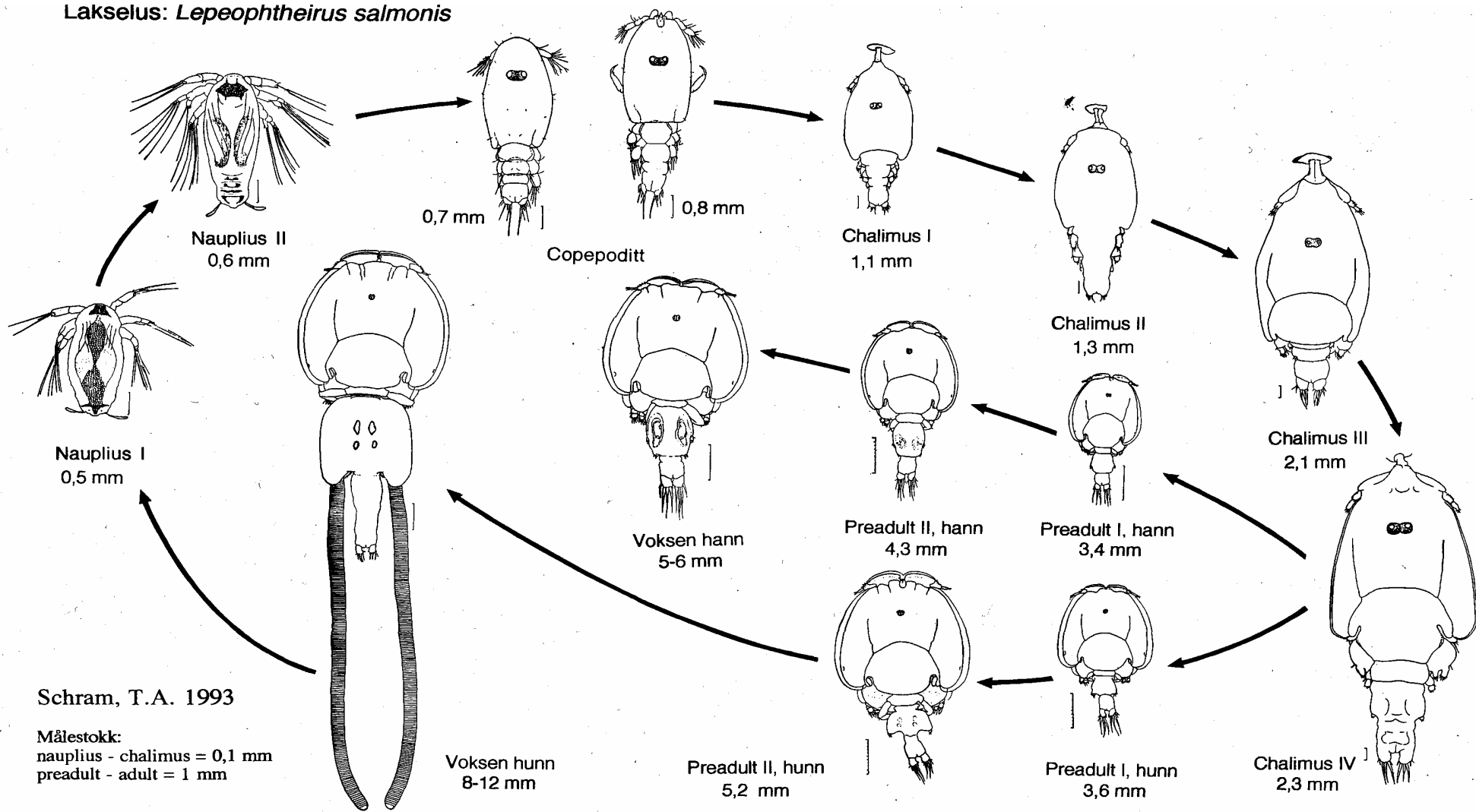
Innledning

Krepsdyr parasitterer nesten alle klasser av flercellede dyr i havet, fra svamp til blåhval. Noen ligner til forveksling sine ikke-parasittiske slektninger, mens andre knapt har noen av krepsdyrets opprinnelige strukturer igjen. Krepsdyrparasitter på fisk hører til klassen hoppekreps (Copepoda) og fiskelus (Branchiura), samt ordene Amphipoda og Isopoda i klassen storkreps.

Noen parasitter finnes bare på én fiskeart (de har høy vertsspesifisitet), mens andre kan bruke nesten hvilken som helst fisk som vert for å gjennomføre sin livssyklus. (Heuch og Schram 1999).

Skottelusa (*Caligus elongatus*, Nordmann) infiserer laks, men er også funnet på mer enn 80 andre fiskearter (Kabata 1979). Selv om skottelusa har vært kjent i lang tid i merdoppdrett av laks, har den i oppdrettssammenheng ofte vært oversett og alle parasittproblemene har for det meste blitt tilskrevet lakselusa. Skottelusa, som er mye mindre enn lakselusa, har fått sitt norske navn fordi disse parasittene første gang dukket opp i oppdrettsanlegg i Skottland. Hunnene er 5-6 mm og hannene 4-5 mm lange. *Caligus*-artene har, i motsetning til *Lepeophtheirus*-artene, to sugeskåler (lunuler) som sitter i forkant av hodeskjoldet. Skottelusa har en karakteristisk lys gulbrun farge langs kantene og er mørkere midt på (Schram pers.med.). Arten har fire chalimus-stadier, der larvene er større og har lengre festetråd enn lakselusa. I motsetning til lakselusa har ikke skottelusa preadulte stadier (Piasecki & MacKinnon 1995). Lakselusa [*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer)], som er studert mer omfattende enn skottelusa, har en livssyklus med 10 stadier (Fig. 1) (Schram 1993).

Lakselus: *Lepeophtheirus salmonis*



Schram, T.A. 1993

Målestokk:
 nauplius - chalimus = 0,1 mm
 preadult - adult = 1 mm

Figur 1. Livssyklusen til *Lepeophtheirus salmonis*

Mellom hvert stadium skifter den skall. De to naupliusstadiene og copepodittstadiet tilbringes frittsvømmende i vannet, noe som bidrar til spredningen av parasitten. Fisken blir infisert av copepoditten, som først fester seg med det andre antennepar, deretter med en kitintråd, før den skifter skall og blir til chalimus I stadiet. Gjennom de fire chalimusstadiene henger parasitten forankret i tråden, inntil den blir preadult. I de to preadulte stadiene kan parasitten bevege seg fritt over hele fisken. Hannen utvikler seg raskere enn hunnen og er mindre. Voksne hanner holder seg fast rundt preadulte og voksne hunners bakkropp og dekker denne slik at de ser ut som en dobbeltlus med hale. Dette paret (prekopula) henger sammen til hunnen blir voksen, og har fått overført spermatoforen fra hannen. Hunnen legger deretter befruktete egg i smale sekker (strenger), der de ligger sablet som mynter. Fra disse sekkene klekkes de 0,5 mm store naupliuslarvene og livssyklusen er dermed sluttet (Heuch og Schram 1999).

Parasittiske hoppekreps kan forekomme på alle fiskearter i sjøen. I tillegg til å gi redusert vekst og antagelig økt dødsfall i ville fiskebestander, utgjør de et stort problem for fiskeoppdrettere verden over. I Norge er det lakselusa som forårsaker de største økonomiske problemene i oppdrett av salmonider. Denne parasitten alene gir tap på flere hundre millioner kroner per år for oppdretterne i form av behandlingsutgifter og redusert tilvekst (Heuch og Schram 1999).

Mye tyder på at voksne skottelus som infiserer oppdrettsfisk, kan komme fra villfisk, bl.a. torsk og sei. Skottelusa forårsaker sjelden store sår på fisken, men omfattende punktblødninger har vært registrert. *Caligus elongatus* bekjempes på samme måte som lakselus, men det hender at de plutselig blir borte av seg selv ved at de svømmer vekk, forflytter seg til fisk i en annen merd eller til villfisken utenfor. (Heuch og Schram 1999).

Det er viktige forskjeller mellom lakselus og skottelus i størrelse, vertsspesifisitet, morfologi, sensitivitet ovenfor ferskvann og geografisk utbredelse. Lakselusa er vidt utbredt i Atlanterhavet og Stillehavet, mens skottelusa ser ut til å finnes over hele verden.

Som nevnt er lakselusa større enn skottelusa slik at førstnevnte fører til mer skade per parasittindivid enn skottelusa på fiskeverten. Lakselusa er spesifikk for laksefisker, mens skottelusa finnes innenfor en rekke fiskefamilier. Skottelusa er mer mobil, den forflytter seg raskt på verten og kan svømme fra fisk til fisk. Voksne skottelus er også fanget i planktontrekk (Wotten et al., 1982, T.A. Schram pers. medd.).

Forekomst av lakselus er ikke, som sportsfiskere har hevdet, en god indikator på nyoppgått (siste 1 – 3 døgn) fisk.

I forsøk med sjørøye har Finstad og medarbeidere (1995) vist at lakselus kan greie seg inntil 3 uker på verten, og Ashbly (1951), Wotten et al., (1982), Hahnkamp & Fyhn (1985) og McLean med medarbeidere (1990) registrerte overlevelse av lakselus på laks i opptil henholdsvis 25, 21, 7 og 6 dager i ferskvann. Lakselus kan altså greie seg utrolig lenge på verten dersom den er beskyttet av fiskeslim (naturlig festet) når den går opp i elva. Hvor lenge skottelusa overlever i ferskvann, er ikke kjent.

I tre og et halvt år studerte man lakse- og skottelus på sjøørret i Arendal-området og fant at parasittene opptrådte sesongmessig og at parasittene økte i antall om våren og avtok om vinteren (Schram et al. 1998). I de første prøvene om våren ble det bare funnet lakselus, (mens skottelusa hadde forsvunnet.) Det så altså ut til å være forskjell i de to artenes toleranse ovenfor redusert saltholdighet. I indre Oslofjord hvor saltholdigheten ikke er som i havet, ble *C. elongatus* bare funnet

sporadisk på sjøørret og den ble aldri funnet i elvene som munnet ut i fjorden (Mo & Heuch 1998). Det er mulig at *C. elongatus* er mindre tolerant overfor ferskvann enn lakselusa og at parasitten forlater sjøørreten før den går inn i brakkvann og opp i ferskvann (Schram et al., 1987). I Canada (Bay of Fundy) er *C. elongatus* meget mer alminnelig på laks enn lakselus (Hogans & Trudeau 1989), altså det motsatte av hva en finner hos oss. De nevnte forfatterne hevder videre at *C. elongatus* er en uttalt marin art.

Tema for oppgaven er å undersøke overlevelsen av copepodittstadiet til *Caligus elongatus* ved forskjellige saltholdigheter.

Hovedhypotesen er at *C. elongatus* har en redusert overlevelse over tid når den blir utsatt for vann med lavere saltholdighet enn det som er normalt for arten.

Det er mulig at *Caligus elongatus* er mindre tolerant for redusert saltholdighet enn *Lepeophtheirus salmonis* og av den grunn forlater (hopper av) verten før denne via brakkvann svømmer opp i ferskvann for å gyte. Dette har den også en større mulighet til, fordi den er en bedre svømmer enn lakselusa.

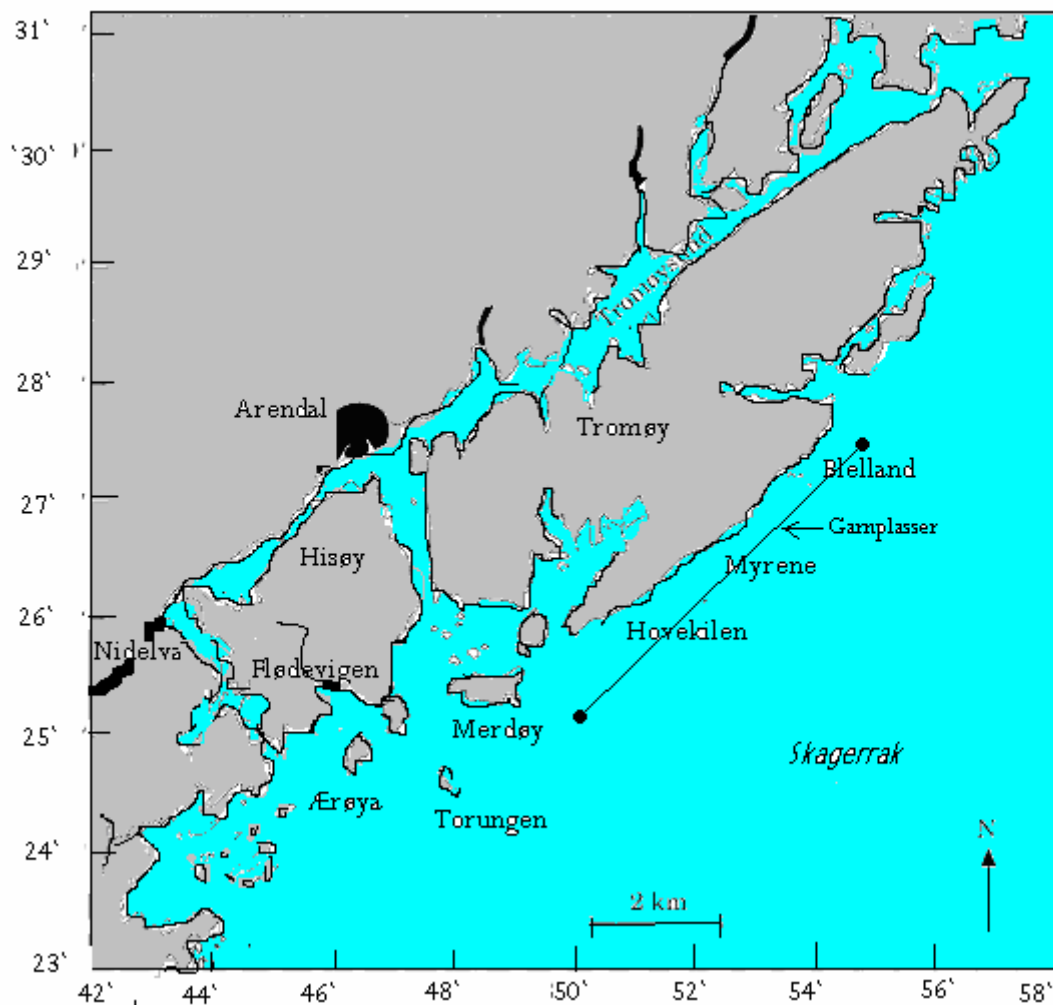
Til tross for stor innsats i en rekke land, har man aldri kommet over pelagiske copepoditter verken av lakselus eller skottelus i noe særlig antall i naturen (Heuch et al., 1995). For å få tak i forsøksdyr, var det derfor nødvendig å etablere oppdrett av skotteluscopepoditter i laboratoriet. I akvarieavdelingen til Biologisk institutt har man gjennom en årrekke drevet med klekking av eggsekker til forskjellige fiskeparasitter. Prosedyren er etter hvert forbedret seg fra klekking i kar (Schram & Anstensrud 1985) til klekking i skilletrakter (Nordhagen 1997). Også videre utvikling til copepoditter har foregått etter stadig forbedrede metoder. Det klemmeoppsettet som jeg har benyttet, er basert på de erfaringer som T. A. Schram har gjort.

Siden rognkjeks (*Cyclopterus lumpus* L.) er den fiskearten i våre farvann som oftest har flest skottelusindivider, ble det først satt i gang et fiske etter rognkjeks utenfor Havforskningsinstituttets Forskningsstasjon i Flødevigen ved Arendal. Fisken ble fanget og hunnlus med eggstrenger ble samlet inn. Eggstrengene ble fjernet fra mordyra og overført til et eget klekkeoppsett for å få tilgang på nauplius I stadier, som utviklet seg videre til nauplius II stadiet, før de ble copepoditter. Først når man hadde copepodittlarver i tilstrekkelig antall, kom man i gang med saltholdighetsforsøkene. Også disse fant sted ved Forskningsstasjonen.

Materialer og metoder

Fangst av fisk

Rognkjeks ble tatt med garn utenfor Hovekilen, Myrene og Bjelland, ca.10 minutter med båt fra Flødevigen (Fig. 2).



Figur 2. Kart over deler av Skagerrakkysten med angivelse av hvor garnene ble satt utenfor Tromsø.

Garnene ble satt på ca 10 meters dyp. Det ble brukt to garn, hvert 250 m lange.

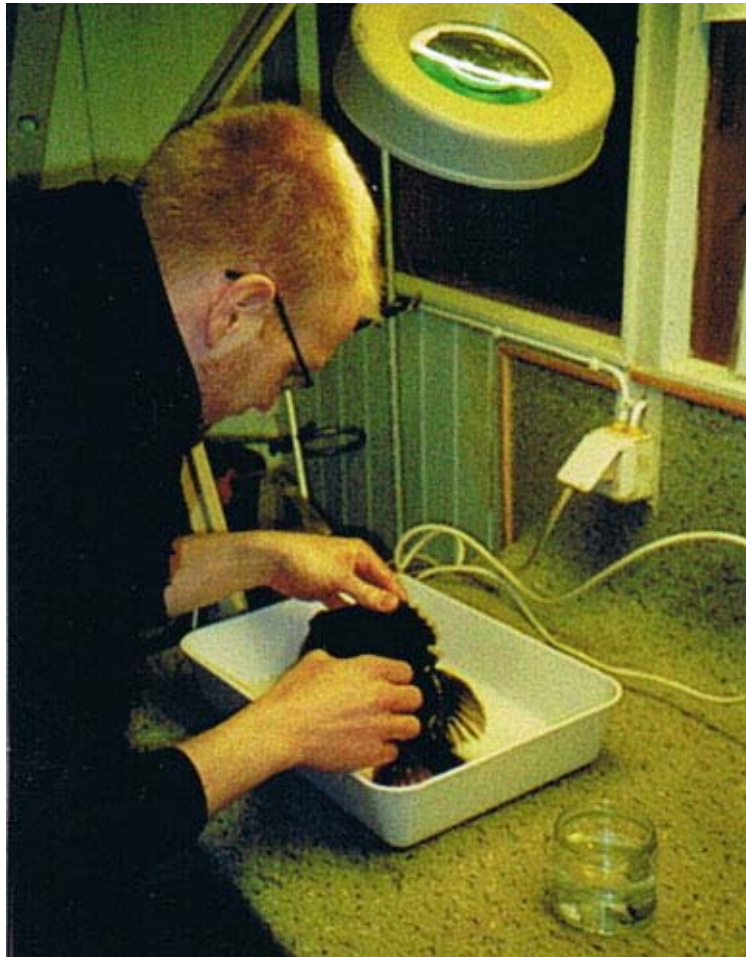
Garnet var på 8 omfar, (dvs. 8 masker per alen).

Fisket foregikk fra 10. mars – 24. april 2003. Redskapen ble satt mellom kl. 08.00 – 10.00 den ene dagen og trukket i samme tidsrom neste dag. Fisken ble overført til en plastbeholder 80 cm x 50 cm x 50 cm (lxbxh) halvfulle av sjøvann. Rognkjeksene ble fraktet til Forskningsstasjon Flødevigen hvor de ble plassert i fire forskjellige vannkar. Tre av disse var 1,3 m lange, 1,3 m brede og 0,4 m høye, mens det fjerde var 1,5 m langt, 1,5 m bredt og 0,4 m høyt. Temperaturen i de tre like karene lå på ca. 6,6°C, mens vannet i det største var ca. 9,4°C. Vannet ble pumpet opp fra 75 meter dyp, og hadde en saltholdighet på ca. 34 promille. Lufttemperaturen i hallen hvor fiskene gikk, lå på rundt 10,5°C. I de tre like karene var det 30 fisk i hver, mens det var 40 fisk i det største.

Plukking av lus

Rognkjeks ble tatt opp av karene og hunnlusene fjernet med pinsett (Fig. 3).

Lusa ble lagt på pekefingeren og eggsekkene løsnet med en enkel bevegelse.



Figur 3. Plukking av lus på Rognkjeks.

Med pinsetten ble eggsekkene vippet over ryggskjoldet til lusa, for så å bøyes tilbake igjen, da løsnet eggstrengene fra selve lusa. Eggsekkene ble lagt i en petriskål med saltvann og da det var tilstrekkelig antall eggstrenger, ble de overført til klekking.

Lusene som hadde fått eggsekkene fjernet ble plassert tilbake på fisken, og fisken satt tilbake i karet.

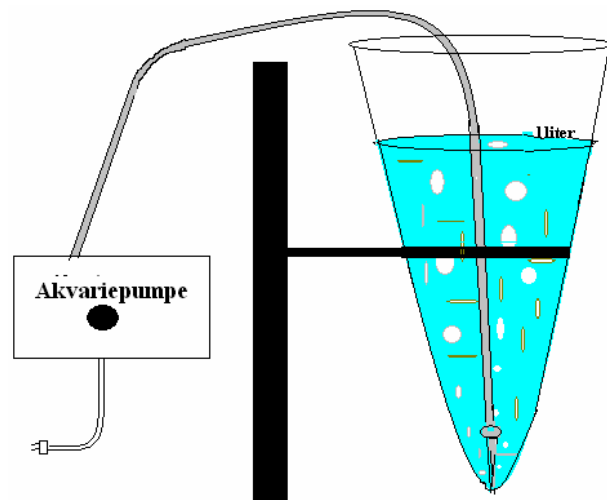
Klekking av eggstrengene

Klekkingen foregikk i en glasskjegle med 1 liter saltvann plassert i et enkelt stålstativ (Fig 4).



Figur 4. Apparat til klekking av eggstrenger.

Kjeglen var 47 cm høy og hadde en øvre diameter på 12 cm. 1-liters merket var risset inn. Vannet ble filtrert gjennom to patronfiltre med nominal maskevidde på 25 mikrometer. Saltholdigheten var på 34 promille og temperaturen i vannet lå på rundt 10°C. Til enden av en slange fra en akvariepumpe (membranpumpe, type R101 Tropica, Trondheim) var det festet en kanyle som ble stukket ned i kjeglespissen (Fig 5).

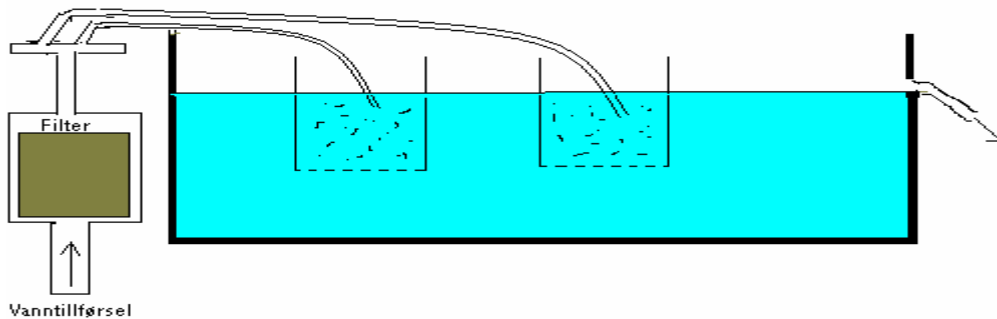


Figur 5. Skisse av klekkeoppsett med slange fra en akvariepumpe og kanyle som ble stukket ned i kjeglespissen.

Luftboblene sørget for oksygen og sirkulasjon av eggsekkene slik at ingen sank ned til bunnen. En gang i døgnet (hver morgen) ble luftslangen fjernet og eggsekkene sank til bunns. Kjeglen ble deretter dekket av svart plast og med en Luxor-lampe ble bare den øverste delen av vannkjeglen belyst. De fototrofiske nyklekkede naupliuslarvene ble dermed trukket mot overflaten og kunne helles over i en annen beholder med bunn av planktonduk (180 μm). Kjeglen ble etterfylt med vann og nytt klekkeregime etablert. Omtrent alle embryoene i hver enkelt eggsekk klekket i hele forsøksmaterialet.

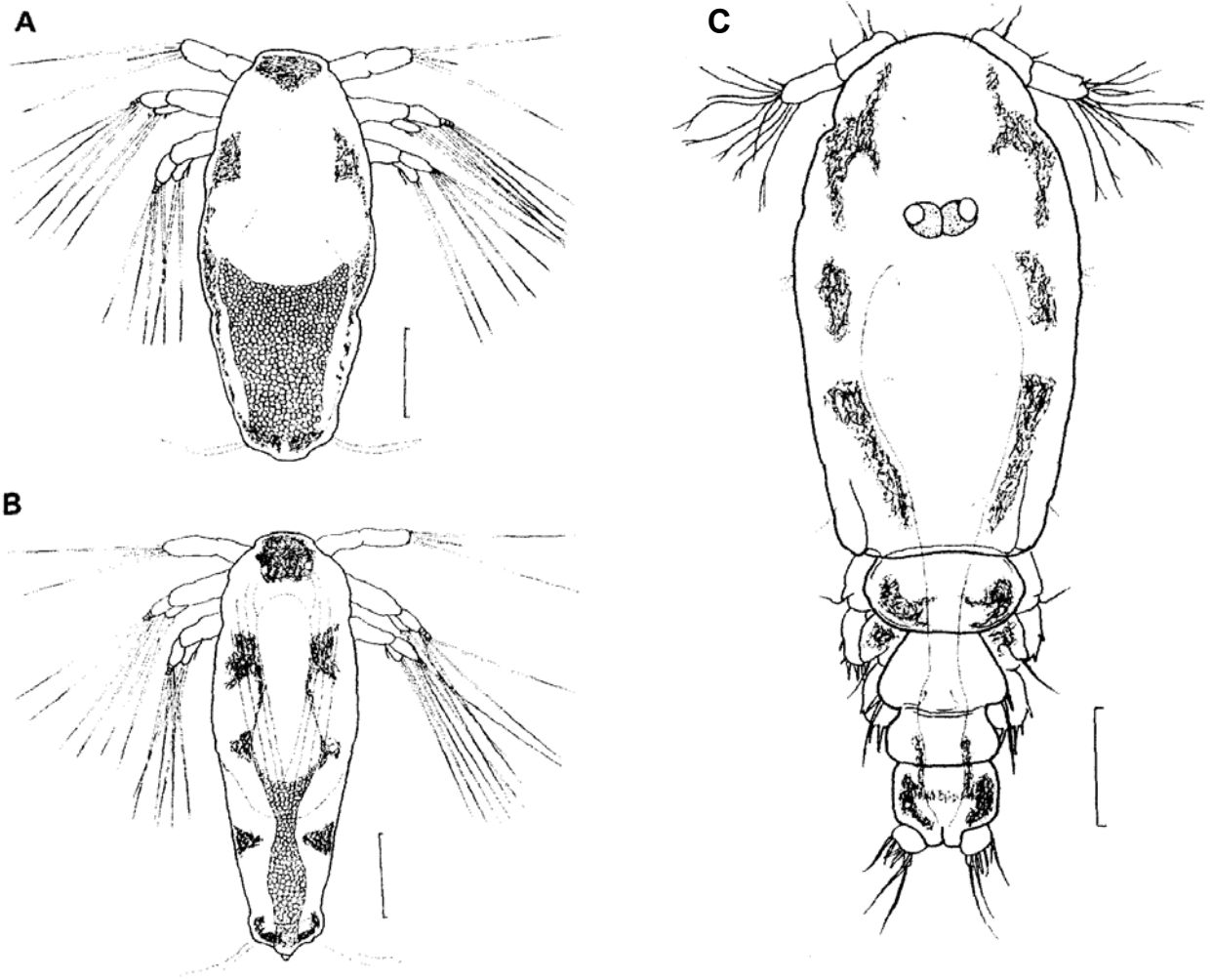
Utvikling fra nauplius I til copepoditt

Naupliene ble overført til en sylindrisk utviklingsbeholder (20 cm i diameter og høyde 21 cm) hvor bunnen var planktonduk (180 μm). Utviklingsbeholderen var opphengt i et større kar (L x B x H = 1,3 m x 1,3 m x 0,4 m) med saltvannstilførsel fra 75 meters dyp og filtrert gjennom to filterpatroner (Aqua-Pwre, AP 111, 25 Micron, Dirt/Rust filter, medium dirt load, Fig. 6).



Figur 6. Prinsippskisse av hovedkar og utviklingssylindere.

Innstrømningshastigheten på dette vannet var 5 liter per minutt. Vannet hadde en temperatur på ca 8,5°C og en saltholdighet på 34 promille. Beholderen med naupliene ble festet til innsiden av karet. En slange fra filteret til beholderen med naupliene sørget for sirkulasjon i utviklingsbeholderen. Hver dag ble utviklingskaret kontrollert for nyklekte copepoditter. Disse er større enn naupliuslarvene og svømmer på en annen måte (Fig.7).



Figur 7. Pelagiske stadier til *Caligus elongatus* sett fra dorsal side. A. Nyklekket nauplius I larve. B. Frittstående nauplius II larve. C. Frittstående copepoditt. Målestokk 0,1 mm. (Schram, T.A., 2004)

Uttak av copepoditter til forsøk

En bakke ble brukt til å løfte opp utviklingsbeholderen med sjøvann til laboratoriebenken. En 50 ml sprøyte uten kanyler ble benyttet til å suge opp vann med copepoditter og overføre dem til en petriskål (9 cm). Skålen ble studert under lupe (WILD M8). Vitale copepoditter ble tatt ut og overført til et tellebeger. Videre ble 30 individer av disse plukket ut og satt over i aktuelle saltholdigheter. Vann med forskjellig saltholdighet ble laget med utgangspunkt i 34 promille sjøvann og med innblanding av destillert ferskvann. Forsøkskarene var 9,5 cm lange, 8,0 cm brede og 6,5 cm høye og fylt med 200 ml vann med de aktuelle saltholdighetene: 10, 15, 20 og 25 promille. Det ble utførte tre parallelle forsøk med 30 lus i de nevnte saltholdighetene, unntatt i 10 promille hvor det bare var to paralleller. Forsøkskarene ble plassert i vannbad for å stabilisere temperaturen på 12°C.

Copepodittenes adferd og registrering av døde individer.

For å følge med i hva som skjedde i de forskjellige forsøkene, suget jeg opp copepodittene med en pipette, overførte dem til en petriskål og studerte dyra med lupe. Døde lus ble plukket ut med pinsett, mens de andre ble sluppet tilbake i forsøksbeholderne. I de første timene etter forsøkstart kontrollerte jeg adferd nærmest kontinuerlig og registrerte antall døde; etter 5 min, 30 min, 1.5 time, 4 timer, 8 timer og 24 timer. Videre utover i prosessen, når antall døde forsøksdyr avtok, gikk det lenger tid mellom hver telling.

Resultater

Mellom 100 – 150 rognkjeks med *C. elongatus* ble fanget i garn og fordelt på fire kar (Nr. 1 – 4) (Tabell 1).

Tabell 1. Temperatur (°C) i forsøkene. Alle registreringer ble utført hver dag kl. 09.00.

Dato	Lufttemperatur	Fiskekar nr.				Klekkestativ nr.		Copepodittkar
		1	2	3	4	1	2	
16.05.03	9,9	9,5	9,2	9,2	9,2	9,4	**	6,2
19.05.03	10,5	9,4	6,4	6,3	6,3	9,8	9,8	6,3
20.05.03	10,5	9,4	6,5	6,5	6,5	10,2	10,3	8,6
21.05.03	10,4	9,3	6,5	6,5	6,5	10,4	10,0	8,7
22.05.03	10,7	***	6,5	6,5	6,5	10,7	10,0	8,7
23.05.03	10,5	***	6,6	6,6	6,6	10,2	10,3	8,7
24.05.03	10,3	***	6,8	6,8	6,8	10,3	10,3	8,9
25.05.03	10,0	***	6,9	6,9	7,0	10,0	10,1	8,2
26.05.03	11,4	***	6,9	6,9 ^a	7,3	10,2	10,2	9,2
27.05.03	11,6	***	6,9	6,9	7,6	11,0	11,1	12,1

** måling ikke påbegynt pga. mangel på eggstrenger

*** ikke flere fisk i karet

Tabell 1 viser at temperaturen i fiskekarene varierte mellom 6,3°C og 9,5°C, og var høyere ved første måling enn ved de etterfølgende kontrollene. Dette ble justert manuelt slik at vanntemperaturen ved neste kontroll var 3°C kaldere. Kar 1 hadde likevel en høyere temperatur (ca.9,5°C) enn de andre karene. Dette skyldtes at tilførselsledningen lå inntil et varmerør slik at vannet ble noe oppvarmet før det havnet i kar 1. Høy vanntemperatur forverret fiskens kondisjon. Fiskene virket syke og enkelte hadde begynt å få sår og etter seks dager bestemte vi oss for å fjerne alle rognkjeksene i kar 1. Dette var ikke noe problem i de andre karene.

Hunnlus med eggstrenger ble plukket fra fisken og eggstrengene fjernet og overført til klekkeoppsettet. Inntaksvannet hadde en saltholdighet på 34 promille og lufttemperaturen i fiskehallen hvor forsøkene foregikk varierte mellom 9,9°C og 11,6°C (Tabell 1). Temperaturen i akvariehallen var høyere enn i fiskekarene, men

uten store variasjoner mesteparten av tiden. Det ble dog registrert, i takt med en fremskridende vår, en økning av temperaturen i slutten av perioden.

Det ble til sammen plukket 340 eggstrenger fra *Caligus elongatus*, som igjen ble fordelt mellom to klekkestativer, henholdsvis klekkestativ 1 og 2. Det fremgår av Tabell 1 at temperaturen i klekkestativene var omtrent 10°C. Temperaturvariasjonen var liten og ellers lik i de to klekkestativene. Stativ 1 fikk over en ni dagers periode tilført til sammen 195 eggstrenger. Stativ 2 fikk bare tilført eggstrenger én gang - 145 stykker.

Temperaturen i copepodittkaret varierte mellom 6,2°C og 12,1°C, men var ca. 9°C mesteparten av tiden (Tabell 1). Det gikk fire dager før det var klekket et tilstrekkelig antall nauplius I larver i stativ 1 for overførsel til utviklingssylinderen i vannkaret, mens det bare tok ett døgn for å få et stort nok antall nauplius I larver for overførsel fra stativ 2.

Etter at klekkingen hadde kommet i gang i begge stativene, ble det daglig overført et stort antall naupliuslarver til utviklingssylinderne. Etter to dager fant jeg de første copepodittene i utviklingssylinderen og etter ytterligere to dager var antallet copepoditter tilstrekkelig til å starte forsøkene. Det ble totalt tatt ut 330 copepoditter fra utviklingssylinderen. Disse ble fordelt i grupper på 30 individer og lagt i de aktuelle saltholdighetene (10‰, 15‰, 20‰ og 25‰).

Det ble utført tre parallelle forsøk i 15, 20 og 25 promille S (saltholdighet), men bare to paralleller i kar med 10 promille S.

Saltholdighetsforsøkene

Forsøk nr. 1 og 2 i 10 promille saltholdighet

Ingen av copepodittene viste noe tegn til liv i disse forsøkene, alle døde umiddelbart.

I de etterfølgende forsøkene var det bedre overlevelse og karakterisering av den enkelte copepoditt ble foretatt etter nedenstående oppsett (Tabell 2). Dyr uten tarmperistaltikk ble registrert som døde.

Tabell 2. Karakterisering av tilstanden til copepodittene

Betegnelse	Aktivitet
1	Ligger stille på bunnen, bare tarmperistaltikk
2	Bevegelse av vedheng
3	Kun rykninger, men beveger seg ved berøring
4	Beveger seg bare på bunnen
5	Beveger seg på bunnen, men svømmer opp i vannet ved berøring
6	Aktivt svømmende, vanskelig å fange

Forsøk nr. 3, 4 og 5 i 15 promille saltholdighet

Den registrerte dødeligheten blant copepodittene fremgår av Tabell 3.

De tre parallelle forsøkene hadde omtrent samme hendelsesforløp. Straks individene ble overført til forsøkskålene svømte copepodene rundt, men etter fem minutter lå de alle på bunnen uten å reagere på ytre stimuli. Bare på noen få individer registrerte jeg bevegelse av tarmen nær anus. Etter halvannen time lå copepodene fortsatt på bunnen. Halvparten med tarmbevegelse, de andre virket døde, men ble ikke fjernet.

Den største dødeligheten skjedde etter fire timer og etter 132 timer var alle døde.

Dette var felles for alle forsøkene i 15 promille.

Beskrivelse av hva som skjedde i de enkelte forsøkene i 15‰ saltholdighet er som følger:

Tabell 3. Antall døde copepoditter i de enkelte forsøk

Saltholdighet	15‰				20‰				25‰			
	Forsøk			Sum	Forsøk			Sum	Forsøk			Sum
Timer	3	4	5		6	7	8		9	10	11	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3
1,5	0	0	0	0	5	3	3	11	2	1	0	3
4	9	13	13	35	1	7	1	9	1	1	0	2
8	9	6	3	18	1	0	1	2	0	0	1	1
12	3	4	0	7	1	0	0	1	0	0	1	1
24	0	0	3	3	0	1	0	1	0	0	1	1
36	1	0	0	1	2	1	2	5	0	0	0	0
48	3	2	2	7	4	2	2	8	0	0	0	0
60	2	0	4	6	3	0	3	6	0	1	0	1
72	1	1	1	3	0	1	0	1	1	0	0	1
84	0	0	3	3	0	0	2	2	1	2	0	3
96	1	0	1	2	0	2	0	2	0	1	1	2
108	1	1		2	*	*	*	*	*	*	*	*
120		2		2	0	1	1	2	0	0	0	0
132		1		1	*	*	*	*	*	*	*	*
144					0	0	0	0	0	0	0	0
168					0	0	0	0	0	0	1	1
216					0	0	0	0	1	0	1	2
264					1	0	0	1	0	0	0	0
312					0	0	0	0	0	2	1	3
360					0	1	0	1	2	2	6	10
408					1	1	1	3	0	0	0	0
456					0	0	3	3	1	0	0	1
504					1	1	1	3	1	0	1	2
522					2	0	0	2	0	2	0	2
600					1	2	2	5	0	3	0	3
648					4	4	0	8	5	1	2	8
696					1	2	5	8	1	3	4	8
744									6	0	7	13

*ingen måling - overgang til 24t intervall
 tom tabellcelle indikerer "ingen gjenlevende copepoditter"

Tabell 4. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de gjenlevende.

Forsøk 3. 15‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand*
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30; 1
0,5	0	30	"
1,5	0	30	"
4	9	21	21; 1
8	9	12	12; 1
12	3	9	3; 2, 6; 1
24	0	9	3; 2, 6; 1
36	1	8	2; 2, 6; 1
48	3	5	2; 3, 3; 2
60	2	3	1; 3, 2; 2
72	1	2	2; 3
84	0	2	1; 3, 1; 2
96	1	1	1; 1
108	1	0	

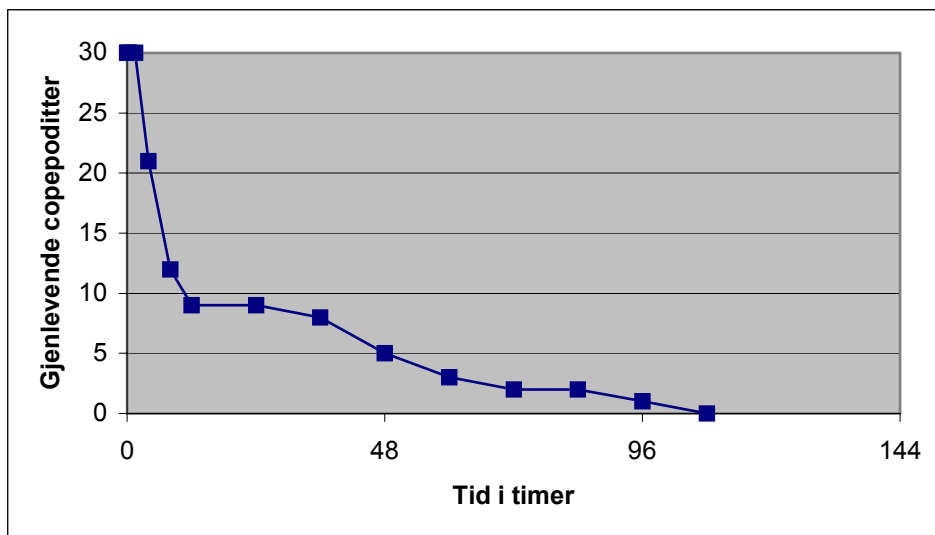
Tabell 5. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de gjenlevende.

Forsøk 4. 15‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30; 1
0,5	0	30	"
1,5	0	30	"
4	13	17	4; 2, 13; 1
8	6	11	4; 2, 7; 1
12	4	7	3; 2, 4; 1
24	0	7	3; 2, 4; 1
36	0	7	4; 2, 3; 1
48	2	5	3; 3, 2; 2
60	0	5	3; 3, 2; 2
72	1	4	3; 3, 1; 2
84	0	4	3; 3, 1; 2
96	0	4	2; 3, 2; 2
108	1	3	3; 1
120	2	1	1; 1
132	1	0	

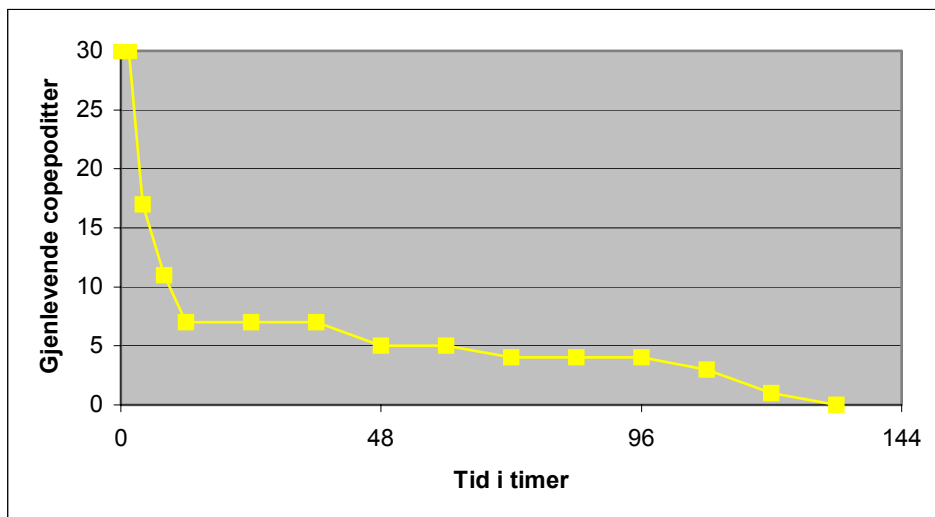
Tabell 6. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de gjenlevende.

Forsøk 5. 15‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30; 1
0,5	0	30	"
1,5	0	30	"
4	13	17	17; 1
8	3	14	14; 1
12	0	14	6; 2, 8; 1
24	3	11	6; 2, 5; 1
36	0	11	6; 2, 5; 1
48	2	9	6; 3, 3; 2
60	4	5	2; 3, 3; 2
72	1	4	4; 1
84	3	1	1; 1
96	1	0	

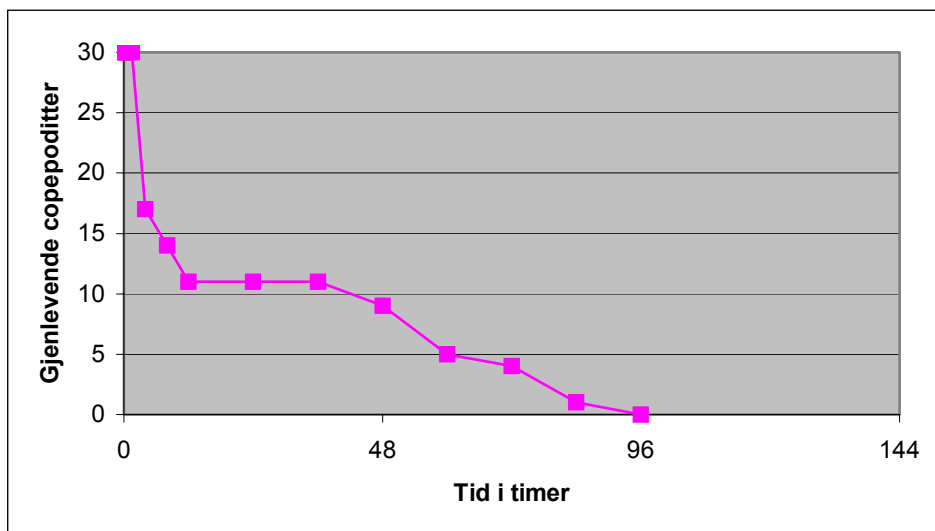
- * Betegnelse Aktivitet
- 1 Ligger stille på bunnen, bare tarperistaltikk
 - 2 Bevegelse av vedheng
 - 3 Kun rykninger, men beveger seg ved berøring
 - 4 Beveger seg bare på bunnen
 - 5 Beveger seg på bunnen, men svømmer opp i vannet ved berøring
 - 6 Aktivt svømmende, vanskelig å fange



Figur8. Antall overlevende copepoditter i forsøk 3, eksponert for 15‰ S over tid.



Figur 9. Antall overlevende copepoditter i forsøk 4, eksponert for 15‰ S over tid.



Figur 10. Antall overlevende copepoditter i forsøk 5, eksponert for 15‰ S over tid.

Tabell 7. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de gjenlevende.

Forsøk 6. 20‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand*
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30;1
0,5	0	30	1; 2, 29; 1
1,5	5	25	23; 2, 2; 1
4	1	24	5; 6, 16; 5, 3; 4
8	1	23	5; 6, 16; 5, 2; 4
12	1	22	11; 6, 11; 5
24	0	22	"
36	2	20	10; 6, 10; 5
48	4	16	10; 6, 6; 5
60	3	13	5; 6, 8; 5
72	0	13	10; 6, 3; 5
84	0	13	"
96	0	13	"
120	0	13	6; 6, 5; 5, 2;4
144	0	13	"
168	0	13	"
216	0	13	10; 6, 3; 5
264	1	12	10; 6, 2; 5
312	0	12	"
360	0	12	"
408	1	11	3; 6, 6; 5, 2; 3
456	0	11	"
504	1	10	1; 5, 6; 4, 3; 3
552	2	8	2; 6, 4; 5, 2; 4
600	1	7	2; 5, 5; 4
648	4	3	3; 4
696	1	2	1; 6, 1; 4

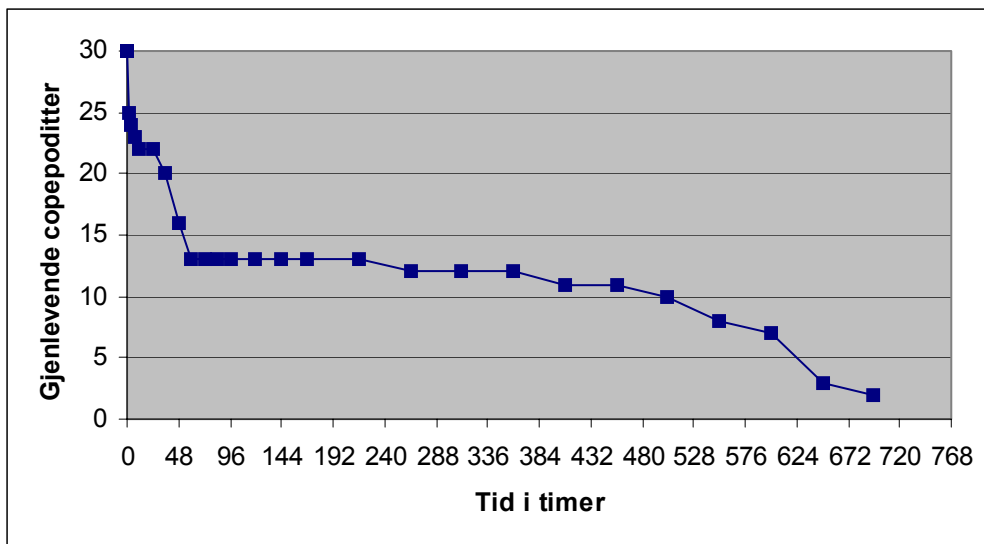
Tabell 8. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de resterende.

Forsøk 7. 20‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30;1
0,5	0	30	1; 2, 29; 1
1,5	3	27	24;2, 3; 1
4	7	20	4; 6, 13; 5, 3; 4
8	0	20	4; 6, 14; 5, 2; 4
12	0	20	16; 6, 4; 5
24	1	19	10; 6, 9; 5
36	1	18	4; 6, 12; 5, 2; 4
48	2	16	6; 6, 10; 5
60	0	16	"
72	1	15	5; 6, 9; 5
84	0	15	"
96	2	13	9; 6, 4; 5
120	1	12	9; 6, 3; 5
144	0	12	4; 6, 8; 5
168	0	12	6; 6, 6; 5
216	0	12	6; 6, 6; 5
264	0	12	6; 6, 6; 5
312	0	12	8; 6, 2; 5, 2;4
360	1	11	5; 6, 6; 5
408	1	10	3; 6, 5; 5, 2; 2
456	0	10	5; 6, 3; 5, 2; 2
504	1	9	3; 4, 3; 3, 3; 2
552	0	9	3; 4, 6; 3
600	2	7	1; 4, 6; 3
648	4	3	1; 3, 2; 2
696	2	1	1; 3

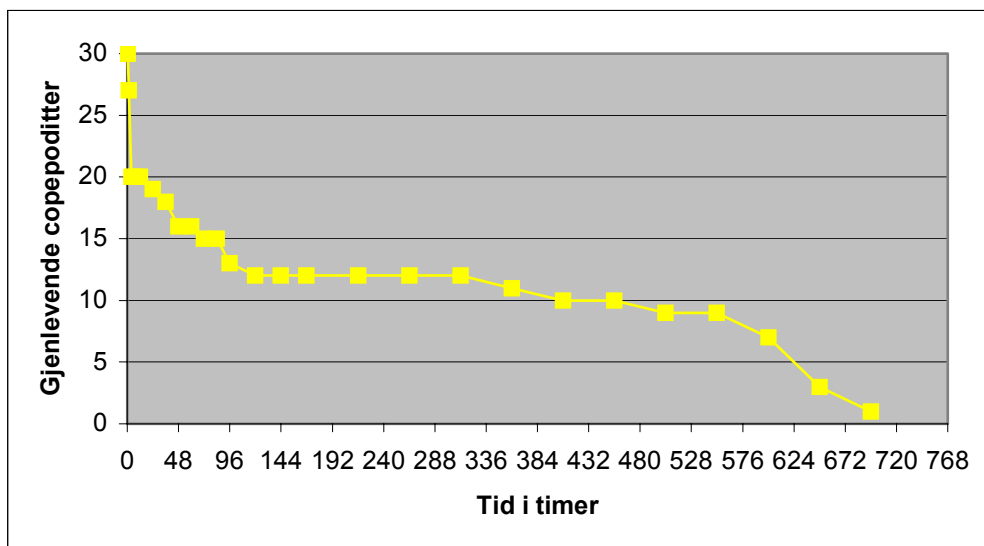
Tabell 9. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de resterende.

Forsøk 8. 20‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30;1
0,5	0	30	1; 2, 29; 1
1,5	3	27	22; 3, 5; 1
4	1	26	10;6, 14; 5, 2;1
8	1	25	18; 6, 7; 5
12	0	25	13; 6, 12; 5
24	0	25	21; 6, 4; 5
36	2	23	8; 6, 15; 5
48	2	21	8; 6, 13; 5
60	3	18	8; 6, 10; 5
72	0	18	12; 6, 6; 5
84	2	16	14; 6, 2; 5
96	0	16	"
120	1	15	5; 6, 10; 5
144	0	15	6; 6, 9; 5
168	0	15	"
216	0	15	"
264	0	15	"
312	0	15	"
360	0	15	12; 6, 2; 5, 3;3
408	1	14	6; 6, 6; 5, 2;1
456	3	11	3; 6, 6; 5, 2;1
504	1	10	3; 5, 5; 4, 2;3
552	0	10	3; 6, 5; 5, 2;4
600	2	8	2; 5, 6; 4
648	0	8	2; 3, 6; 2
696	5	3	1; 2, 2; 1

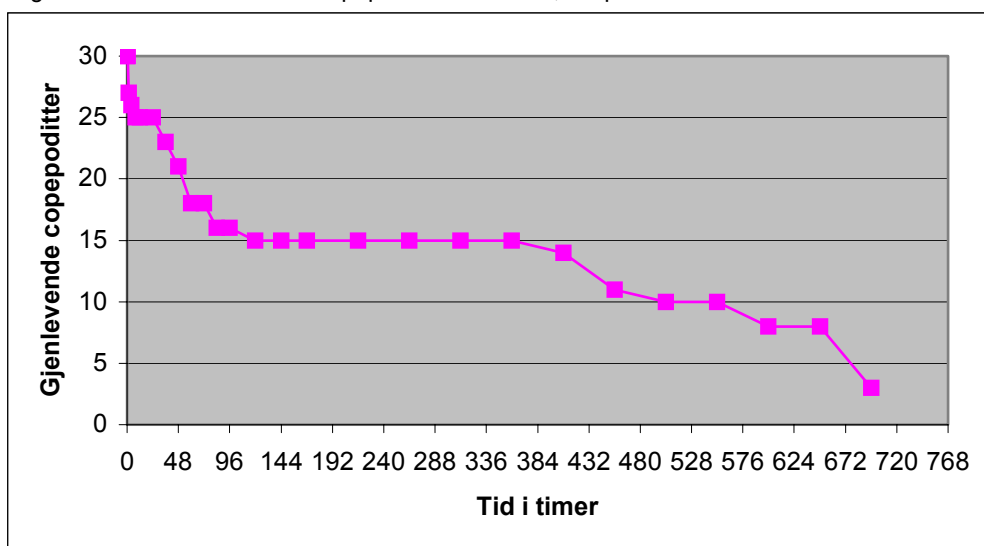
* Beskrivelse og tilstand, se tabell 2



Figur 12. Antall overlevende copepoditter i forsøk 6, eksponert for 20‰ S over.



Figur 13. Antall overlevende copepoditter i forsøk 7, eksponert for 20‰ S over tid.



Figur 14. Antall overlevende copepoditter i forsøk 8, eksponert for 20‰ S over tid.

10. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de resterende.

Forsøk 9. 25‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand*
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30; 1
0,5	2	28	24;3, 3; 2, 1; 1
1,5	2	26	20; 4, 6; 3
4	1	25	18; 5, 5; 4, 2; 1
8	0	25	5; 6, 10; 5, 10; 2
12	0	25	20; 6, 2; 5, 3; 4
24	0	25	25; 6
36	0	25	20; 6, 5; 5
48	0	25	"
60	0	25	"
72	0	25	"
84	1	24	20; 6, 4; 5
96	0	24	"
120	0	24	"
144	0	24	"
168	0	24	"
216	1	23	20; 6, 3; 5
264	0	23	"
312	0	23	"
360	2	21	16; 6, 3; 5, 2; 3
408	0	21	16; 6, 3; 5, 2; 3
456	1	20	19; 6, 1; 2
504	1	19	17; 6, 2; 5
552	0	19	"
600	0	19	"
648	5	14	10; 6,4; 5
696	1	13	4;5,3;4, 3; 3,3; 2
744	6	7	1; 5, 3; 3, 3; 2

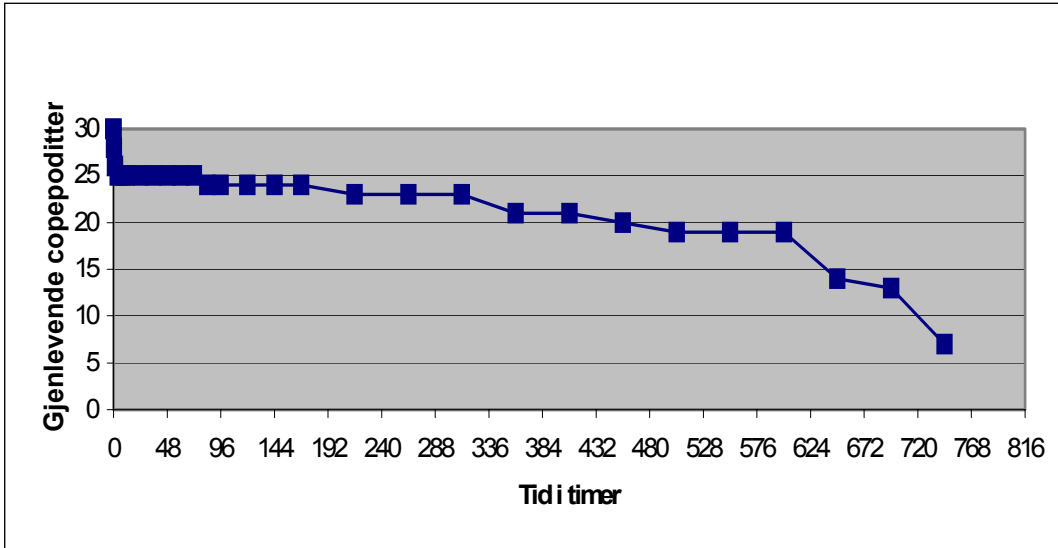
Tabell 11. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de resterende.

Forsøk 10. 25‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30; 1
0,5	1	29	14;4, 14; 3, 1; 1
1,5	1	28	14;5, 7; 4, 7; 3
4	1	27	14; 5, 13; 4
8	0	27	11; 6, 10; 5, 6;2
12	0	27	17; 6, 6; 5, 4;3
24	0	27	27; 6
36	0	27	23; 6, 4; 5
48	0	27	"
60	1	26	23; 6, 3; 5
72	2	24	22; 6,2; 5
84	2	22	20; 6, 2; 5
96	1	21	19; 6, 2; 5
120	0	21	"
144	0	21	"
168	0	21	"
216	0	21	"
264	0	21	"
312	2	19	18; 6, 1; 5
360	2	17	12; 6, 3; 5, 2; 3
408	0	17	12; 6, 3; 5, 2; 3
456	0	17	16; 6, 1; 5
504	0	17	"
552	2	15	13; 6, 2; 5
600	3	12	11; 6, 1; 5
648	1	11	7; 6, 3; 5, 1; 1
696	3	8	2; 4, 6; 3
744	0	8	"

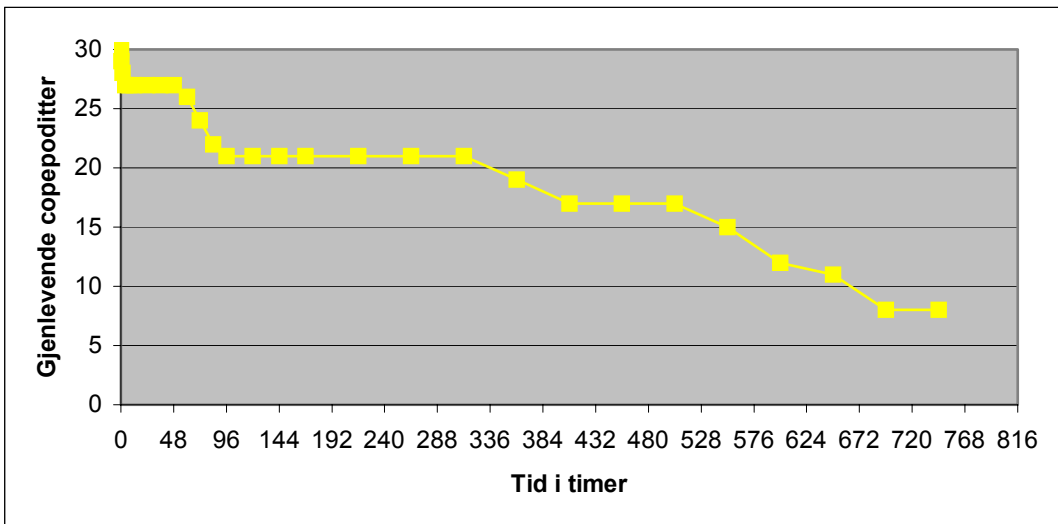
Tabell 12. Oversikt over antall døde- og gjenlevende copepoditter, samt beskrivelse av tilstanden til de resterende.

Forsøk 11. 25‰			
Tid i timer	Antall døde copepoditter	Gjenlevende copepoditter	Tilstand til gjenlevende copepoditter Antall; tilstand
0	0	30	30; 6
0,08	0	30	30; 1
0,5	0	30	16; 4, 12; 3, 2;1
1,5	0	30	15; 5, 8; 4, 7;3
4	0	30	15; 5, 2; 4, 10;3
8	1	29	16; 6, 3; 5, 10;2
12	1	28	23; 6, 1; 5, 4;4
24	1	27	27; 6
36	0	27	25; 6, 2; 5
48	0	27	"
60	0	27	"
72	0	27	"
84	0	27	"
96	1	26	24; 6, 2; 5
120	0	26	"
144	0	26	"
168	1	25	23; 6, 2; 5
216	0	25	"
264	0	25	"
312	1	24	22; 6, 2; 5
360	6	18	16; 6, 2; 5
408	0	18	14; 6, 2; 5, 2; 3
456	0	18	14; 6, 3; 4, 1; 3
504	1	17	15; 6, 2; 5
552	0	17	"
600	0	17	"
648	2	15	6; 6, 5; 5, 4; 4
696	4	11	4; 4, 7; 3
744	7	4	1; 5, 1; 4, 2; 2

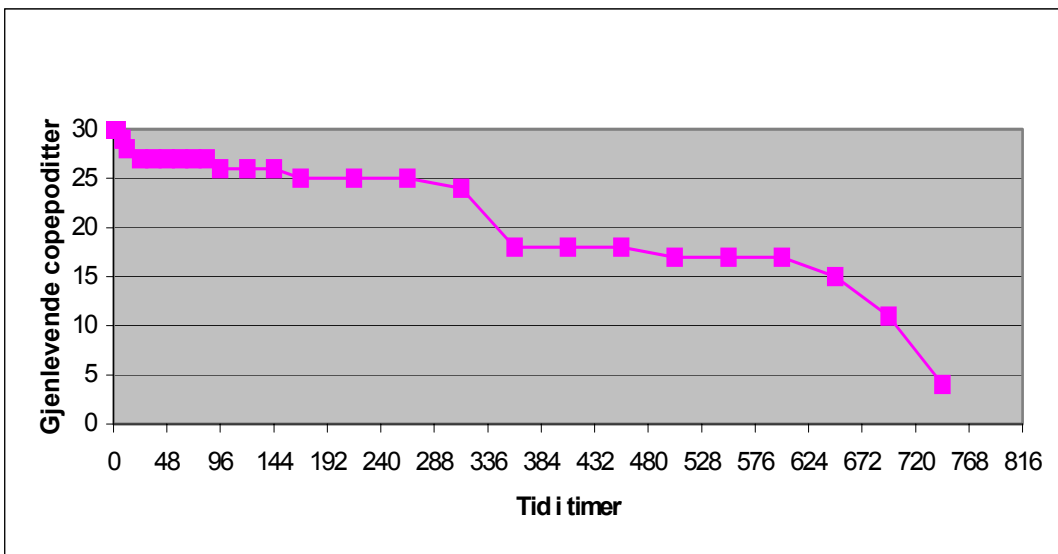
* Beskrivelse og tilstand, se tabell 2



Figur 16. Antall overlevende copepoditter i forsøk 9, eksponert for 25‰ S over tid.



Figur 17. Antall overlevende copepoditter i forsøk 10, eksponert for 25‰ S over tid.



Figur 18. Antall overlevende copepoditter i forsøk 11, eksponert for 25‰ S over tid.

Forsøk 3 (Tabell 3, 4 og Figur 8).

Den første dødeligheten ble registrert etter fire timer hvor det ble konstatert tarmperistaltikk hos 21 copepoditter, mens 9 individer var døde og ble fjernet. Ved neste kontroll (åtte timer) var ytterligere 9 døde. Tilstanden til de resterende var uforandret, de lå på bunnen. Etter 12 timer var ytterligere 3 døde, mens 3 copepoditter nå var begynt å bevege på vedheng, resten hadde bare tarmperistaltikk. Etter 24 timer var det ingen forandring. Ved 36 timer var én død, og 2 viste bevegelse av vedheng, de 6 andre hadde tarmperistaltikk. Etter 48 timer var nye 3 døde. De med tarmperistaltikk begynte å bevege på vedheng, de resterende fikk større rykninger og bevegde seg ved berøring. Ved neste kontroll (60 timer) var 2 til døde, mens tilstanden til de resterende var uforandret. Etter 72 timer var ytterligere én død, mens de 2 siste copepodittene hadde rykninger og bare bevegde seg ved berøring. Det var ingen nye døde etter 84 timer, men én viste bare bevegelse av vedheng. Etter 96 timer var én til død, og den siste hadde kun tarmperistaltikk. Denne var død ved siste kontroll (108 timer).

Forsøk 4 (Tabell 3, 5 og Figur 9)

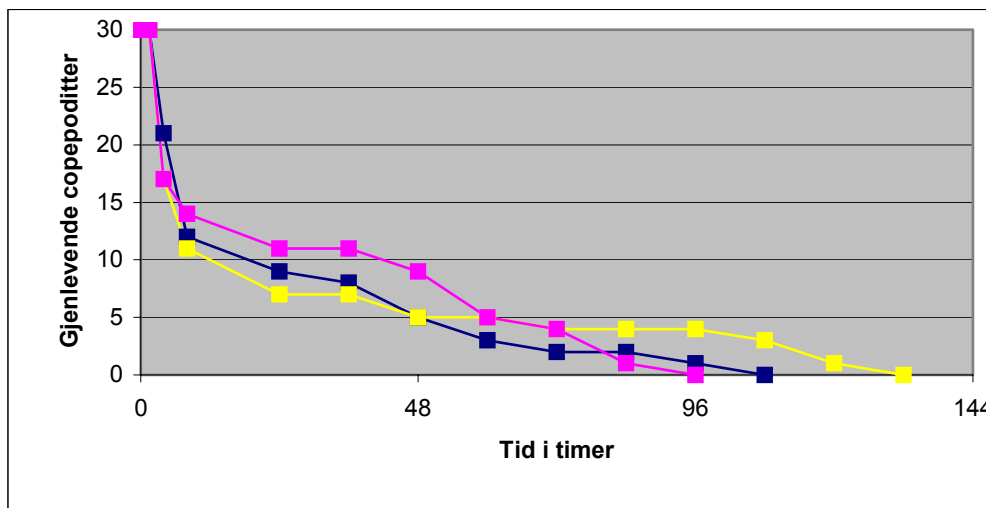
Etter fire timer var det 4 copepoditter med bevegelse av vedheng og 13 med tarmperistaltikk, 13 individer ble konstatert døde og fjernet. Ved neste kontroll (åtte timer) var ytterligere 6 døde, tilstanden til de resterende var uforandret. Etter 12 timer var 4 til døde, tilstanden til de resterende var uforandret. Etter 24 og 36 timer var det ingen store forandringer, én copepoditt var gått over fra å bevege vedheng til å få større rykninger. Etter 48 timer var 2 døde, men tilstanden til resten bedret seg. De med tarmperistaltikk begynte nå å bevege på vedheng, mens resten begynte å få større rykninger og bevegde seg ved berøring. Ved neste kontroll (60 timer) var det

ingen døde, og tilstanden til de resterende uforandret. Etter 72 timer var én til død. Av de 4 siste copepodittene hadde tre rykninger og bevegde seg bare ved berøring, mens én bare hadde bevegelse av vedheng. Ved neste kontroll (84 timer) var det ingen døde, og tilstanden til de resterende uforandret. Etter 96 timer var ingen nye copepoditter døde, men én var gått over fra å ha rykninger og bevege seg ved berøring, til bare å ha bevegelse av vedheng. Etter 108 timer var én død, mens de resterende bare lå stille på bunnen med tarmperistaltikk. Ytterligere 2 var døde etter 120 timer, den siste var død ved kontroll etter 132 timer.

Forsøk 5 (Tabell 3, 6 og Figur 10)

Etter fire timer var det tarmperistaltikk hos 17 copepoditter, 13 individer ble konstatert døde og fjernet. Ved neste kontroll (åtte timer) var ytterligere 3 døde, tilstanden til de resterende var uforandret. Etter 12 timer var ingen nye døde, men 6 copepoditter var nå begynt å bevege på vedheng, de resterende 8 hadde kun tarmperistaltikk. Etter 24 timer var det 3 døde, men ellers ingen forandring. Tilstanden til copepodittene var den samme etter 36 timer. Etter 48 timer var 2 til døde, men de som tidligere kun hadde tarmperistaltikk begynte nå å bevege på vedheng, resten begynte å få større rykninger og bevegde seg ved berøring. Ved neste kontroll (60 timer) var 4 til døde, men det var nå bare 2 som hadde rykninger og bevegde seg ved berøring. De resterende hadde bare bevegelse av vedheng. Etter 72 timer var én til død, og de 4 siste copepodittene lå nå bare stille på bunnen med tarmperistaltikk. Etter 84 timer var ytterligere 3 døde og den siste gjenlevende hadde kun tarmperistaltikk. Etter 96 timer var siste copepoditt død.

Copepodene reagerte som nevnt på 15 promille umiddelbart ved å bli inaktive. De lå på bunnen, men ingen døde før etter en og en halv time. Etter fire timer var frafallene markante og etter tolv timer var det bare henholdsvis 9, 7 og 14 gjenlevende copepoditter i parallellforsøkene. Disse døde etter hvert, slik at den siste i hvert forsøk døde henholdsvis etter 108 (4,5d), 132 (5,5d) og 96 (4d) timer. Det fremgår av figur 11, hvor alle overleveskurvene er plottet i samme figur, at kurvene fra de enkelte forsøkene er svært lik hverandre.



Figur 11. Antall overlevende copepoditter i forsøk 3, 4 og 5, eksponert for 15‰ S over tid.

Forsøk nr. 6, 7 og 8 i 20 promille saltholdighet

I det copepodene ble overført til forsøkskålene, svømte de rundt, men etter fem minutter lå de alle på bunnen uten å reagere på ytre stimuli og bare hos noen få individer registrerte jeg bevegelse i tarmen nær anus.

I disse forsøkene lot jeg copepoditter som virket døde bli liggende ytterligere en halv time, for å se om de kom seg. Copepodittene som fremdeles var livløse ved neste kontroll og ble da konstatert som døde og fjernet. Overlevelseskurvene faller derfor

raskere i starten i disse forsøkene enn ved 15 promille, hvor copepodittene ble liggende i fire timer.

Hendelsesforløpet i forsøkene i 20‰ saltholdighet var som følger::

Forsøk 6 (Tabell 3, 7 og Figur 12)

Etter en halv time er det kun én copepoditt som beveger på vedheng, mens de resterende 29 bare har tarmperistaltikk. Ved neste registrering (1,5 timer) er 5 døde, 23 beveger vedhengene og 2 har bare tarmperistaltikk. Etter fire timer er én til død, mens resten er aktive. De fleste befinner seg dog på bunnen, men svømmer opp i vannet ved berøring. Enkelte er vanskelige å få tak i. Fra denne kontrollen og til registrering ved den 60. time, svømmer copepodittene eller de svømmer opp i vannet ved berøring. Likevel dør det 11 copepoditter i denne perioden. Fra den 60. time og frem til den 360. time er det lite eller ingen forandring i copepodenes tilstand. De er normalt aktive og svømmer rundt i skåla. Enkelte ligger på bunnen, men fjerner seg raskt ved berøring. Det er bare én som dør i denne perioden, og det var etter 264 timer. Ved kontroll etter 408 timer er det én død og 2 som har rykninger, men de beveger seg ved berøring, resten er aktive. Fra denne kontrollen og frem til time 600 dør det 4 stykker. Av de 7 som er igjen er det bare 2 som svømmer opp i vannet ved berøring, de 5 andre svømmer på bunnen. Etter 648 timer er det 4 nye døde og de tre gjenlevende beveger seg bare på bunnen. Ved siste kontroll er det to gjenlevende, den ene svømmer i vannet mens den andre beveger seg på bunnen. Forsøket ble nå avsluttet, de siste 2 copepodittene hadde nå levd i 29 døgn.

Forsøk 7 (Tabell 3, 8 og Figur 13)

Etter en halv time er det kun én copepoditt som beveger på vedheng, mens de resterende 29 bare har tarmperistaltikk. Ved neste måling (1,5 time) er 3 døde, 24 beveger vedheng og 3 har tarmperistaltikk. Etter fire timer er det 7 døde, mens resten er normalt aktive. De befinner seg enten svømmende på bunnen eller fritt i vannet. Enkelte er vanskelige å få tak i.

Fra denne kontrollen og frem til den 456. time er det lite som skjer med tilstanden til copepodittene. De er aktive og svømmer rundt i vannet. Enkelte ligger riktig nok på bunnen, men svømmer raskt bort ved berøring. Det dør 10 copepoditter i løpet av denne perioden. Ved kontroll etter 504 timer er det én død og ingen copepoditter som svømmer fritt i vannet. Det er 3 som beveger seg på bunnen, 3 har rykninger, men beveger seg ved berøring og 3 har bare bevegelse av vedheng. Det er ingen nye døde etter 552 timer og tilstanden har faktisk bedret seg litt. Ved neste registrering (600. time) er 2 av de som bare bevegde seg på bunnen døde, mens tilstanden til de resterende er uforandret. Etter 648 timer er 4 til døde. Av de 3 gjenlevende har én rykninger, men beveger seg ved berøring, mens de 2 andre bare beveger vedhengene. Ved siste kontroll er 2 til døde. Den siste har rykninger, men beveger seg ved berøring. Én copepoditt var fortsatt i live etter 29 døgn da forsøket ble avsluttet.

Forsøk 8 (Tabell 3, 9 og Figur 14)

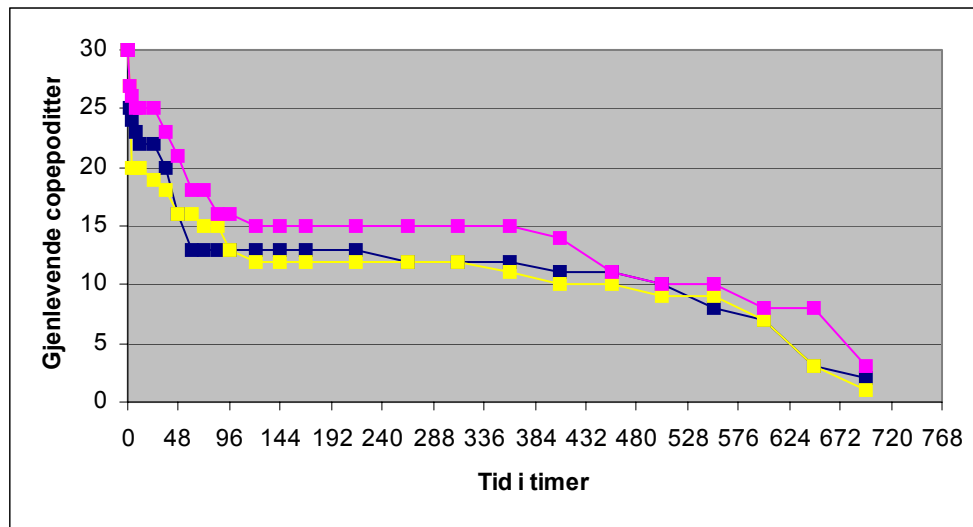
Etter en halv time er det bare én copepoditt som beveger på vedheng - de resterende 29 har bare tarmperistaltikk. Ved neste måling (1,5 time) er 3 døde og 22 beveger vedheng og 5 har tarmperistaltikk. Etter fire timer er det én død, 2 som bare har tarmperistaltikk mens resten er aktive. De aktive befinner seg enten svømmende

på bunnen eller i vannet. Enkelte er vanskelige å få tak. Fra denne kontrollen og frem til den 360. time er det lite som skjer med tilstanden til copepodittene. De er normalt aktive og svømmer rundt i vannet. Enkelte ligger på bunnen, men svømmer raskt bort ved berøring. Det er til sammen 11 copepoditter som dør i løpet av denne perioden. De dør alle innen kontrollen ved 120. time. Herfra og til den 360. time dør ingen og deres tilstand er uendret. Ved neste kontroll (408 timer) er én død, 2 stykker har bare tarmperistaltikk, mens resterende er aktive. Etter 456 timer er 3 nye døde og tilstanden uforandret for de resterende. Etter 504 timer er én død og aktiviteten til de ti gjenlevende er avtagende. Kontrollen etter 552 timer viser ingen nye døde og aktiviteten til de 10 dyrene har øket noe. Etter 600 timer er 2 til døde. Av de resterende beveger 2 seg på bunnen, men svømmer bort ved berøring. De 6 andre beveger seg bare på bunnen. Ved neste kontroll (648 timer) er ingen nye døde. Kun 2 har rykninger og beveger seg bare ved berøring, og de siste 6 copepodittene beveger nå bare på vedheng. Ved siste kontroll etter 696 timer er 5 døde, og de 3 resterende ser ut til å være i dårlig forfatning. Én har bevegelse av vedheng og 2 bare tarmperistaltikk. Disse 3 var fortsatt i live etter 29 døgn da forsøket ble avsluttet.

Felles for de tre parallelle forsøkene i 20 promille saltholdighet er at copepodittene ikke beveger seg den første 1,5 timen, for deretter å øke aktivitetsnivået. De er mest vitale i perioden 4 – 456 timer (19 døgn). De svømmer i vannmassen og enkelte er vanskelige å fange. Etter 19 døgn begynner enkelte copepoditter å skranke og de er da som oftest døde ved neste kontroll. Dette skjer i alle parallellene. Det er heller ikke like mange som befinner seg i vannmassen som før og aktivitetsnivået har avtatt. Slik foreløper de neste to ukene frem til forsøkets slutt. Det er ikke noe nytt som skjer, bortsett fra at allmenntilstanden avtar. Det er ingen stor forandring i dødeligheten før

det er igjen 4 døgn. Ved forsøkets slutt var det henholdsvis igjen 2, 1 og 3 copepoditter i forsøkene.

Av et utgangsmateriale på 90 copepoditter var det 6 individer (7%) som levde i minimum 29 døgn, altså nesten en måned. Ellers sees av figur 15 at overlevelseskurvene fra de enkelte forsøkene er svært like.



Figur 15. Antall overlevende copepoditter i forsøk 6, 7 og 8, eksponert for 20‰ S over tid.

Forsøk nr. 9, 10 og 11 i 25 promille saltholdighet

I disse forsøkene ble copepoditter som virket døde liggende de fem første minuttene, for å se om de kunne komme seg etter overføringen. Copepodittene som fremdeles var livløse ved neste kontroll ble nå konstatert døde og fjernet. Overlevelseskurvene faller derfor litt raskere i starten i forhold til de i 15 og 20 promille, hvor copepodittene får ligge lenger før de blir konstatert døde.

Beskrivelse av hva som skjedde i de enkelte forsøkene i 25‰ saltholdighet er som følger:

Forsøk 9 (Tabell 3, 10 og Figur 16)

Etter en halv time er to copepoditter døde, 24 har rykninger, men beveger seg ved berøring. Av de 3 resterende beveger bare 2 på vedhengene og én har tarmperistaltikk. Etter en og en halv time er 2 til døde, mens 20 beveger seg på bunnen - 6 har rykninger, men beveger seg ved berøring. Ved fire timer er én død, men aktivitetsnivået på de resterende har tatt seg opp. Det er bare én som har tarmperistaltikk. Fra denne kontrollen og til registrering ved den 648. time (27 døgn) er det lite som skjer. Brorparten av alle copepodittene er aktivt svømmende og vanskelig å fange. Dette er felles for alle kontrollene. I løpet av denne perioden dør det 11 individer. Ved dette tidspunktet er også halvparten av copepodittene døde, mens tilstanden til de resterende er uforandret. Etter 696 timer er én til død og her finner vi ingen aktivt svømmende copepoditter, 4 stykker svømmer bort ved berøring, mens av de 9 resterende beveger enkelte seg på bunnen, andre beveger bare på vedhengene. Ved siste kontroll (31 døgn, 744 timer) er ytterligere 6 copepoditter døde og tilstanden generelt blitt dårligere, men det finnes én som svømmer rundt i skåla når man berører den. Forsøket ble nå avsluttet, de siste 7 copepoditten hadde nå levd i 31 døgn.

Forsøk 10 (Tabell 3, 11 og Figur 17)

Etter en halv time er én copepoditt død, 14 beveger seg på bunnen, 14 har rykninger, men beveger seg ved berøring og én har tarmperistaltikk. Etter en og en halv time er én til død, mens 14 svømmer rundt i skåla ved berøring, 7 beveger seg på bunnen og 7 har rykninger, men beveger seg ved berøring. Ved fire timer er én til død, mens aktivitetsnivået på de resterende har tatt seg opp. Fra denne kontrollen og til registrering ved den 648 time er det lite som skjer. De fleste copepodittene er aktivt

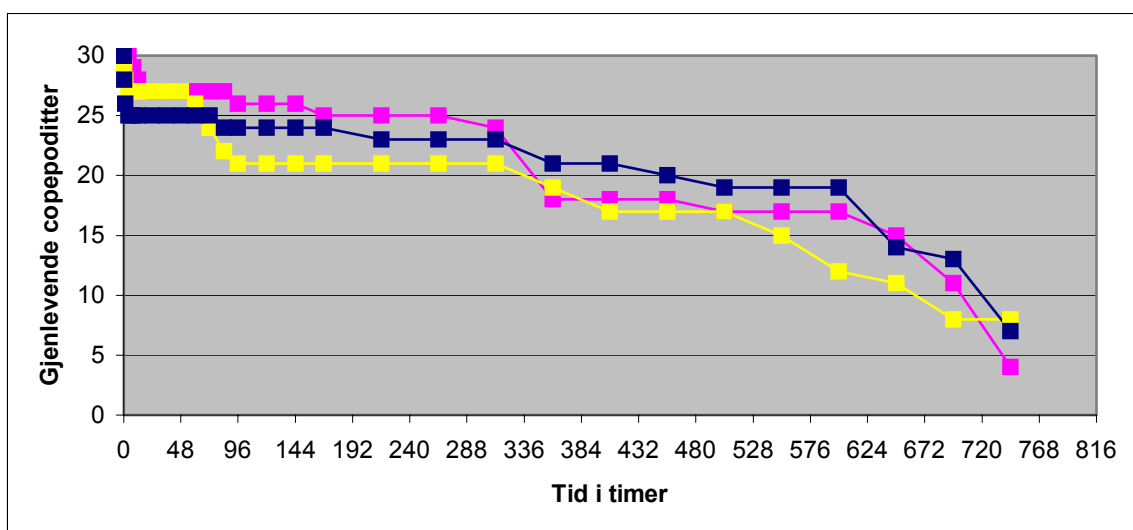
svømmende og vanskelig å fange. Det er alltid over 70% av copepodittene som befinner seg aktivt svømmende i skåla. I løpet av denne perioden dør det 16 copepoditter. Etter 552 timer (23 døgn) er halvparten døde. Ved kontrollen etter 648 timer er tilstanden til de resterende uforandret, bortsett fra én som kun har tarmperistaltikk. Etter 696 timer er 3 til døde og nå finner vi ingen aktivt svømmende copepoditter. Det er 2 stykker som beveger seg på bunnen og 6 har rykninger, men beveger seg ved berøring. Ved siste kontroll (31 døgn, 744 timer) er ingen flere copepoditter døde og tilstanden ellers uendret. Forsøket ble avsluttet. De siste 8 copepoditten hadde nå levd i 31 døgn.

Forsøk 11 (Tabell 3, 12 og Figur 18)

Etter en halv time er ingen copepoditter døde, 16 beveger seg på bunnen, 12 har rykninger, men beveger seg ved berøring og 2 har tarmperistaltikk. Etter en og en halv time er fortsatt ingen døde, 15 svømmer rundt i skåla ved berøring, 8 beveger seg på bunnen og 7 har rykninger, men beveger seg ved berøring. Ved fire timer er heller ingen døde og aktivitetsnivået uendret. Fra denne kontrollen og til registrering ved den 648 time (27 døgn) er det lite som skjer, bortsett fra etter den 360. time, da dør det 6 dyr. Allikevel er flesteparten av copepodittene aktivt svømmende og vanskelig å fange. Det dør 15 individer i løpet av denne perioden. Antall copepoditter er også halvert ved 648 timer (27 døgn). Etter 696 timer er 4 til døde og her finner vi ingen aktivt svømmende copepoditter. Av de 11 gjenlevende beveger 4 stykker seg på bunnen og 7 har rykninger, men beveger seg ved berøring. Ved siste kontroll (31 døgn, 744 timer) er 7 copepoditter til døde, mens tilstanden til de resterende er varierende: Én svømmer rundt i skåla når man pirker på den, én beveger seg på

bunnen og 2 beveger bare på vedhengene. Forsøket ble nå avsluttet, de siste 4 copepoditten hadde nå levd i 31 døgn.

De 3 parallelle forsøkene i 25 promille forløper likt. I alle forsøkene svømmer copepoditter i skåla etter åtte timer. De er svært aktive og vanskelig å fange. Svømmende individer finnes fortsatt etter 648 timer (27 døgn), men deretter avtar aktiviteten. Fra kontrollen etter 312 timer (13 døgn) og til registrering ved 456 timer (døgn 19.) er det en viss dødelighet og enkelte "slappe" copepoditter. Deretter er det liten dødelighet og aktiviteten er normal, formen er bra og de aller fleste svømmer i skåla. Dyrene er fortsatt aktive frem til den 648. time (27 døgn), men deretter begynner flere og flere å dø. Tilstanden til copepodittene blir dårligere og de er ikke like aktive. I løpet av de neste fire døgnene dør det til sammen 21 copepoditter (23%), mens det fortsatt var 19 copepoditter (21%) som overlevde til forsøkene ble avsluttet etter 744 timer (31 døgn). Ved forsøksslutt var det igjen henholdsvis 7, 8 og 4 copepoditter. Også i disse forsøkene viser overlevelseskurvene samme forløp (figur 19).

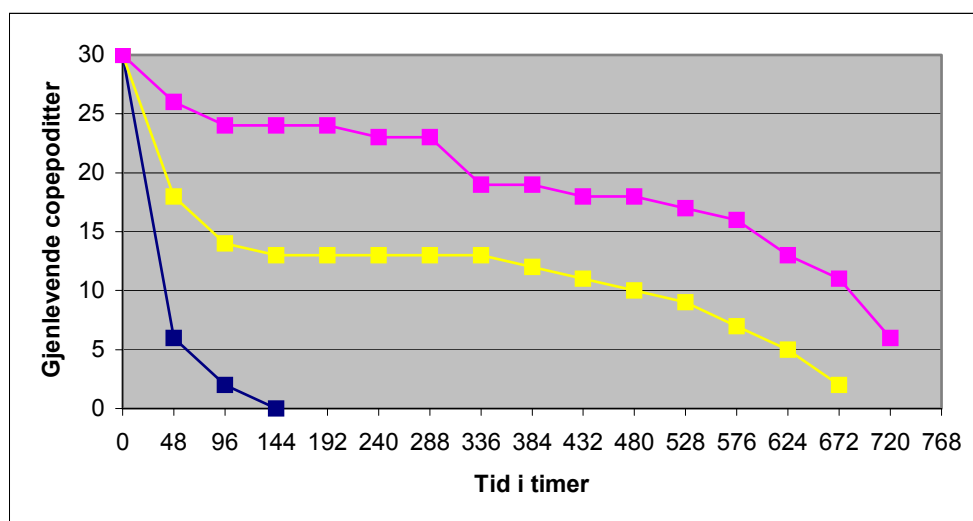


Figur 19. Antall overlevende copepoditter i forsøk 9, 10 og 11, eksponert for 25‰ S over tid.

Sammenlignende gjennomgang av alle forsøkene.

Figur 20 viser den gjennomsnittlige overlevelsen av copepoditter i forsøkene innenfor hver saltholdighet.

Ved 15 promille S dør alle copepodittene i løpet av 144 timer, hvorav 80% dør i løpet av de første 48 timene. Ved 20 promille S dør det 13 copepoditter (43%) i perioden 0 – 48 timer. Fra denne kontrollen og til registrering etter 360 timer, klarer dyrene seg bra i denne saltholdigheten, bortsett fra 3 som dør etter 96 timer. Halvparten av copepodittene var døde etter 84 timer. Fra den 360 time og frem til forsøkets slutt (29 døgn, 696 timer) fant jeg døde copepoditter for hver kontroll, men det var aldri mer enn 3 døde individer. Ved 25 promille saltholdighet dør 4 copepoditter (13%) i perioden 0 – 48 timer. Fra denne kontrollen og til registrering etter 264 timer skjer det lite med copepodittene. Alle svømmer i vannet. Ved neste kontroll (360 time) var 10 copepoditter døde. Herfra og til forsøksslutt (31 døgn, 744 timer) fant jeg døde copepoditter ved hver kontroll, men aldri mer enn 3, bortsett fra siste kontroll da det var 4 døde. Ved den 600. time (25 døgn) var halvparten av copepodittene døde, noe som er 21,5 dager lenger enn for forsøkene i 20 promille.



Figur 20. Gjennomsnitt av antall overlevende copepoditter i 15‰ S ■, 20‰ S ■ og 25‰ S ■.

Diskusjon

Sjøvannet ble alltid filtrert gjennom to filtre med nominell maskevidde på 25 mikron for å øke vannkvaliteten. Dette gjaldt for vannet i klekkestativene, i de sylindriske utvikingsbeholderne og i selve saltholdighetsforsøkene. Vannet ble også luftet, hvilket tilførte oksygen og sørget for bevegelse av eggsekkene. Rognkjeksene gikk i ufiltrert sjøvann og hadde selvfølgelig bakterier før forsøkene startet. På bakgrunn av tidligere vellykkede pilotforsøk, gikk en imidlertid ut fra at dette ikke ville medføre noe problem og klekkingen gikk da også greit.

At god vannkvalitet er en forutsetning for en vellykket klekking har vært poengtert blant annet av Pike et al., (1993).

Det største karet (kar1) med rognkjeks hadde en vanntemperatur som var 3°C høyere enn de tre andre. Dette skyldtes som nevnt at vannrøret til dette karet lå inntil et varmerør. Den noe høyere temperaturen i dette karet gikk antakelig utover kondisjonen til fiskene, i tillegg til at rognkjeksene ble fanget midt gytetiden. Mange døde, andre måtte fjernes p.g.a. sårddannelser slik at det allerede etter seks dager ikke var flere fisk i kar 1. Dette var ikke tilfelle i kar 2, 3 og 4. (jfr. tabell 1).

Temperaturen i copepodittkaret hvor utviklingsbeholderen var opphengt, ble manuelt justert til ønsket temperatur i løpet av de første dagene. I denne perioden var det ingen naupliuslarver i beholderen. På grunn av en stadig stigende utetemperatur, økte også temperaturen i hallen noe i forsøksperioden. Dette, i kombinasjon med et varmere inntaksvann, resulterte i en temperaturstigning i forsøkskarene, men anses ikke for å ha hatt noen betydning for resultatene. For å få en fortgang på utviklingen av naupliene i siste del av forsøksperioden, ble temperaturen på inntaksvannet i copepodittkaret hevet.

Det kan tenkes at copepoditter som ble brukt i forsøkene ikke alltid var like gamle. Enkelte kunne ha vært 1 – 2 dager eldre enn andre. Med et så stort forsøkmateriale var det nesten umulig å samle alle individer som hadde utviklet seg til copepoditter i løpet av natta.

Om det spiller noen rolle hvor langt copepodene er kommet i utviklingsstadiet, for overlevelsen i de aktuelle saltholdighetene, er vanskelig å si. Er det f.eks. slik at copepoditter som er nyutviklet tåler mindre enn de som er 1 – 2 dager gamle? Dette vet vi ikke, men hovedsaken er at copepodittene som ble benyttet var omtrent like gamle, og jeg tror ikke at alderforskjellen mellom forsøksdyrene har hatt betydning for utfallet av forsøkene.

I arbeidet ble det ble brukt lupe og tellebeger for størst mulig nøyaktighet. Videre ble alle registreringer utført av samme person gjennom hele forsøkperioden. Eventuelle feilkilder vil derfor være jevnt fordelt i alle forsøkene.

Ellers ble alle forsøkskålene tildekket for å minske fordampningen og således holde saltholdigheten så stabil som mulig.

Klekking og overlevelse til copepoditter

Selv om klekkehastigheten av eggstrengene i klekkestativ 1 og 2 var forskjellig, ble det produsert levedyktige naupliuslarver og copepoditter gjennom hele forsøkperioden. I klekkestativ 2 tok det bare ett døgn for å få produsert et høyt nok antall nauplii som kunne overføres til utviklingsbeholderen, mens det tok fire døgn i klekkestativ 1. Forskjellen skyldtes at man en bestemt dag fikk noe få rognkjeks med svært mange lus hvorfra eggstrengene bare ble tilført klekkestativ 2. Siden eggstrengene kom fra lus fra et fåtall fisk, kan det tenkes at lusene var etablert på

fisken på noenlunde samme tidspunkt, og følgelig at de fleste eggstrengene var like langt utviklet. Klekking skjedde derfor nesten likt for alle.

Klekkestativ 1 fikk tilført eggstrenger fra lus tatt fra rognkjeks fisket gjennom hele perioden (ni dager). Her fikk vi en blanding av eggstrenger plukket til forskjellige tidspunkt, hvor det både var nyproduserte eggsekker som var homogent gule, og eggsekker hvor embryoet var utviklet og med rødt pigment. Følgene av dette var at klekkingen til nauplius I foregikk over et langt tidsrom, som igjen ledet til at det tok lenger tid for å få et tilstrekkelig antall nauplii for overførsel til utviklingsbeholderen.

Dette fikk imidlertid ikke noe å si for de videre forsøkene, ettersom naupliene gikk i utviklingsbeholderen til de var blitt til copepoditter.

Saltholdighetsforsøkene

Delforsøkene innenfor hver saltholdighet hadde den samme utviklingen (med liten variasjon.) Lik utvikling i hver av forsøkskålene innen hver saltholdighet må kunne tolkes dit hen at forsøkene har gått riktig for seg, og minimaliserer på den måten eventuelle feilkilder. Samtidig som vi ser en tydelig forskjell mellom hver saltholdighet (Fig. 20).

Umiddelbar død av alle copepodittene som ble utsatt for saltholdighet på bare 10 promille viser at *C. elongatus* ikke tolererer slikt brakkvann.

Ved 15 promille er det 6 (20%) gjenlevende copepoditter etter 48 timer. De aller fleste copepodittene dør grunnet osmotiske problemer i den nye lave saltholdigheten, men enkelte sterke individer klarer seg lenger. Alle er derimot døde etter 144 timer (seks døgn). Konklusjonen er derfor at 15 promille saltholdighet ikke er tilstrekkelig for skottelusas utvikling.

Copepoditter i 20 promille S har også problemer med å omstille seg til redusert saltholdighet. Mange individer dør ganske tidlig i forsøkene. Før det er gått to døgn og etter 84 timer er halvparten av copepodittene døde. Overlevende copepoditter er imidlertid i bra form og de fleste svømmer fritt i skåla. Fra den 84. time og til den 360. time er tilstanden til copepodene uforandret. Etter dette tidspunktet dør de sakte men sikkert frem til forsøkets slutt. Selv om dyrene begynner å dø, er de som er i live ved neste kontroll aktive. Overlevelsen i 20‰ S er likevel dramatisk forbedret sammenlignet med 15‰ S. I 20‰ S lever copepoditter selv etter 29 døgn.

Copepodittene i 25 promille S takler den reduserte saltholdigheten enda bedre enn dyra i 20‰ S, men enkelte individer dør de første timene i prinsippet slik som i alle forsøkene. De resterende copepodittene er i topp form, og vi finner flesteparten av dem svømmende i vannet helt til målingen ved den 648 time, 27 døgn. Etter 600 timer (25 døgn) er halvparten døde, noe som er 21.5 døgn lenger enn i 20 promille S. Fra opptelling ved 360 time og frem til forsøkslutt er utviklingen i 20‰ S og 25‰ S parallele. Det er ved 360. time 5 færre gjenlevende copepoditter i forsøk med 20 promille S enn i forsøk med 25 promille S. Denne forskjellen holder seg nesten konstant frem til forsøkslutt (Fig. 20).

Det kan se ut som om den reduserte saltholdigheten i alle forsøkene påvirker dyra frem til den 360. time (15 døgn) (bortsett fra i 15 promille), for deretter å ha mindre betydning. Individer som har levd i 15 døgn har vist at de takler den reduserte saltholdigheten (osmoreguleringen). De som dør etter denne perioden, dør trolig av alder og fordi næringsreservene er oppbrukt. Dersom de hadde hatt en vert å feste seg til, ville de sannsynligvis ha overlevd (forankrede larver skaffer seg mat ved å spise fiskeslim.)

I begynnelsen av forsøkene dør en god del copepodittene antagelig pga av sjokket de får ved plutselig å havne i vann med en helt ny og redusert saltholdighet. De får f.eks. store osmotiske problemer og det er bare de mest levedyktige individene som klarer å tilpasse seg det nye miljøet. Dyra i 10 promille S dør umiddelbart. De copepodittene som utsettes for 15 promille S tåler heller ikke den store påkjenningen og dør relativt raskt. De blir aldri i stand til å finne en vert og dør av osmotiske problemer. I de øvrige forsøkene er det en viss dødelighet i de første døgn av studiene, men etter ca. fire døgn stabiliserer utviklingen seg og forløpet i delforsøkene blir mer likt. Dette må bety at dyrene etter initialfasen har tilpasset seg saltbalansen for de nye saltholdighetene.

En umiddelbar død registrerer vi i alle forsøkene, men dødeligheten avtar med økende saltholdighet. Dette viser at forandringen i saltholdighetene i omgivelsene har påvirket copepodittenes evne til å overleve. En ser også at utslaget blir større jo lavere saltholdigheten er. Dette kan tyde på at copepodittene har problemer med å tilpasse sin osmoregulering til de nye saltholdighetene og at problemene blir større når saltholdigheten avtar.

Det som ellers er markant, er copepodittenes lange liv etter at de har tilpasset seg de nye saltholdighetene. Det dreier seg om pelagiske parasitter mindre enn 1 mm lange som ikke tar næring til seg, men lever av opplagsnæring fra egget. Det er ganske overraskende at slike *C. elongatus* copepoditter i vanntemperatur på mellom ca. 6 og 9°C, kan leve i flere uker, 28 – 30 døgn. Selv om noen copepoditter takler saltholdigheten på 20‰ og 25‰ i fire uker, vet vi likevel ikke om de er i stand til å feste seg til en vertsfisk etter så lang tid. Man skulle imidlertid tro at slike copepoditter i alle fall er infektive innenfor ca. 14 dager. Dødeligheten for copepodittene i 25‰ S var konstant - noen få ved hver sjekk helt frem til etter 360

timer og senere også etter samme mønster til det var gått 27 døgn, hvor dødeligheten ble større.

Forholdene til dyra i 25‰ S fungerte som kontroll for de øvrige forsøkene, men det er selvfølgelig et stort savn at kontrollforsøk i 34‰ S ikke ble fullført. Ut fra den erfaring som studiene gav, er det sannsynlig at copepodittene i 34‰ S også ville vist overlevelse i fire uker og at dødelighets forløpet i prinsippet ville fulgt 25‰ S forsøket, siden den daglige dødeligheten var så liten. Dette blir antagelser, men de er i det minste kvalifiserte.

Sammenligning med andres arbeider

Lakselus og skottelus er marine arter, de gjennomfører hele sin livssyklus i saltvann. Vertene til lakselus er anadrome laksefisk og i forbindelse med gytevandring er det vel kjent at lakselus dør kortere eller lengre tid etter oppgang i ferskvann, de kan overleve opptil 21 – 23 dager (Wotten et al. 1982; Finstad 1995). Vi snakker da om voksen lus som sitter på fisken og som overlever i lengre tid i ferskvann enn separate lus. Dette er vist i forsøk hvor overlevelse av lakselus på verten varte en uke, mens svømmende lus begynte å dø etter åtte timer i ferskvann (Hahnenkamp & Fyhn 1985). Skottelus blir også med opp i elva, men siden disse alltid blir oversett, vet man ikke når de dør og faller av. Selv om skottelus er en kosmopolitisk art med svært mange verter, er de fleste vertene, med ett unntak, saltvannsfisk. *Caligus lacustris* (Steenstrup & Lütken, 1861) parasitterer i fersk- og brakkvann og finner sine verter der (Piasecki & Falandysz 1994).

Ifølge Pike & Wadsworth (1999) drev Berger (1970) eksperimenter med voksne og larver av lakselus. I forsøk med isolerte voksne lakselus døde de

umiddelbart ved overføring til 12‰ S og temperatur 14 – 15°C. Ved 16‰ S levde de en viss tid, men alle døde i løpet av 12 timer.

Johnson og Albright (1991) fant at voksne lakselus overlevde i 9,5 dager ved 10‰ S og 10°C.

Det ser altså ut til at 10 – 16‰ S er nedre grense for overlevelse av voksen lakselus (Pike & Wadsworth 1999; Johnson & Albright 1991).

Egg til lakselusa utviklet seg ikke i eksperimentene til Johnson & Albright ved 10‰ S. Ved 15‰ S var det en viss utvikling, men det ble ingen aktive naupliuslarver. Ved høyere saltholdigheter (20 – 30‰ S) fikk man aktive nauplii, men ingen copepoditter før man drev forsøkene i 30‰ S (Johnson & Albright 1991). Når disse copepodittene ble overført til vann med lik og mindre saltholdighet enn 10‰, levde de bare en dag. Ved høyere saltholdigheter (15 – 30‰) og temperaturer på 5, 10 og 15°C levde de gjennomsnittlig mellom 2 og 8 dager. Maksimal overlevelse var 17 dager ved 10°C og 25‰ S (Johnson & Albright 1991). Disse resultater understøttes av Vikeså (2000) som fant at lakseluscopepoditter overlevde i lavt antall ved 18‰ S (10°C). Først ved en saltholdighet på 24‰ og temperaturer fra 5°C og høyere, ble det en tilfredstillende overlevelse. I mine forsøk døde som beskrevet Caliguscopepodittene umiddelbart i 10‰ S, men klarte seg i 15‰ S, hvor den siste døde etter 5,5 døgn.

Johnson & Albright (1991) fant at overlevelsestid for lakseluscopepodittene var signifikant høyere ved 30‰ S sammenlignet med 15‰ S ved alle temperaturer (5, 10 og 15°C), men at overlevelsestiden ved 10°C var høyest i 25‰ S, sammenlignet med 15, 20 og 30‰ S. Dette stemmer for så vidt med mine resultater, selv om jeg ikke har data for 30‰ S.

Størst overlevelse i midlere saltholdigheter og temperaturer, ble også registrert i forsøk med copepoditten til Brislingens øyeparasitt (*Lernaeenicus sprattae*) (Schram & Anstensrud 1985).

Generelt sett var skotteloscopepodittene ved lavere saltholdigheter (15 og 20‰ S) mindre aktive enn i forsøkene i 25‰ S, et resultat som er i overensstemmelse med hva Johnson & Albright (1991) fant for lakseluscopepoditter, aktiviteten økte for begge arter med økende saltholdighet.

I 15‰ S (10°C) levde lakseluscopepodittene maksimalt i 2 døgn (Johnson & Albright 1997). Under de samme betingelser døde skotteluscopepodittene i mine forsøk først etter 4, 4,5 og 5,5 døgn.

Ved 20‰ S og 10°C levde de lakseluscopepodittene gjennomsnittelig 3 døgn, mens de greide seg bedre i 15°C (gj.sn. 6 døgn). Blant *Caligus*-copepodittene levde 6 individer ved 10°C i minimum 29 døgn før forsøket ble avsluttet.

Ved 25‰ S (10°C) var maksimal overlevelse av lakseluscopepoditter som nevnt 17 døgn, gj.sn. 8 døgn. Ved høyere saltholdighet, 30‰ S, var overlevelsen lavere (4 døgn.) og i høyere temperatur, 15°C, var gj.sn. overlevelse ca. 5 døgn. I mitt materiale levde fortsatt 19 *Caligus*-copepoditter i 25‰ S og 10°C etter 31 døgn da forsøket ble avsluttet.

I eksperimenter med *Caligus elongatus* ved 5, 10 og 15°C og konstant saltholdighet på 32‰ fant Pike et al. (1993) at den pelagiske larveutvikling var temperaturavhengig. Videre at *C. elongatus* klekket, vokste og overlevde utmerket ved 10°C og 32‰ S i rent, luftet sjøvann, men at en forringelse av vannkvaliteten førte til at utviklingen gikk i stå. Dette er i overensstemmelse med mine erfaringer, vannet må filtreres og luftes, men en saltholdighet nær 25‰ er tiltrekkelig for et vellykket resultat med copepoditter. Denne saltholdigheten er imidlertid for lav til

klekking av skottelus embryoer. I flere forsøk ved 23‰ S og 16 – 17°C fikk man ingen utvikling av udifferensierte egg av skottelus i en forsøkperiode på inntil 14 dager. Ved 33‰ S gikk utviklingen normalt med rask klekking (pers. med. T. Schram), noe som er i overensstemmelse med Pike og medarbeideres resultater

I laboratorieforsøk med pelagiske larver av Brislingens øyeparasitt (*Lernaeenicus sprattae*) nevnt ovenfor, en Pennelid copepode, var det ingen overlevelse av nauplii frem til copepodittstadiet i saltholdigheter lavere enn 15‰ S. Den høyeste overlevelse av nauplier frem til utviklet copepoditt ble oppnådd ved 20 – 30‰ S og ved 10 – 20°C (Schram & Anstensrud 1985). Dette innebærer at de laveste og høyeste temperaturer og saltholdigheter i forsøkene ikke ga best uttelling. Mens naupliuslarvene var relativt kortlivede (timer), levde copepodittene 5 – 6 dager. Dette er betydelig kortere enn i mine *Caligus*- forsøk, men copepodittene til øyeparasitten ble utsatt for mer stress i forsøkene, enn i mine *Caligus*- forsøk og temperaturen var også gjennomgående høyere, men viktigst av alt, de tilhører en annen slekt og art.

Som et kuriosum kan nevnes at Johannessen (1978) i sine preliminære forsøk med pelagiske lakseluslarver hadde en copepoditt som levde i 30 dager, like lenge som mine *Caligus*- copepoditter. Han spekulerer litt over at et infektivt stadium kan leve i en hel måned og om den kan være en potensiell fare for salmonider i så lang tid. Han uttrykte også forbauselse over hva copepodittene kunne tåle av temperaturvariasjoner i løpet av en dag, og refererte temperaturforandring fra 19 til 10 og til 21°C.

Generelt sett må pelagiske parasitters infektive stadier være tolerante overfor ytre forhold, men det er ikke sikkert at de er i stand til å angripe en vert en hel måned etter siste skallskifte. Fra de klekkes lever de hele tiden på opplagsnæring fra egget

og disse reservene vil forbrukes raskere og senere, alt etter copepodittenes aktivitet. I mine forsøk uten vert blir de ikke stimulert til angrep, de svømmer, men i lange perioder ligger de også på bunnen og sparer på energireservene. At de kan leve inntil en måned er muligens ikke så rart, men jeg tviler på om de egentlig er infektive mer enn ca. halvparten av denne tid. Lin & Ho (1993) som studerte livssyklus til *Caligus epidemicus* Hewitt i laboratoriet, beskrev copepodittens oppførsel: Først svømmende, senere oppholdt de seg mer og mer hvilende på bunnen - akkurat som i mine forsøk. Overlevelsestiden var kort, 3 – 4 dager, men temperaturen var høy 25°C og saltholdigheten 20‰. Når det ble satt inn fisk til copepodittene, ble larvene plutselig aktive og festet seg straks til vertene. Fisk er selvfølgelig essensielt for videre utvikling, men mitt poeng er at bare overføring av en potensiell vert til forsøkskaret, er tilstrekkelig til at inaktive copepoditter umiddelbart blir aktive jegere. Noe av forklaringen til at mine *Caligus*-copepoditter levde så lenge, er nok at energiforbruket generelt sett var svært lavt i lange perioder, de gikk på "sparebluss".

Sammenfatningsvis: maksimal overlevelsestid av lakseluscopepoditter ble altså funnet ved 25‰ S og 10°C, 17 dager (Johnston & Albright (1997). Under de samme betingelser levde *Caligus*-copepodittene omtrent dobbelt så lenge som copepodittene til lakselus. At sistnevnte greier seg i lengre tid enn lakseluscopepodittene er vist ovenfor. Ved 15‰ S levde mine dyr mer enn dobbelt så lenge som lakseluscopepodittene, (det dreier seg om døgn.) Ved 20‰ S levde *Caligus*-copepodittene 9 ganger så lenge som lakselusa og ved 25‰ S kan forskjellen regnes i uker; *Caligus*-copepodittene levde ca. 3 uker lengre enn lakselusas infektive stadium.

Sammendrag

130 rognkjeks ble fanget med garn utenfor Tromøy ved Arendal i perioden 10. mars – 24. april 2003 og transportert til Forskningsstasjon Flødevigen hvor eksperimentene ble utført (Fig. 2).

Caligus elongatus med eggstrenger ble plukket av fisken. Eggsekkene ble skilt fra lusa og overført til klekking i glasstativ med lufttilførsel (Fig. 3, 4 og 5). De nyklekkete nauplius I larvene ble daglig overført til en sylindrisk utviklingsbeholder, som var festet til innsiden av et større kar (Fig. 6). Fire dager etter overføringen var det klekket så mange copepoditter at forsøkene kunne settes i gang.

Vannet som ble pumpet opp fra 75 m, ble filtrert gjennom to filtre med 25 µm maskevidde, hadde en saltholdighet på 34‰ og temperatur omkring 10°C.

Temperaturen i fiskekar (6 – 9,5°C), klekkekjegle (9,4 – 11,0°C) og copepodittkar (6,2 – 12,1°C) fremgår av Tabell 1.

Det ble tilsammen tatt ut 330 copepoditter som ble fordelt i grupper på 30 individer og overført til de aktuelle saltholdighetene (10‰, 15‰, 20‰ og 25‰). Hvert forsøk hadde tre paralleller. I de første timene etter forsøkstart kontrollerte jeg nærmest kontinuerlig copepodittenes tilstand, og registrerte antall døde (se Tabell 2). Videre utover i prosessen, når dødeligheten avtok, gikk det lenger tid mellom hver kontroll. Copepodittenes tilstand gjennom forsøkene og registrering av antall døde ved forskjellige saltholdigheter er fremstilt i tabeller (3 – 12) og figurer (8 – 20).

Copepoditter som ble overført til 10‰ S døde umiddelbart.

Dyrene i 15‰ S klarte seg betydelig bedre selv om bare halvparten overlever de første 4 – 8 timene og alle døde etter 6 døgn (144 timer)(Fig 11).

Overlevelsen var bedre i 20‰ S hvor halvparten var i live etter 84 timer (3,5 døgn) og hvor 2 copepoditter fortsatt var levende da forsøket ble avsluttet etter 29 døgn (696 timer)(Fig 15).

Copepodittene greide seg best i den høyeste saltholdigheten. Halvparten levde i 25 døgn (600 timer) og ved forsøksslutt etter 31 døgn (722 timer)(Fig 19) var det fortsatt gjennomsnittlig 6 copepoditter igjen i de tre parallellene.

Det fremgår av figur 11, 15 og 19 at forsøkene har hatt det samme forløp innen hver saltholdighet, og at det for øvrig er liten variasjon mellom delforsøkene innenfor hver saltholdighet

Skotteloscopepodittene var ved 15‰ S og 20‰ S mindre aktive enn i 25‰ S, aktiviteten økte altså med økende saltholdighet.

Resultatene er sammenliknet med andres, hovedsakelig for lakselus. Resultatene viser at skotteloscopepoditter levde betydelig lengre enn lakseluscopepoditter i saltholdigheter høyere og lik 15‰., og at skotteloscopepoditter i 25‰ S lever i mer enn en måned.

Litteratur

Ashby, A.B., 1951. Sea lice on salmon: period of survival in freshwater. *The Salmon and Trout magazine*, **131**: 82 – 85.

Berger, V.Y., 1970. The effect of sea water of different salinity on *Lepeophtheirus salmonis*, an ectoparasite of salmon. *Parazitologiya* (Leningrad), **4**: 136 – 138 (På russisk, engelsk sammendrag).

Costello, M.J., 1993. Review of methods to control sea lice (Caligidae: Crustacea) infestations on salmon (*Salmon salar*) farms. In: *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice* (G.A. Boxshall & D. Defaye, eds), pp. 219- 252. Chichester: Ellis & Horwood.

Finstad, B., Bjørn, P.A. & Nilsen, S.T., 1995. Survival of salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis* Krøyer, on Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), in fresh water. *Aquaculture Research*, **26**: 791 – 795.

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*, **155B**: 357 – 365.

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., Parsons, A. & Boxaspen, K., 1995. Diel vertical migration: A possible host- finding mechanism in salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) copepodids? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **52**: 681 – 689.

Heuch, P.A and Schram, T.A., 1999. Crustacea (krepssdyr). Pp. 219– 228 i Poppe, T. ed. *Fiskehelse og fiskesykdommer*. Universitetsforlaget, Oslo. 411 sider.

Hogans, W.E. and Trudeau, D.J., 1989. *Preliminary studies on the biology of sea lice, Caligus elongatus, Caligus curtus, and Lepeophtheirus salmonis, (Copepoda: Caligidae) parasitic on cage- cultured salmonids in the Lower Bay of Fundy.* Canadian Technical Report of Fisheries, no. 1715, 14 pp.

Johannessen, A., 1978. Early stages of *Lepeophtheirus salmonis*. (Copepoda: Caligidae). *Sarsia*, **63**: 169 – 176.

Johnson, S.C. & Albright, L.J., 1991. Development, growth, and survival of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) under laboratory conditions. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **71**: 425 – 436.

Johnson, S.C. & Albright, L.J., 1991. The developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligidae). *Canadian Journal of Zoology*, **69**: 929 – 950.

- Kabata, Z., 1979. *Parasitic Copepoda of British fishes*. London: The Ray Society.
- McLean, P.H., Smith, G.W. & Wilson, M.J., 1990. Residence time of the sea louse, *Lepeophtheirus salmonis* Krøyer., on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., after immersion in fresh water. *Journal of Fish Biology*, **37**: 311 – 314.
- Mo, T.A. & Heuch, P.A., 1998. Occurrence of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) on sea trout *Salmo trutta* in the inner Oslofjord, south eastern Norway. *ICES Journal of Marine Science*, **55**: 176 – 180.
- Nordhagen, J.R., 1997. *Livshistorie og morfologi til lakselus (Lepeophtheirus salmonis) fra villaks og oppdrettslaks*. Cand. scient. oppgave. Biologisk institutt, UiO 53 sider.
- Piasecki, W. & Falandysz, M., 1994. Preliminary survey on parasite fauna of pumpkinseed sunfish, *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Teleostei, Centrarchidae) from warmwater discharge canal of the "Pomorzany" power plant in Szczecin, Poland. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, **24**: 87 – 100.
- Piasecki, W. & MacKinnon, B.M., 1995. Life cycle of a sea louse, *Caligus elongatus* von Nordmann, 1832 (Copepoda, Siphonostomatoida, Caligidae). *Canadian Journal of Zoology*, **73**: 74 – 82.
- Pike, A.W., Mordue (Luntz) A.J. & Ritchie 1993. The development of *Caligus elongatus* Nordmann from hatching to copepodid in relation to temperature. In: *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice* (G.A. Boxshall & D. Defaye eds, pp. 53 – 60. Chichester: Ellis & Horwood.
- Pike, A.W. & Wadsworth, L.S., 1999. Sealice on salmonids: their biology and control. *Advances in Parasitology*, **44**: 233 – 337.
- Schram, T.A., 1993. Supplementary descriptions of the developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligidae). In: *Pathogens of wild and farmed fish: sea lice* (G.A. Boxshall & D. Defaye, eds), pp. 30 – 47. Chichester: Ellis & Horwood.
- Schram, T.A., 2004. Practical identification of pelagic sea lice larvae. *Journal of Marine Biological Institution of the United Kingdom*. **84**: 103 – 110.
- Schram, T.A. & Anstensrud, M., 1985. *Lernaeenicus sprattae* (Sowerby) larvae in the Oslofjord plankton and some laboratory experiments with the nauplius and copepodid (Copepoda, Pennellidae). *Sarsia*, **70**: 127 – 134.
- 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 og Marine Science*, **55**: 163 – 175.
- Vikeså, V., 2000. *Påvirkning av saltholdighet og temperatur på tidlige livsstadier av lakselus Lepeophtheirus salmonis*. Cand. Scient oppgave. Institutt for fiskeri- og marinbiologi. UiB. 69 sider.

Voth, D.R., 1972. *Life history of the caligid copepod Lepeophtheirus hospitalis*, Fraser, 1920 (Crustacea, Caligoida). PhD. *Dissertation. Abstracts International Part B, Science and Engineering*, **32**: 5547 – 5548.

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. *Proceeding of the Royal Society of Edinburgh*, **81B**: 185 – 197.