



# NTNU

Kunnskap for en bedre verden

# Bacheloroppgave

**MB301612 Bacheloroppgave**

**Tittel «Bevegelse av lakselus-nauplier i  
innsugsvannet til blåskjell»**

Kandidatnummer: 10001

Totalt antall sider inkludert forsiden: 40

Innlevert Ålesund, 07.12.2018

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"><li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li><li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li><li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li></ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at NTNU vil behandle alle saker hvor det foreligger mistanke om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

# Publiseringsavtale

Studiepoeng: 22,5

Veileder: Lars Gansel, Stig Atle Tuene

## Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja  nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

ja  nei

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja  nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

ja  nei

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Dato: 07.12.2018

## **Forord**

Denne oppgaven vil ta for seg filtreringsevnen til blåskjell i samarbeid med lakselus i forskjellige stadier. Forsøkene går ut på å vise til om det finnes et område i nærheten av blåskjell under en filtreringsprosess, der lakseluslarver ikke lenger klarer å komme seg unna filtreringsprosessen til blåskjellet.

Forsøkene vil bringe frem og styrke tidligere forskning, og se mer nøye på den spesifikke problemstillingen av å finne et område der lakseluslarven har større sannsynlighet for å bli trukket inn i innsuget til blåskjell enn andre områder i nærheten av et filtrerende aktivt blåskjell.

Det vil også bli gjort forsøk på å finne en god metode på å finne aktivitetsgraden til blåskjell for da å ta for seg vannstrøm i testenhetene for å se sammenheng mellom konsumering av lakseluslarver i forhold til aktivitetsgrad.

I et forsøk på å finne et område der lakseluslarven ikke lenger kan komme seg unna filtreringskraften til blåskjell, kan denne oppgaven med respektive resultater også være behjelpelig til å bidra til oppdrettsnæringen av atlantisk laks, og om det har noe påvirkning rundt lakselusproblematikken vi har per idag.

Takk til Malin Hoem Storholt og Katrine Ranvik Tysse ved NTNU i Ålesund for et godt grunnlag med tidligere forskning på inntak av lakselus hos blåskjell og for å ha bidratt med filming, assistanse på laboratoriet, oppsett av forsøkene samt. Innhenting av lakseluslarver, blåskjell og sjøvann.

Takk til Lars Gansel og Stig Atle Tuene ved NTNU i Ålesund for god veiledning av oppgaven og forslag til fremgangsmåte i forsøkene.

## **Sammendrag**

Det finnes idag flere metoder for å minske antall lakselus i et oppdrettsanlegg da dette er et stort og kostbart problem innen industrien. Metodene som ofte blir brukt, er både skadelige for økosystemet rundt oppdrettsanlegg og svært lite miljøvennlige, samtidig er de kostbare og ikke alltid effektive for reduksjon av lakselus i et oppdrettsanlegg. De spiller også en negativ rolle innenfor velferden til laks, der både høyere dødelighet og stress er vesentlige faktorer.

I denne oppgaven er det fokus på å se om blåskjellenes filtreringsevne kan bidra til å minske antall lakselus på larvestadiet, slik at man kan erstatte de kjemiske avlusningsprosessene med eventuelt noe mer biologisk, slik som blåskjell.

Det ble testet ut hvilken adferd lakselus har i nærheten av blåskjell, og om den blir påvirket av innsugskraften til blåskjell.

Forsøkene har omfattet filming av blåskjell og lakseluslarver, og å finne metode for å måle vannstrømmen i et kar med blåskjell for å finne filtreringskraften. Også om det finnes et område i nærheten av innsugssiden av blåskjell der lakseluslarvene ikke lenger klarer å kjempe imot kraften til innsuget.

Resultatene har vist at det er mulig å måle vannstrømmen til et blåskjell. Resultatene har også vist at lakseluslarver i nauplie stadiet vil bli påvirket av innsugskraften til blåskjell i stor grad, og sannsynligheten for at de blir dratt inn i blåskjellet er større jo nærmere innsuget de kommer. Resultatene viste at i et område fra 0-2cm fra innsuget til blåskjellet, så var det 80% av lakseluslarvene som ble med i innsuget til blåskjellet. Dette kan brukes i videre forskning omkring blåskjellenes opptak av lakseluslarver.

## Innhold

1. Innledning .....	5
1.1 Akvakultur i Norge .....	5
1.2 Lakselus .....	6
1.3 Atlantisk Laks, Lakseoppdrett og Lakselus .....	6
1.4 Blåskjellets biologi.....	7
1.4.1 Filtrerende organismer mot lakselus .....	8
1.5 Bakgrunn og formål med oppgaven.....	9
1.6 Problemstilling .....	10
2. Materiale og Metoder.....	11
2.1 Klargjøring av materialer.....	11
2.1.1 Blåskjell <i>Mytilus Edulis</i> .....	11
2.1.2 Lakselus <i>Lepeophtheirus salmonis</i> .....	11
2.1.3 Testenheter med stativ .....	12
2.1.4 Kamera, bakgrunn, lyssetting.....	14
2.1.5 Algepasta, fargestoff og UV-lykt .....	15
2.2 For-forsøk.....	16
2.2.1 Tellemetodikk .....	18
2.3 Utførelse av hovedforsøk.....	19
2.3.1 Hovedforsøk 1 .....	19
2.3.2 Hovedforsøk 2 .....	21
3. Resultater .....	24
3.1 Hovedforsøk 1 .....	24
3.2 Hovedforsøk 2 .....	25
3.2.1 Tellemetodikk.....	25
4. Diskusjon .....	27
4.1 Forsøksmetodikk .....	27
4.1.1 Tellemetodikk/ Filmanalyse .....	29
4.2 Resultat .....	31

4.2.1 Menneskelige feil .....	32
4.2.2 Vannstrømhastighet .....	33
4.3 Forslag til videre forskning.....	33
4.4 Blåskjell og Lakseoppdrett .....	35
4.5 Konklusjon.....	36

## Tabelliste

**Tabell 1** Lengden på de tre blåskjellene som ble testet og vanntemperaturen i hver av testenhetene

**Tabell 2** Forsøk på å beskrive aktiviteten til blåskjell fra nivå 0 til nivå 3

**Tabell 3** Resultat av hastighetsmålinger i forsøk 1. Tabellen viser vannhastigheten til 10 ulike blåskjell, og standardavvik for hastighetsmålingene av de 10 blåskjellene.

**Tabell 4.** Resultat tellemetodik. Denne tabellen viser resultatet over tellemetodikken til lakseluslarvene i fire forskjellige filmopptak i tre ulike soner på innsugssiden av blåskjell.

## Figurliste

**Figur 1.** Klekkeriet til lakseluslarvene med ferdig klekte larver, og mørke og lyse eggstrenger i hvert sitt begerglass.

**Figur 2.** Tre testenheter med blåskjell, stativ til blåskjell, nummerering av testenhetene og centimetermål på skjellene.

**Figur 3.** Firkantet testenhet av gjennomsiktig glass med blåskjellstativ og blåskjell

**Figur 4.** Testing av kamerastativ, kamerafokus, lys i rommet og bakgrunn for filming av blåskjell i testenhet.

**Figur 5** – Liming av 10 blåskjell på stativ før innsetting i testenhetene.

**Figur 6** – 10 testenheter med 10 blåskjell, stativ og saltvann.

**Figur 7** – Skisse av soneinndeling på innsugssiden av blåskjellet som er blitt filmet.

**Figur 8** – Illustrasjon av inndeling av soner for filmopptakene på dataskjerm, fra sone 1-3.

## 1. Innledning

### 1.1 Akvakultur i Norge

Akvakultur eller havbruk handler om kultivering av organismer i vann, dette gjelder for blant annet dyrking av planter, alger, skjell og oppdrett av fisk.

Når det kommer til oppdrett av fisk, er Norge en av de største produsentene av oppdrettsfisk i verden. (20)

Dette er en viktig næring for Norge, der den største eksportnæringen vår innebærer nettopp oppdrett av fisk og eksport av dette til resten av verden. Det finnes over 1000 godkjente lokaliteter for oppdrett av laks i Norge. I 2017 ble det solgt 1 219 235 tonn laks, og den gjennomsnittlige salgsprisen pr. kg var på 50,35 NOK i 2017. Dette gir en omsetning på over 61 milliard NOK, noe som også viser til at det er av stor økonomisk betydning for Norge. (15)

Havnasjonen Norge har et stort potensiale når det handler om økt verdiskapning innen norsk biomarin industri. Den marine sektoren, spesielt oppdrettsnæringen, har de senere årene fått en større betydning i norsk økonomi enn tidligere. (16)

I 1999 ble det spådd 1,0 million tonn produksjon av laksefisk for 2010, verdien på fisken ble prognostisert til ca. 23 milliarder kroner. Det reelle tallet for produksjon av laks stemte bra, mens det reelle tallet på selve verdien ble underestimert.

Den nyere rapporten for verdiskapning innen havbruk estimerer en mulig femdobling av produksjon fra 2012 til 2050. (16) For å få til dette må det løses en rekke utfordringer innen både helse og velferd i oppdrettsindustrien. Deriblant problematikken rundt lakselus.

Den dominerende formen for akvakultur i Norge er oppdrett av laksefisker, hvor den mest omfattende kategorien er produksjon av atlantisk laks. Andre etablerte næringer innen akvakultur er blant annet regnbueørret, røye, kveite og skalldyr. (1)



## 1.2 Lakselus

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er en parasitt som favoriserer å snylte seg på laksefisk i fjorder og kystfarvann gjennom hele året. Denne finnes naturlig på den nordlige halvkule, og formerer seg raskt og mye.

Lakselusen går gjennom en utvikling på åtte stadier, dette fordelt på tre frittlevende stadier, to fastsittende og tre mobile stadier. (2)

I starten flyter den med vannmassene og kan her også spres over store områder, avhengig av sirkulasjon og strømmer i vannet.

I senere stadier, da lakselusen fester seg på en vert, vil den fortsette å vokse og deretter bli en voksen lus som formerer seg.

Hunn-lakselus har to lange eggstrenger, og kan bli opptil 12mm lang. Med eggstrenger så kan lengden være på 29mm. (3)

## 1.3 Atlantisk Laks, Lakseoppdrett og Lakselus

Atlantisk laks en viktig eksportvare og inntektskilde for norsk økonomi.

Gjennom både forskning og mange års erfaring med oppdrett av atlantisk fisk i norsk nasjon, har både forskjellige sykdommer ved fisk, fóring og fóringkvalitet og andre aspekter ved oppdrettsanlegg blitt bedre, mer produktivt og effektivt. Det er derimot et problemområde som enda ikke har et svar, og det er nemlig lakselus i lakseoppdrett rundt om i blant annet hele Norge.

Metoder som brukes for å redusere antall lakselus i lakseoppdrett er både av medikamentelt og ikke-medikamentelt grunnlag der forskjellige metoder brukes etter hva som vil gi best resultat.

(8) Det finnes mange metoder for både å hindre og/eller begrense kontakt mellom laks og lakselus for å redusere påslag av lakseluslarver på laksen, og det finnes metoder for å fjerne lakselus som sitter på laks.

Av fysiske løsninger så finnes det luseskjørt (17) for å beskytte fisk som er i oppdrettsmerder mot påslag av lakselus. Det utvikles også andre fysiske løsninger slik som eksempelvis snorkelmerd og nedsenkbare merder. (18)

Av de kjemiske løsningene så er det badebehandlinger og tilsetninger i fiskefór som blir brukt.

Innen biologiske løsninger så er rensefisk slik som rognkjeks og berggyllt en viktig kilde.

I de senere årene har fokuset på å bruke biologiske løsninger blitt større, og kombinasjoner av de forskjellige løsningene er også i bruk. (18)

#### 1.4 Blåskjellets biologi

Blåskjell (*Mytilus Edulis*) er en utbredt art som har blitt observert langs hele norskekysten, den finnes også i Østersjøen, Canada, USA, langs den Europeiske vestkyst, rundt de Britiske øyer, i Middelhavet og langs vestkysten av Afrika.

Blåskjell i Norge kan finnes fra tidevannssonen og ned til 7-10 meters dyp, avhengig av salinitet, temperatur og vannsirkulasjon. (4)

Blåskjell skaffer næring gjennom å filtrere vannet for planteplankton og også detritus (mikroskopiske rester av planter og dyr).

På gjelleoverflaten har blåskjell små bevegelige hår som hjelper til med å trekke vann inn i skjellet. Inn- og utførselskanalen kalles for sifon, og denne kan ses mellom skalldelene på blåskjell. Vannstrømmen passerer gjellene og tar derfra med seg avfallsstoffer som forlater skjellet gjennom utførselskanalen. For at næringspartikler raskt skal bli tatt opp fra vannet, har gjellene derfor en stor overflate.

Partiklene fanges opp ved hjelp av de små hårene som er på gjellenes gitterstruktur samt en viskøs væske (mucus) og blir deretter ført til munnen. (5)

Avhengig av næringstilgang og temperatur, er veksten på blåskjell av bredt spekter.

Blåskjell har blitt målt til å bli alt fra 40-60mm langt, noen ganger også enda større. Ulike arter av skjell har forskjell i egenskaper når det kommer til opptak og sortering av partikler gjennom filtreringssystemet. Et blåskjell som har en størrelse på 5 cm kan filtrere mellom 1-10 liter vann i timen.

Det som er avgjørende for hvor mye et blåskjell kan filtrere, er størrelsen på skjellene og mengden med matpartikler i vannet. Både ved veldig lave og veldig høye konsentrasjoner av matpartikler reduserer skjellene ofte sin filtreringsrate. (6)

Ulike arter av skjell har forskjell i egenskaper når det kommer til opptak og sortering av partikler gjennom filtreringssystemet. Et blåskjell som har en størrelse på 5 cm kan filtrere mellom 1-10 liter vann i timen.

Blåskjell representerer en gruppe dyr som spiser ved å filtrere ut partikler fra sjøvann. Små bevegelige hår på gjelleoverflaten trekker vann inn i dyret. Inn- og utførselskanalen (sifon) kan

ses mellom skalldelene på blåskjell (figur 1). Vannstrømmen passerer gjellene, for deretter å ta med seg avfallsstoffer som forlater dyret gjennom utførselskanalen. Gjellene har en stor overflate for at fødepartikler effektivt skal tas opp fra vannet. Fødepartiklene fanges ved hjelp av små hår på gjellenes gitterstruktur og en klebrig væske (mucus), og føres deretter frem til munnen.

#### 1.4.1 Filtrerende organismer mot lakselus

Det som sannsynlig er viktig for inntak av partikler hos blåskjell av hva som tas opp og hva som ikke tas opp, er størrelsen på blåskjellene. Derfor vil det være sannsynlig at blåskjell tar opp lakselus i riktig størrelsesområde, slik som naupilier.

Det kan også tenkes løsninger som kan føre til reduksjon av lakseluspåslag på laks (både villaks og oppdrettslaks) som ikke vil gå direkte på fisken. Eksempelvis her ved å redusere antall lakseluslarver i sjøen.

Hvis vi ser på oppdrettsfisk, så kan det tenkes to varianter:

1. Man prøver å filtrere ut lakselus i copepoditt-stadiet, stadiet der lusen fester seg på laksen, før den driver inn i oppdrettsanlegg. Lakselus som ikke kommer i kontakt med fisken er ikke av problematisk grunnlag.
2. Det er tydelig at med flere millioner fisk på en enkel lokalitet, vil det være et stort antall av voksen hunnulus. Det kan være fra flere hundre tusen til opptil en million voksne hunnulus på en lokalitet med oppdrettslaks. I Norge ligger den tillatte summen med lakselus per fisk i et oppdrettsanlegg på 0,5 for store deler av året. Dette igjen vil føre til produksjon av mange millioner nye lakseluslarver i oppdrettsanlegg. Larvene vil også være relativt konsentrert der lakselus klekkes, og konsentrasjonen av lakselus vil så reduseres når den driver med strømmen og fordeler seg i sjøen. Det kan derfor være en mulighet å filtrere ut en del av lakseluslarvene i eksempelvis i naupili-stadiet med hjelp av filtrerende organismer som har til vane å filtrere partikler i lik størrelsesområde som naupililarvene. Blåskjell er en mulig kandidat, og det har i tidligere studier blitt påvist at blåskjell inntar lakseluslarver. (14)

## 1.5 Bakgrunn og formål med oppgaven

Oppgaven fikk en start da to tidligere studenter ved NTNU i Ålesund undersøkte "Hvor høyt er inntaket av lakseluslarver i nauplius- og copepodittstadiet hos blåskjell i forskjellige størrelser, og hvordan kan dette knyttes opp mot lakseoppdrett?" i egen bacheloroppgave våren 2018.

Derfor var det interessant å undersøke mer presist rundt adferden til lakselus i samsvar med blåskjell, hvordan naupliuslarver blir påvirket av blåskjellenes nærvær.

Det antas at blåskjell kan suge inn lakseluslarver da den lager vannstrøm gjennom filtreringssystemet sitt. Når vann suges inn, vil den vannstrømmen som lages dra med seg lakseluslarver. Bevegelsen til lakselus er forskjellig avhengig av hvilket stadiet de er i. Naupili-larvene er ofte observert som hoppende og har mindre styrke enn larver i copepoditt-stadiet som virker å ha mer utholdenhet og styrke og beveger seg i mindre hoppende bevegelser.

I denne oppgaven vil det derfor bli nærmere undersøkelser av om naupliuslarver kan bli filtrert av blåskjell og derav minske antall lakselus i et lakseoppdrett, og om det er en viss avstand fra blåskjellet der lakseluslarvene ikke lenger har mulighet til å komme seg unna blåskjellet.

Dette for å også forstå mer av hvordan blåskjell kan påvirke antall lakselus i og rundt et lakseoppdrett, og om det finnes veier å gå for å redusere det enorme antallet med lakselus i norske farvann, da spesielt rundt anlegg som driver med oppdrett av atlantisk laks. Dette er halve mengden av hva som skal til for å begrunne forskjeller i inntak av både nauplier og copepoditter hos filtrerende blåskjell. Hvis man også undersøker filtreringen av copepoditter, så vil man kunne ha et grunnlag for å sammenligne innsug av lakselus i begge stadiene. Da kan man evaluere om eventuelle forskjeller i bevegelsesmønsteret hos copepoditter og nauplier og om de kommer seg unna innsuget til blåskjellet og derav se om det kan være grunnen til forandring i filtreringsrate av disse stadiene av lakselus.

Med sikt på arbeidsmengden som kan legges i denne oppgaven, er det her kun tatt med undersøkelser av lakselus i nauplius-stadiet.

Det vil også være interessant å se om det finnes andre effektive metoder for reduksjon av antall lakselus i et oppdrettsmerd enn de som allerede finnes i dag. Dette både for å få en bedre helse

og velferd i oppdrettslaks, samt finne løsninger som er mer biologiske og som vil være mindre skadelige for både økosystem og havområder rundt lakseoppdrett.

Formålet med oppgaven er å se om det er mønster i adferden til lakselus i nærheten av blåskjell, og å finne en metode for å måle vannstrømmen i et vannkar som har blåskjell i seg.

Ved å finne adferden til lakselus samtidig som man får filtreringsstyrken til blåskjell, har man da en mulig vei mot det å finne et punkt i nærheten av blåskjell der lakselusen ikke lenger kan komme seg unna innsuget til blåskjell.

Til nå har det blitt gjort to studier som omfatter inntaket av kopepoditter hos blåskjell (10, 11), et studie om inntak av nauplius (12), et studie om inntak av lakseluslarver (13), og et studie der inntaket av både nauplius-og kopepodittstadiet blir undersøkt for å se om det er forskjeller i blåskjellenes inntak av de to nevnte larvestadiene. (14)

I denne oppgaven ble det gjort forsøk rundt adferden til lakselus i naupliusstadiet via filming av blåskjell og lakselus i samme kar, samtidig ble det gjort forsøk rundt filtreringsevnen til blåskjell uten lakselus.

Dette vil forhåpentlig gi et innsyn på aktivitetsraten til blåskjell, og om lakseluslarvene blir påvirket av innsugskraften til blåskjellet.

Blåskjellene ble testet individuelt både under forsøk der aktivitetsnivået skal måles, og under forsøk der lakselus er tilført i vannet sammen med blåskjell.

## 1.6 Problemstilling

Oppgavens problemstilling er:

«Hvor høy vannhastighet lager blåskjell ved innsuget og er det et område ved innsugssiden til blåskjell der lakseluslarver har lettere for å bli med i innsuget?»

Hypoteser:

- Lakselusen blir sugd inn i blåskjell ved et område i nærheten av blåskjellet
- Videoanalyse kan brukes til å måle vannstrømmen som blåskjell setter opp

## 2. Materiale og Metoder

### 2.1 Klargjøring av materialer

#### 2.1.1 Blåskjell *Mytilus Edulis*

I uke 36 og i uke 41 ble det hentet inn blåskjell fra en småbåthavn i Sjøholt, Ørskog kommune.

Her var det blåskjell av ulik størrelse og i rikelig mengde for et grunnlag til forskningen.

Blåskjellene ble etter opphenting lagt i en firkantet plastboks med sjøvann og satt på kjølerom

ved 6°C. I tillegg ble det lagt til to luftslanger for å få både oksygen og omrøring i vannet.

Luftpumpen som var tilkoblet luftslangene er av typen Tetra 50 Hz/4,5W.

#### 2.1.2 Lakselus *Lepeophtheirus salmonis*

Den 3.10.2018 ble lakselus hentet inn fra Opshaugvik. Dette var kjønnsmoden hunn lus med eggstrenger som først ble lagt i en temperatur på 10°C frem til neste dag. Vannet har ellers ligget på ca. 6°C med vannbytte hver 3. Dag.

Den kjønnsmodne lakselusen ble etterhvert separert fra eggstrengene og eggstrengene ble deretter lagt i to forskjellige begerglass med sjøvann. Eggstrengene ble sortert i henhold til fargen på strengene. De mørkere strengene ble lagt i et begerglass, og de lyse strengene ble lagt i et annet. (Figur 1)

Observasjoner av strengene tilsa at de mørkeste strengene klekte tidligere enn de lyse, og at etter hvert som strengene utviklet seg, så endret fargen seg fra lys til mørk farge.

Når eggstrengene startet å klekke ble lakseluslarvene som hadde klekt ført over i nye glass for å skille de yngre larvene fra de eldre.



*Figur 1 – Klekkeriet til lakseluslarvene. Begerglass med lyse og mørke eggstrenger og klekte lakseluslarver.*

### 2.1.3 Testenheter med stativ

Det ble forsøkt å finne flere forskjellige oppsett før hovedforsøkene der man har klart innsyn i testenhetene og får filmet dette på en klar måte.

Det ble forberedt stativ man kan lime blåskjellene fast på som var laget av ståltråd og med et plastrør rundt ståltråden for å få limet til å feste seg bedre da man limer på blåskjell. Selve testenhetene var glassbeholdere med en volum på 1,2 liter. Hver testenhet ble markert med teipbiter som fungerte til nummerering av testenhetene. (Figur 2)

Før forsøkene ble utført, ble blåskjellene markert med en hvit bit teip på overflaten av blåskjellet som indikerte lengden 1 cm fra venstresiden til høyresiden av blåskjellet uavhengig av selve bredden på skjellet. Dette ble gjort for å ha et lengdemål som kunne brukes for å beregne avstand i videomaterialet som ble tatt av blåskjellene i etterkant. Det var viktig at teipen var på for å få riktig fokusområde for kameraopptaket. Et objekt vil vises i forskjellig størrelse når kameraet forandrer avstand fra objektet.

Dette oppsettet så ut til å fungere som et godt grunnlag for å få filmet blåskjellenes filtreringsrate best mulig da man hadde innsyn i hele testenheten fra alle vinkler, og man kunne finne muligheter for hvor man ville tilsette fargestoff og algepasta når den tid kom.



*Figur 2 – Tre testenheter med blåskjell, stativ, nummerering og centimetermål.*

Det andre oppsettet som ble forberedt før forsøkene der lakselus skulle bli tilsatt i en testenhet med blåskjell, var en testenhet som var firkantet og laget av gjennomsiktig plast. Her var det et stativ av gjennomsiktig plast som ble satt inn i midten sammen med et pålimt blåskjell. (Figur 3)





*Figur 3 – Firkantet testenhet av gjennomsiktig glass med blåskjellstativ og blåskjell*

#### 2.1.4 Kamera, bakgrunn, lyssetting

For å kunne analysere aktiviteten i vannet med filtreringen til blåskjellene da det er lakselus i vannet, ble det brukt et speilreflekskamera av typen «Pentax K3 II» med makro-objektiv «Tamron AF SP 90mm 2,8 Macro» og kamerastativ inne på et mørkerom.

Her ble forskjellige innstillinger brukt for å få mest klart bilde ved filming.

Blenderåpningen ble variert for å endre fokusområde i dybden, dette for å bestemme med blenderåpningen hvor tykk sjikt som ble i fokus, med fokusplan parallellt til åpningen av blåskjell. En blenderåpning har sammen med lukkeren oppgave om å regulere hvor mye eller lite lys som slippes inn til filmen. På denne måten kunne man stille inn kameraet videre slik at larver som var langt unna ikke lenger var i fokus mens larver som var vesentlige for oppgaven, kom godt til syne for videre analyse av filmopptakene som ble tatt.

Dersom larver langt foran og bak blåskjell hadde vært i fokus hadde man også sett på larver som ble lite påvirket av innsuget til blåskjellet og det hadde da vært mulig å finne mange larver som kom nær blåskjellet i bildet, mens de egentlig var langt fra innsuget til blåskjellet. Dette hadde vært en feilkilde som ble begrenset ved hjelp av riktig innstilling av blenderåpningen som utgangspunkt.

Samtidig ble passende bakgrunn ble forberedt. Den bakgrunnen som ga mest innsyn i vannet, var svart. Her ble det brukt en plate av svart plast som dekket hele baksiden av testenheten.

Når man skulle finne best mulig fokus i testenheten, måtte man prøve seg frem på forskjellige innstillinger på kameraet og deretter forsøke seg frem ved å teste lyskildene og bakgrunnen rundt testenheten. Det ble brukt to lyskilder fra mikroskop og en vanlig taklampe inne på et rom uten vinduer. (Figur 4)



**Figur 4.** Testing av kamerastativ, kamerafokus, lys i rommet og bakgrunn for filming av blåskjell i testenhet

#### 2.1.5 Algepaste, fargestoff og UV-lykt

Til forsøkene der målinger av aktivitetsnivået til blåskjell og vannstrøm ble målt, ble det brukt en konsentrasjon av 40ml filtrert sjøvann blandet ut med 4ml algepaste som ble tilsatt forsøksenheten med blåskjell.

Det ble brukt fargestoff for å visualisere vannstrøm i testenheten for å kunne beregne innsugshastigheten til vann nær blåskjell. Fargestoffet som ble brukt var av typen Fluorescein Disodium Salt Hydrate ( $C_{20}H_{10}Na_2O_5$ ) blandet ut med  $H_2O$ . Det ble brukt UV-lys for å oppnå best mulig kontrast mellom fargestoff og bakgrunn.

## 2.2 For-forsøk

For å teste ulike metoder og fremgangsmåte for hvordan hovedforsøkene best mulig kunne bli, ble det gjort noen forsøk før dette for å finne riktig utstyr som skulle brukes, hvordan oppsettet skulle være, og hvordan et best mulig ferdig system kunne bli. Dette også for å få et mest mulig klart innsyn når man skulle ta filmopptak av testenhetene.

I disse for-forsøkene var det to aspekt som var viktig. Den første var å finne en klar måte for måling av vannhastigheten nær innsuget til blåskjell, og den andre var å finne en løsning for filmoppsett når både filtreringshastighet ble målt, og senere når lakseluslarvene ble tilsatt i testenhetene for å kunne besvare hypotesene i problemstillingen.

Lyssettinger ble testet i rom med og uten vinduer, lys fra mikroskop ble testet med testenhetene, UV-lykt ble testet sammen med tilførsel av fargestoff i testenhetene, forskjellige bakgrunner ble testet ut for å få klart og tydelig bilde under filming.

Av utstyr som ble brukt i forsøkene, var det blant annet et stativ av gjennomsiktig plastrør der blåskjellene ble limt på ved hjelp av superlim ble brukt for å fiksere blåskjellene under forsøkene. Disse plastrørene ble festet ved hjelp av ståltråd og plassert mest mulig på midten av glass-testenhetene der man hadde tilført filtrert saltvann før plasseringen av blåskjell. Dette oppsettet virket stabilt og velfunksjonerende for videre filming av testenhetene både på grunn av klart innsyn i vannsøylen der blåskjellet var plassert og at det var romslig rundt blåskjellet.

I For-forsøk 1 ble det forsøkt å finne en god metode for å måle vannhastigheten i en testenhet med blåskjell. Her ble 3 testenheter utprøvd. Utstyr som ble brukt var:

1. Algeblanding: 40ml filtrert sjøvann blandet med 4ml algepasta
2. 3 glassbeholdere
3. 3 stativ av plastrør og ståltråd
4. 3 blåskjell som var rensket for rur og andre vekster (Størrelse vist i tabell 1)
5. Pipette
6. 3 liter filtrert sjøvann

Disse tre blåskjellene fikk 30 min til å venne seg til det nye vannet, Skjell 1 og 2 åpnet seg med en gang og tok i tillegg ut beinet etter kort tid. Temperaturen her økte i alle tre enhetene opp til 11,5 grader.

I første omgang ble det tilsatt 0,025 ml med algeblanding i hver testenhet for å se om det er noe som helst aktivitet i testenhetene. Om det var et aktivt blåskjell, kunne man se algeblandingene bevege seg i vannet mot innsuget til blåskjellet. Om det var et lite- eller ikke aktivt blåskjell, sank algeblandingene nedover i forsøksenheten.

En faktor som kan ha påvirket aktivitetsnivået, kan ha vært at det var en del bevegelse i testenhetene da man forsøkte å finne best mulig bakgrunn for filming av testenhetene. Bevegelse kan ha påvirket filtreringen da blåskjellene virker veldig sensitive til all bevegelse rundt dem.

**Tabell 1** - Lengden på de tre blåskjellene som ble testet og vanntemperaturen i hver av testenhetene

	Størrelse	Vanntemperatur
Blåskjell 1	6,6 cm	6,3
Blåskjell 2	4,5 cm	6,8
Blåskjell 3	4,4 cm	6,2

I denne utprøvningsfasen ble det også forsøkt å finne en god målingsmetode for å kartlegge vannstrømmen i testenhetene. Algeblanding ble tilsatt 3 ganger i hver testenhet (0,025ml \* 3 = 0,075ml) og aktivitetsnivået ut fra hva øyet kunne observere, ble delt inn i 3 ulike nivåer der nivå 0 tilsvarte lav aktivitet og nivå 3 tilsvarte høy aktivitet. (Vist i tabell 2)

**Tabell 2** - Forsøk på å beskrive aktiviteten til blåskjell fra nivå 0 til nivå 3

Aktivitetsnivå i vannet	Nivå 0	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3
Blåskjell 1			x	
Blåskjell 1			x	
Blåskjell 1	x			
Blåskjell 2	x			
Blåskjell 2		x		
Blåskjell 2			x	
Blåskjell 3	x			
Blåskjell 3		x		
Blåskjell 3			x	

Disse målingene, utprøvingen av både utstyr og hvordan å få vist det i tabeller før hovedforsøk, var nyttig da man fikk testet ut både hvilket utstyr som var fornuftig å bruke, samt hvor langt tid det ville ta å klargjøre enhetene og kamerainnstillingene før hovedforsøkene.

### 2.2.1 Tellemetodikk

I Hovedforsøk 1 skulle vannhastigheten rundt et blåskjell i 10 forskjellige testenheter med 10 ulike blåskjell bli målt.

For å finne en metode for å måle dette på, ble det brukt fluorescerende fargestoff og UV-lys for å se en klar bevegelse i vannet.

Deretter markerte man et punkt i filmopptaket ved innsugssiden av blåskjell, men et stykke unna selve blåskjellet, hvor man startet å måle avstand på fargestoffet, og telling av sekunder det tok fra dette punktet og frem til den nådde innsuget til blåskjellet. Det ble tatt lengdemål av blåskjellene for å senere kunne regne om fra avstand i video til den reelle lengden, for så å kunne beregne hastighet i mm/s.

Denne tellemetodikken for å måle hastigheten ble gjort for alle 10 testenhetene i hovedforsøk 1.

I hovedforsøk 2 skulle man se nærmere på lakseluslarver. Her ble innsugssiden av blåskjellet delt inn i 3 ulike soner, der sone 3 var nærmest innsuget til blåskjell, og sone 1 var lengst unna innsuget til blåskjell. Disse sonene var på 2 centimeter hver, og startet helt inntil innsuget til blåskjellet, og videre utover.

Tellemetodikken her gikk ut på å telle antall lakselus som havnet i hver av sonene, og hvor mange som gikk fra den ene sonen og innover, eller utover fra blåskjellet.

Både målingene og tellingene i forsøk 1 og 2 var gjort gjennom å analysere filmopptakene som ble tatt i begge forsøkene.

## 2.3 Utførelse av hovedforsøk

Det ble til sammen utført 2 hovedforsøk.

2.3.1 Hovedforsøk 1 der 10 blåskjell i variert størrelse limt fast på stativ ble undersøkt i testenheter med 1 liter filtrert sjøvann for filming og måling av vannhastigheten rundt innsuget til blåskjell.

I forsøk 1 ble 10 blåskjell testet med fargestoff, UV-lys og 16 filmopptak med forskjellig opptakslengde. Filmene ble tatt den 15.10.2019.

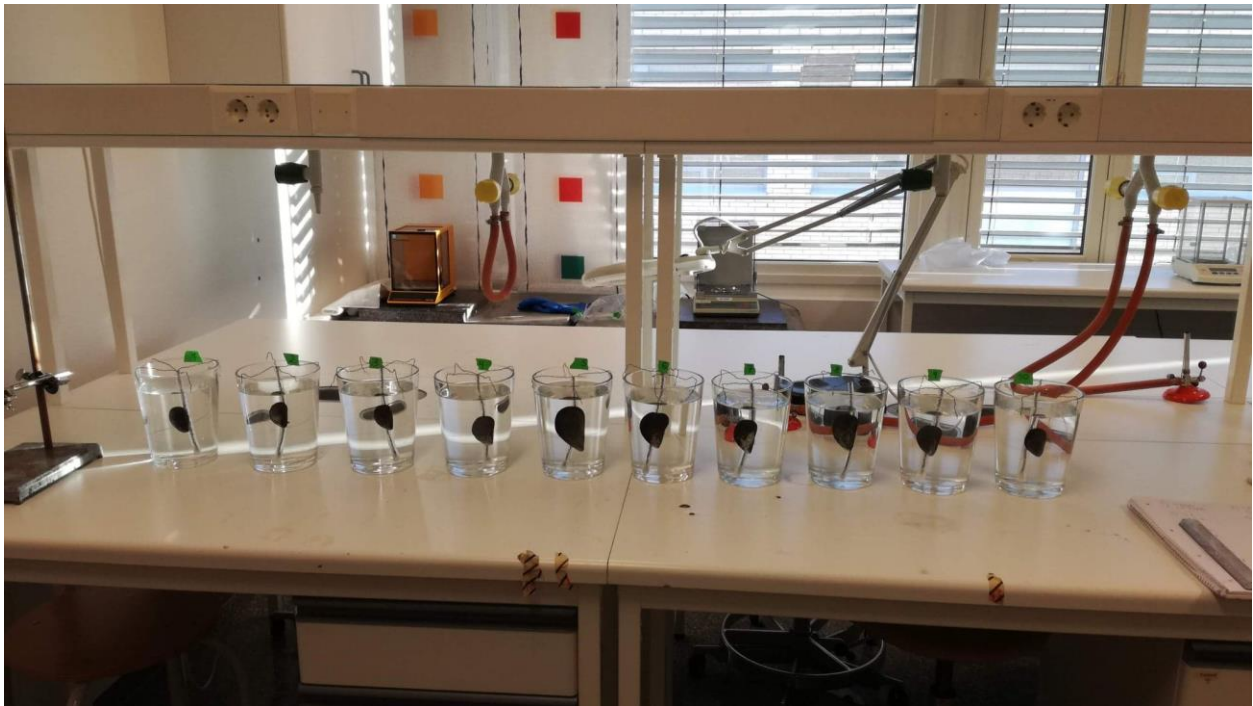
I dette forsøket ble det tilført 1ml algepasta før tilsetning av fargestoff. Samtidig ble det gitt 15 minutter med tilvenningstid for blåskjell nummer 1 før tilsetning av fargestoff til det første skjellet, og deretter til de neste 9 testenheterne.

Det ble gjort flere forberedelser før gjennomføringen av forsøket. 10 blåskjell med ulik lengde og bredde ble valgt ut. Byssustrådene og rurvekst ble rensket og skrapet bort ved hjelp av en skalpell og ferskvann og deretter tørket med papir. Blåskjellene ble rensket for å forhindre at det ble mer rusk i vannet enn nødvendig og gjorde det også klarere å observere vannhastigheten i testenheterne. Det var også viktig å få de rensket så bra som fysisk mulig for forhindre at eventuelle andre marine organismer kom i veien for blåskjellenes filtrering.

Disse blåskjellene ble så limt fast til hvert sitt stativ og satt i testenheterne etter at limet var tørket og blåskjellene satt fast på stativet. (figur 5)



*Figur 5 – Liming av 10 blåskjell på stativ før innsetting i testenhetene.*



*Figur 6 – 10 testenheter med 10 blåskjell, stativ og saltvann.*



Deretter ble rommet gjort så mørkt som mulig, og filmkameraet som skulle ta opptak av fargestofftilsettingen i hver enhet ble gjort klart med riktig fokus og avstand fra testenhetene.

Deretter ble fargestoff tilsatt i en og en testenhet, og filmene ble tatt deretter.

Det ble brukt forskjellig lengde for filmene som ble tatt, da noen av blåskjellene ikke viste tegn til aktivitet i starten. Da gikk man videre til neste testenhet, og startet tilsetting av fargestoff og filming på nytt.

Hastigheten ble målt i millimeter per sekund.

Det ble til sammen tatt 16 filmer av de 10 testenhetene.

### 2.3.2 Hovedforsøk 2

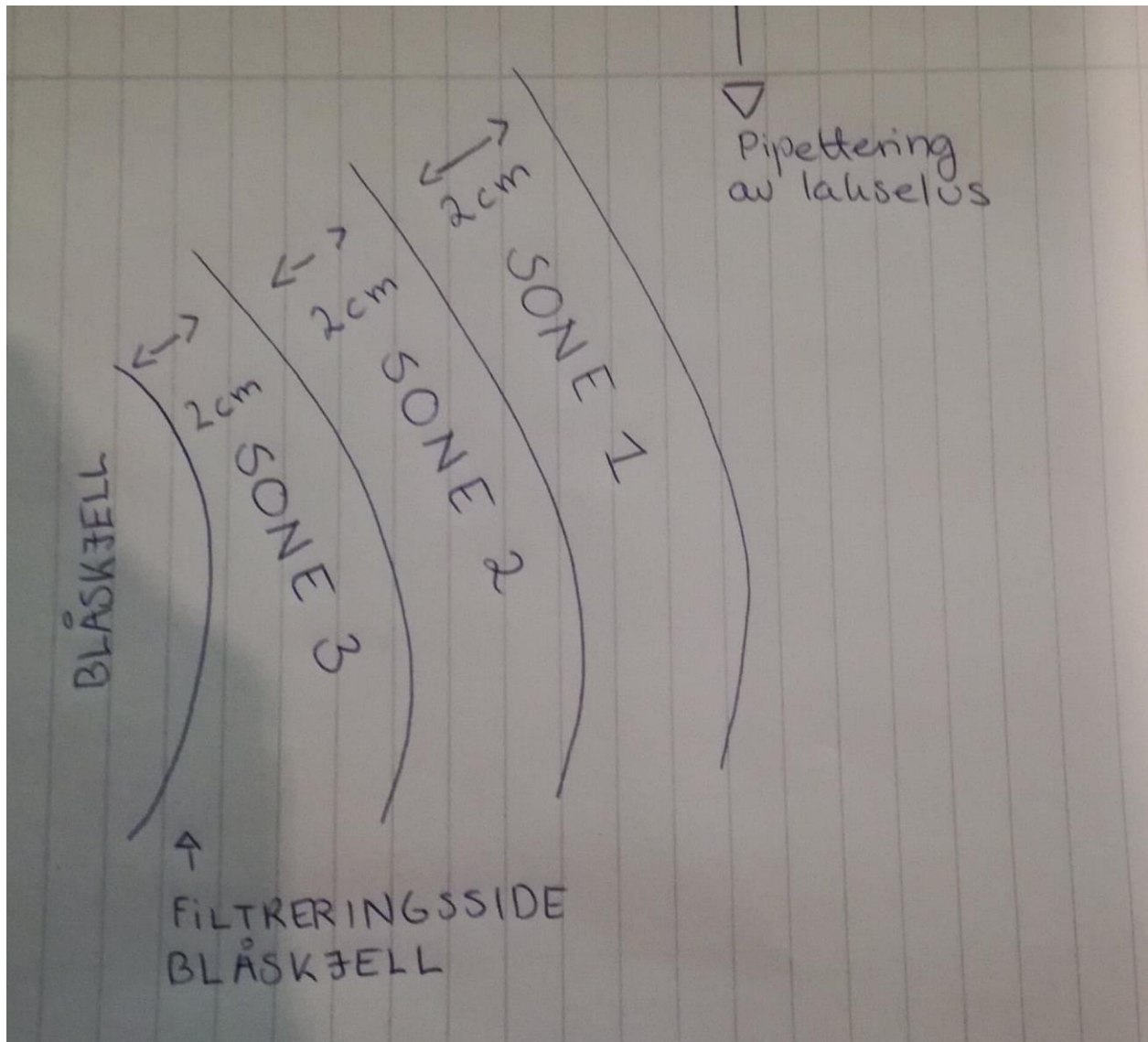
Her skulle lakseluslarver i nauplietadiet bli tilført i en testenhet med et blåskjell i og deretter skulle aktiviteten i vannet bli filmet inne på et mørkt rom med speilreflekskamera for å få mest synlighet av lakseluslarver og vannaktivitet med i filmopptakene.

Lakselusene som ble tilført ble ikke telt på forkant i dette hovedforsøket, men de lakseluslarvene som var innenfor de tre inndelte sonene på innsugssiden av blåskjellet ble telt. Dette vil vises i resultatdelen.

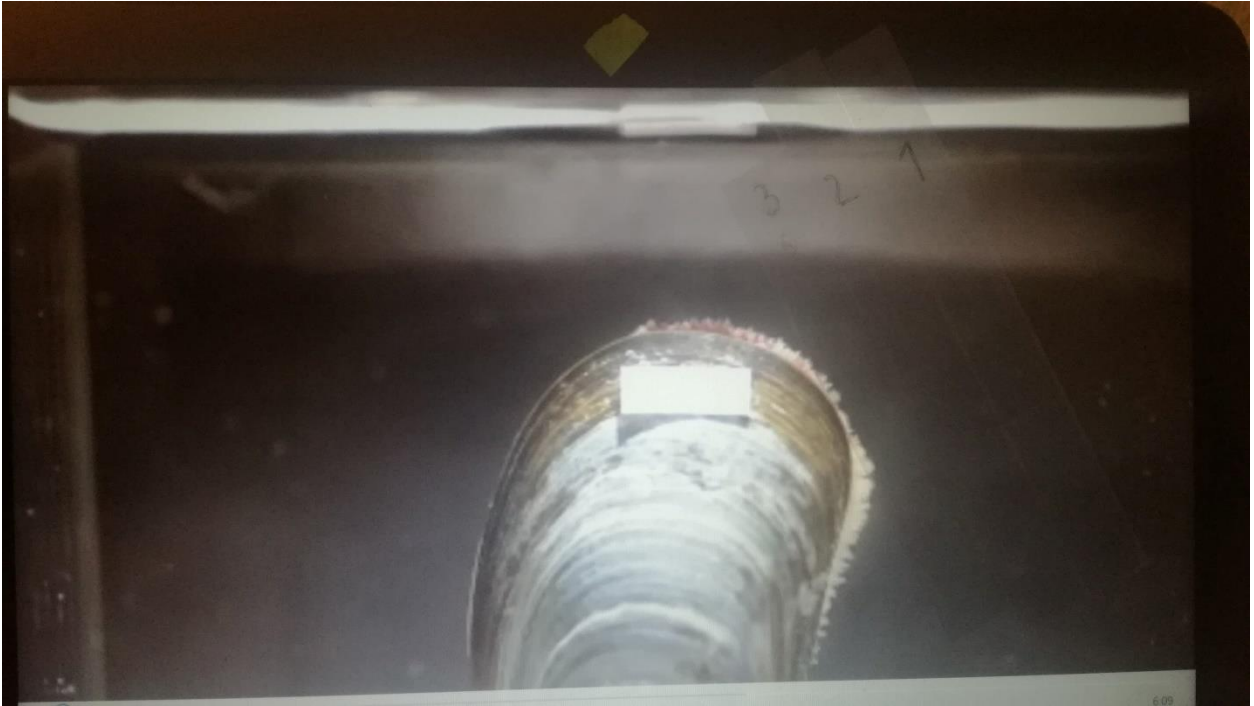
Ved å inndele området rundt innsugssiden på blåskjellet i tre forskjellige soner, kan man få oversikt over antall lakselus som hopper seg innover i sonene mot blåskjellet, og antall lakselus som kommer seg unna. (Vist i figur 7 og i figur 8)

Det er ikke blitt tatt med totalt antall lakselus som er pipettert inn i hele testenheten. Antallet med lakselus som har vært innom sone 1- sone 3 er det eneste som er blitt telt i denne delen av forsøket.





Figur 7 – Skisse av soneinndeling på innsugssiden av blåskjellet som er blitt filmet.



**Figur 8** – *Bilde av soneinndelingen på høyre side av blåskjellet der man ser de tre sonene 3, 2, 1 mens filmen er i gang.*

Totalt i hovedforsøk 2 ble det brukt 3 forskjellige blåskjell i variert størrelse. Det ble tilført 1ml algepasta før lakseluslarvene ble tilført, for å se om blåskjellet var aktivt eller ikke. Det ble antatt at alle disse tre blåskjellene var aktive, da vannstrømmen med algepasta beveget seg i retning mot blåskjellet.

Det ble tatt fire ulike filmer i datoene 23.10, 24.10 og 25.10.

Av de fire filmene som ble tatt, var det 3 filmer med vanntemperatur på 6 grader, og 1 film (tatt den 24.10) med en vanntemperatur på 9,5 grader.

Til begge forsøk ble blåskjell i varierende størrelser brukt. Disse blåskjellene hadde hatt flere dagers opphold i laboratoriet ved en temperatur på 13 grader celsius etter at de var blitt innhentet fra sjøen.

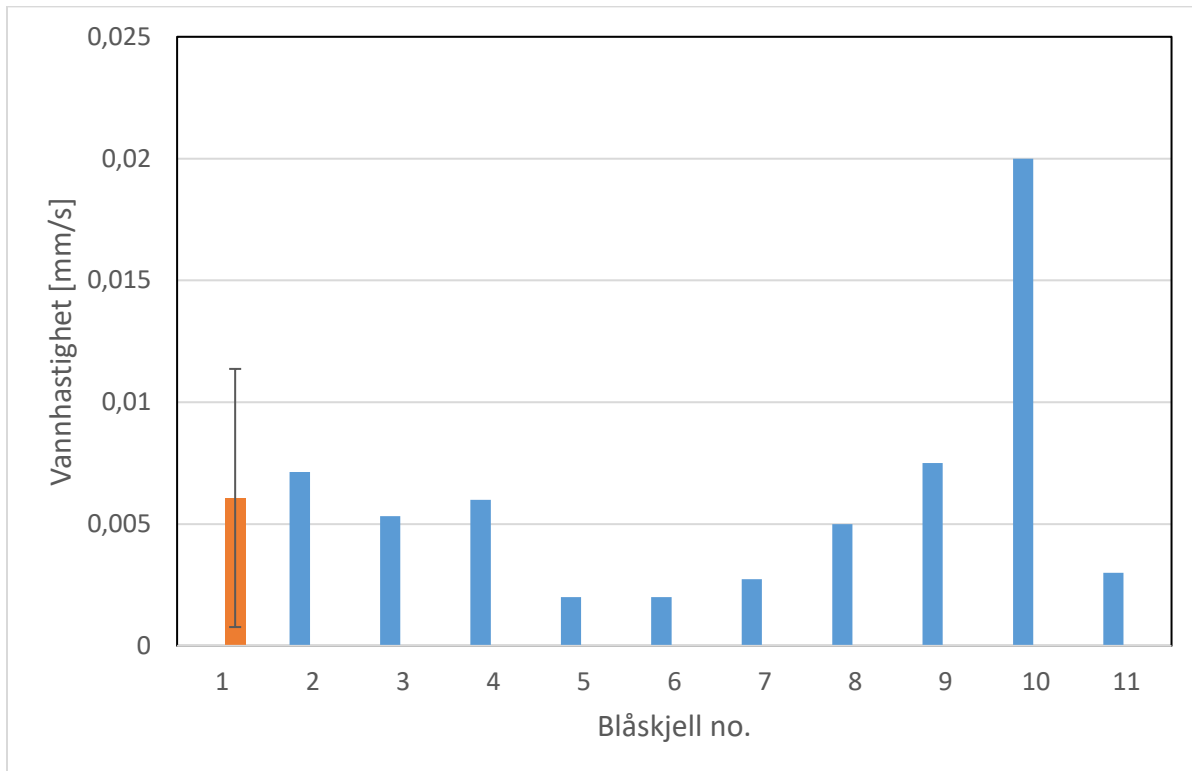
Lakselusen som ble tilført i forsøk 2 var i naupilistadiet.

Filmene varierer fra 2-minutters filmopptak til 22 minutters filmopptak. Lengden på filmene varierer i henhold til aktiviteten som var i testenhetene under filmingen.

### 3. Resultater

#### 3.1 Hovedforsøk 1

Resultatene fra forsøk 1 vises i Tabell 3. Her er det tatt målinger av vannstrømmen til 10 testenheter med 10 ulike blåskjell hvor det er blitt målt bevegelsen til fargestoff og hastigheten til fargestoffet i nærheten av innsuget til de ulike blåskjellene.



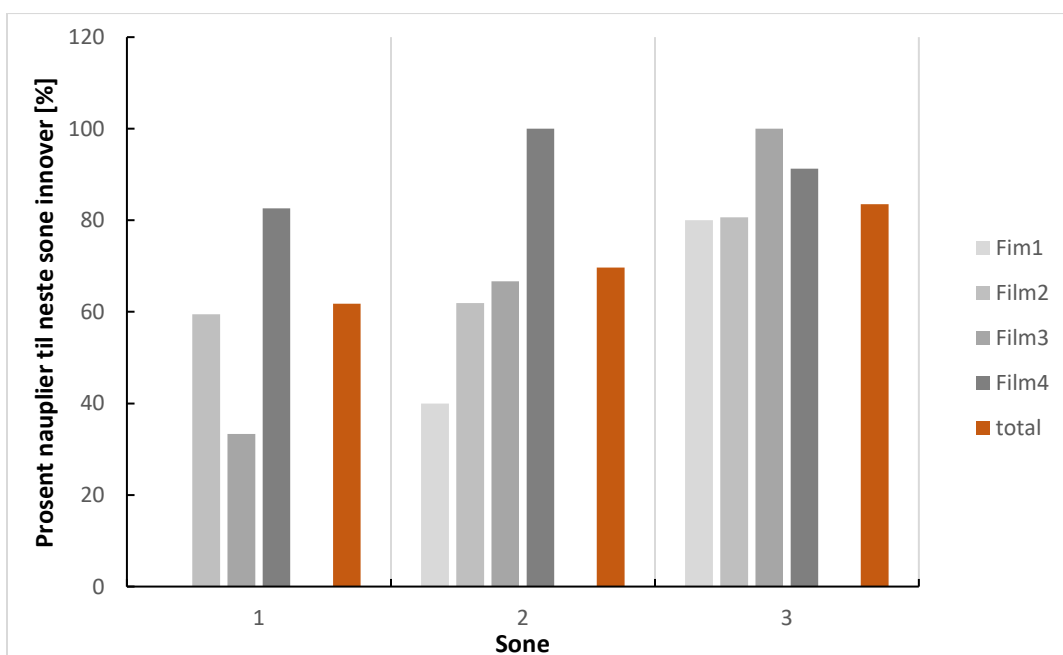
*Tabell 3 – Resultat av hastighetsmålinger i forsøk 1. Tabellen viser vannhastigheten til 10 ulike blåskjell, og standardavvik for hastighetsmålingene av de 10 blåskjellene.*

Hastigheten varierte for hver av testenhetene og man ser synlige resultater for målingene og at metoden for å måle også fungerte for å vise aktiviteten til blåskjellene og kraften til innsuget til blåskjellene i hver av testenhetene.

## 3.2 Hovedforsøk 2

### 3.2.1 Tellemetodikk

I Tabell 3 vises resultatene for de 4 filmene og tellingen av lakseluslarver i hver av de tre sonene. Over 2/3 av nauplier som kommer i innsugsvannet til blåskjellet og havner 2-6 cm fra blåskjell, blir inntatt, mens resten av lusen klarer å bevege seg unna innsuget. Nauplier som kommer innenfor en rate på 2 cm fra innsuget blir med enda større sannsynlighet sugd inn i blåskjellet hvorav kun 20% av disse naupliene i sone 3 klarte å komme unna innsuget.



*Tabell 4 – Resultat tellemetodikk. Denne tabellen viser resultatet over tellemetodikken til lakseluslarvene i fire forskjellige filmopptak i tre ulike soner på innsugssiden av blåskjell.*

#### **Film 1 – lengde 8.18 min**

Av totalt 5 lakselus som havnet i sone 1 etter å ha blitt pipettert i vannet, ble disse ikke dratt innover mot de sonene som var nærmere blåskjellet. De hoppet seg unna enten oppover, eller sank nedover uten særlig bevegelse. 0 av totalt 5 lakselus ble dratt innover mot innsuget til blåskjellet.

Av lakselus som kom seg til sone 2 både fra under –og ovenfra, var det totalt 2 lakselus ut av 5 lakselus som ble dratt innover mot sone 3.

I sonen som var nærmest blåskjellet, klarte blåskjellet å suge inn 8 lakselus ut av 10 lakselus totalt som hadde havnet i sone 3.

Resultat fra film 1 tilsier da at det var 10 naupilier ut av 20 som ble inntatt i blåskjellet.

#### **Film 2 – lengde 22.45 min**

Sone 1: 15 ut, 22 innover mot sone 2, totalt 37 lakselus

Sone 2: 12 ut, 26 inn, totalt 38

Sone 3: 12 ut, 50 inn, totalt 62 lakselus

Totalt: 98 lakselus ut av 137 lakselus dratt innover mot blåskjellet

#### **Film 3 – lengde 2.42**

Sone 1: 2 ut, 1 inn

Sone 2: 1 ut, 2 inn

Sone 3: 2 inn

Totalt: 5 lakselus inn av totalt 8 lakselus.

#### **Film 4 – lengde 6.09**

Sone 1: 4 ut, 19 inn

Sone 2: 16 inn

Sone 3: 2 ut, 21 inn

Totalt: 56 inn av totalt 62 lakselus.

Som filmanalysene her viser, så var det mange lakselus som ble trukket innover mot de sonene som var nærmere blåskjellet enn som hoppet ut fra sone 1. Det var også ofte i filmene mulig å se at naupiliene ikke var innom sone 1, men at de kom fra enten ovenifra eller underifra og havnet i sone 2 eller sone 3. I alle filmene så var bevegelsen av naupiliene mot innsuget til blåskjellet større jo nærmere blåskjellet de kom. Av alle de tre sonene, så var det størst innsug av naupilier i sone 3 – sonen som var nærmest innsuget til blåskjellet.

Adferden til lakseluslarvene i disse filmene hadde i tillegg noen særtrekk som er interessant å få med i tillegg til tellingen.

I mange tilfeller hoppet naupiliene to til tre ganger før de til slutt ble med i innsuget til blåskjellet. Mange av naupiliene som hadde kommet seg til sone 3, startet å bevege seg i retning bort fra innsuget da det virket som de kjente at en fare var i ferd med å inntreffe. Denne

antagelsen er tatt ut ifra alle filmene og helheten av analysene på filmopptakene. Det var både aktive og mindre aktive naupilier i alle filmene, og noen strittet ikke imot eller forsøkte å hoppe seg bort fra innsuget til blåskjell, mens andre var mer aktive og hoppet mer.

## 4. Diskusjon

### 4.1 Forsøksmetodikk

Det ble gjort to hovedforsøk.

I hovedforsøk 1 ble det gjort undersøkelser for å finne en fremgangsmåte for å måle hastigheten til vannstrøm i test-enheter med blåskjell. Dette ble filmet og filmene ble i etterkant analysert.

I hovedforsøk 2 var det fokus på analysering av filmopptak der man har film av test-enheter med blåskjell og lakseluslarver. Her skulle lakselusene bli analysert i forhold til blåskjellet, og i tillegg ble det gjort forsøk på å telle antall lakselus som ble med i innsuget til blåskjellet.

Når over 80% av naupliene i den innerste sonen som var mellom 0 til 2 cm fra innsuget til blåskjellet ble tatt med i innsuget, så kan man da anta at blåskjell kan filtrere vann veldig effektivt i nærheten av innsuget. Selv med en avstand som var større enn blåskjellets egen bredde, ble rundt 1/3-del av naupliene sugd innover til blåskjellet, noe som betyr at blåskjell kan lage betydelige mengder vannstrøm med opptil 6 cm eller enda større avstand fra selve innsuget. Dette ble også vist med en vannhastighet der den høyeste hastigheten som ble målt, var 20mm per sekund. I sjøen har vi gjerne tidevannsbevegelse og vannstrømmer som kan være alt fra noen få cm/s til flere cm/s alt etter om det er i fjordmunninger, åpent farvann eller nær land. (7)

Blåskjell klarer altså å lage en betydelig strøm i forhold til vanlig strømhastighet i solen, noe som vil ha stor betydning for bruken av blåskjell som potensielle filter av lakselus i sjøen.

I begge forsøkene så kan det være flere miljøfaktorer som har virket inn.

Når det kommer til aktivitetsnivået til blåskjellene, og hvilke miljø de filtrerer mest i, så kan omrøring i vannet (eller mangel på omrøring), vann-temperatur, lysforhold, laboratorieopphold for blåskjell etter at de er blitt innhentet før forsøket, eller hvor de er hentet inn fra og mengde

med næring de har fått under laboratorieopphold som kan ha hatt forskjellig innvirkning i adferden til blåskjellene.

Under forsøkene ble det ikke brukt luftbobling eller omrøring i testenhetene. Dette for å få bedre innsyn i selve testenhetene både i forsøk 1 og i forsøk 2 slik at man reduserte mulige bevegelsesfaktorer mest mulig.

Når det kommer til vannbevegelse i begge forsøkene, så var det en faktor som spilte en særlig stor rolle. Når man skulle tilsette enten fargestoff (forsøk 1) eller lakseluslarver (forsøk 2), så gjorde man dette ved å bruke pipette. Pipetten er vanskelig å kontrollere 100% slik at man ikke påvirker vannet man tilsetter det i. Med dette sagt, så ble injisering av både fargestoff og naupilier gjort veldig forsiktig slik at den faktiske påvirkningen antas å være av liten betydning. Dette var å se i forsøk 1, der man kunne estimere effekten av innsprøytingen og det ble sikret at det ikke ble laget strøm i retningen som var mot innsugssiden til blåskjellet. Etter tilsetting av fargestoff var det en liten vertikalbevegelse av vann, men vannhastigheten som ble målt var i horisontal retning. Det var lite påvirkning på resultatene av effekter som var begrunnet i forsøksoppsett og gjennomføring.

En annen miljøfaktor kan ha vært mengden med fargestoff og lakselus som ble tilsatt i enhetene med blåskjell. Blåskjell er vant med å filtrere planteplankton, dyreplankton, bakterier, andre mikroorganismer og dødt organisk materiale. Det er ukjent om fargestoffet som ble brukt (Fluorescein Disodium Salt Hydrate) kan ha hatt innvirkning på blåskjellets adferd og om åpningsgrad og filtreringsevne ble påvirket av denne faktoren.

Når det kommer til analysering av filmene og målinger av både vannhastigheten og tellinger av lakseluslarver i de forskjellige sonene, så kan nøyaktigheten og lengdemålene ha vært mulige feilkilder da blant annet lengdemål i film ikke tilsvarte det reelle lengdemålet.

Testenhetene som ble brukt i filmene hadde en diameter på 13cm, blåskjellene som var plassert i midten av disse var på cirka 4cm i bredden, og det antas at de målingene som ble gjort via film tilsvarte cirka dobbelt så stor avstand fra hva det egentlig var. Det vil si at 6 cm i analysering av film tilsvarte 3cm i den virkelige verden.

I tillegg var testenhetene runde glassbeholdere med forholdsvis tykt glass. Dette gjorde at testenhetene hadde en slags krumming når man forandret vinkel, men man fikk med seg vannhastigheten og kunne måle denne i filmopptakene.

Det var også viktig å få riktige lysforhold under filmingen i forsøkene, samt fokusinnstillingene og blenderåpningen for å få størst klarhet i filmopptakene. For å sikre god datakvalitet, ble noen av filmene derfor forkastet da det ble noe vanskelig å analysere filmene som hadde for mye eller lite lys.

Under forsøk 1 var en av faktorene å holde UV-lykten slik at den traff fargestoffet som ble tilsatt i vannet, dette gjorde det klarere å se bevegelsen i vannet i filmopptakene. Her var det plasseringen og retningen på lyset som ble forsøkt å få til, og det ble sikret at lyset traff fargestoffet for å få et best mulig filmopptak og utføre en god analyse. Resultatene er derfor av brukbart materiale der man får målt en hastighet i testenhetene. Det hadde vært styrkende å ha flere testenheter hvor vannhastigheten ble målt, og for å sikre et mer nøyaktig resultat av målingene.

#### 4.1.1 Tellemetodikk/ Filmanalyse

##### Forsøk 1 (metode for måling av vannstrøm)

Når det skulle måles vannstrøm i dette forsøket, ble det totalt tatt 16 filmer av 10 forskjellige blåskjell. Disse filmene var med forskjellig avstand til blåskjellet, og med forandringer i både lyssetting og lengde på filmopptaket.

Denne utfordringen ble løst med å dele inn dataskjermen der filmopptakene ble vist fra, forsøkt å deles inn med forskjellige markeringer for å klare å få målt en hastighet på vannstrømmen som representerte den reelle hastigheten.

Metoden som ble brukt, var å måle bevegelsen til fargestoffet fra et punkt til et annet punkt på innsugssiden av blåskjellet ved å måle lengden i millimeter og telle antall sekunder fra det ene punktet til det andre. Dette virket til å gi et grovt anslag på vannaktiviteten i enhetene, og ble derfor tatt i bruk som beste mulige metode i forhold til hva man hadde av både utstyr og hva som ble tatt med i filmopptakene. Når dette er sagt, var det ikke alltid at det var nøyaktige målinger av fargestoffet, da hastigheten fra pipette-tilførselen også var uforutsigbar. Man kunne også ha ventet lenger etter at fargestoffet var blitt tilført i testenheten, for å ha minst mulig bevegelse fra pipettetilførselen med i hastighetsmålingene. Dette ble vanskelig å få til, da fargestoffet ofte



beveget seg forbi innsugssiden til blåskjellet, og da kunne man ikke lenger måle vannhastigheten for å kartlegge strømmen rundt innsugssiden. Dette har derimot ikke et stort innslag for resultatene i denne oppgaven, da man fikk målt en hastighet før fargestoffet beveget seg forbi innsugssiden til blåskjellet på de fleste testenhetene som det ble gjort filmopptak av.

#### Forsøk 2 (filmanalyse av lakselus og blåskjell)

Her ble filmopptakene av blåskjell og lakselus analysert. Metoden som ble brukt for å telle antall lakselus i forhold til det blåskjellet som var plassert i testenheten, var å dele innsugssiden av blåskjellet inn i tre ulike soner hvor hver sone var 2 centimeter i bredden, og dekket størstedelen av innsugssiden i lengden. Man telte da antall lakselus i hver sone, og hvor stort antall av disse lusene beveget seg bort fra innsuget til blåskjell og hvor stort antall av lusene som beveget seg innover mot innsuget til sonene som var nærmere blåskjellet.

Denne tellemetodikken viste tydelig antallet som både hoppet ifra, og som beveget seg innover.

I noen av filmopptakene var tilførselen av lakseluslarver litt for høy til at man klarte å få med seg alle lakseluslarvene i det totale resultatet. Dette kunne ha blitt gjort bedre ved å senke hastigheten på filmopptaket og ha en mer systematisk telling av lus i hver av sonene. Man kunne spolt tilbake i filmopptakene og telt noen lus, gå tilbake igjen og telle flere lus, og så igjen gå tilbake og telle de som eventuelt falt ut i de første tellingene.

Det var også noen ganger ikke mulig å se om lakselusene ble med i innsuget til blåskjellene, eller om de havnet på baksiden av blåskjellet, noe man ikke hadde i fokus under filmingen.

Dette er mulige feilkilder som kan ha vært til stede under tellingen men som har liten betydning for den totale helheten i resultatene. Dette på grunn av antall telte nauplier hvor den største delen av individene er blitt tatt med i tellingene, er også med i resultatet som da gir et solid grunnlag og lite feil.

## 4.2 Resultat

### Forsøk 1

Resultatene i forsøk 1 viser til at det er bevegelse i vannet i en testenhet med et blåskjell i. Resultatene ble målt ved å kartlegge hastigheten gjennom beregning av tid og avstand fra et punkt til et annet punkt ved innsugssiden av et blåskjell. Her ble det tatt filmopptak og det ble gjort beregninger heretter.

Resultatene viser en oversikt og gjennomsnittlig hastighet av 10 ulike blåskjell i ulike størrelser. Det hadde vært en fordel å ha tatt med flere blåskjell og flere filmer av vannhastigheten, men i dette forsøket ble hovedmålet oppnådd, og dette var da å finne en metode som kartla vannstrømhastigheten i nærheten av blåskjell for å kunne se om skjellet var aktivt eller ei. Til tross for at avstanden i filmopptakene ikke overensstemmer med den virkelige avstanden, så spiller dette ikke en stor rolle for resultatene da man har fått tallfestet at det finnes en viss hastighet.

### Forsøk 2

Med dette tatt i betraktning, vet vi også at strømmen til blåskjell er sterkere jo nærmere blåskjellet man kommer. I forsøk 2 ble det derfor viktig å se på sannsynligheten til om nauplier blir sugd inn mot blåskjell med en varierende avstand fra innsuget til blåskjell når de allerede blir dratt inn i den vannstrømmen som blåskjellene lager. Det kan derfor være at størrelsen og avstanden på de innvalgte sonene i forsøk 2 bli annerledes når filtreringsraten og dermed vannstrømmen endres mellom blåskjellene, men uavhengig av hvilket blåskjell det er, så er det med sikkerhet mulig å si at innsugskraften uansett vil være sterkere jo nærmere blåskjellet man kommer. Dette er naturlig, da «motoren» som lager vannstrømmen til blåskjellet er i selve blåskjellet.

Antar man at filtreringen til blåskjell i forsøk 1 og 2 var i omtrent samme størrelsesorden, så vises det en trend der en stor del av nauplier blir trukket mot innsuget i alle tre soner der ytterste sonen er 6cm unna innsuget. Over to tredjedeler av nauplier som kommer i innsugsvannet og havner 2-6 cm fra blåskjellet blir sugd inn mens rundt 1/3 beveget seg i en annen retning av innsuget og klarte dermed å ikke bli dratt inn.

Nauplier som kommer nærmere enn 2 cm fra innsuget til blåskjell ble sugd inn med enda høyere sannsynlighet, og kun 20% av disse naupliene klarte å hoppe unna innsuget.

Det betyr at de fleste nauplier som kommer i flere cm avstand fra blåskjellet ved innsugsside ble tatt opp i blåskjell, og sannsynligvis gjort uskadelig for fisk. Dersom dette funnet også er representativt for situasjonen i sjøen, vil det området som blåskjell kan rense for nauplier være mye større enn kun selve blåskjellet, men det kan i tillegg være området rundt innsuget til blåskjellet også. Siden selve blåskjellet vil ta plass i vannet, vil et blåskjell som i de gjeldende forsøkene kunne rense et område som kan være dobbelt så stort som selve blåskjellet. Da med selve blåskjellet og i tillegg 6 cm på innsugssiden av hvert blåskjell som eventuelt er plassert ved oppdrettsanlegg.

Det kan antas at også noen nauplier i større avstand enn sone 1 (6 cm fra skjellet) ble sugd nærmere til blåskjell, og et enda større område kunne da blitt rensset for nauplier.

Dette kan ha stor betydning for skissering av blåskjellanlegg for å rense vannet rundt oppdrettsanlegg, og derav føre til betydelige resultater innen rensing av nauplier rundt oppdrettsanlegg for atlantisk laks.

#### 4.2.1 Menneskelige feil

En faktor som også virker inn i resultatene, er menneskelige feil som ble gjort under forsøkene. Blåskjellene ble muligens ikke rensset godt nok før forsøkene, og det var noen ganger rester av rur eller byssusvekster igjen på dem som gjorde vannet under forsøkene mer uklart. Det antas at feil grunnet rensing ikke er av betydning i og med at dette ble grundig utført og uten å ha synlig påvirkning til testenhetene.

Under forsøkene var det også fort gjort å komme bort i bordet som testenhetene var plassert på, og førte dermed til at blåskjellene minsket på åpningsgraden eller lukket seg helt. Dette ble rettet opp i ved å vente til blåskjellene åpnet seg igjen slik at filmingen kunne fortsette.

Når man skulle plassere pipetten i nærheten av vannkanten, var faktorer som bevegelse i hånden eller for mye kraft i pipettetilførselen som kunne virke inn på vannstrømmen i enhetene til tross for å ha utført innsprøytingen på en forsiktig måte.

Under forsøkene så ble alt dobbeltsjekket og gjort nøye for å unngå feil og for å få klare filmopptak.

Det antas at menneskelige feil er av liten betydning for måleresultatene i de forsøkene som er blitt gjort da disse eventuelle feilene som oppstod ble rettet opp i ved justering av filmoppsett, testenheter og ventetid til blåskjellet var åpent igjen underveis i forsøksprosessene.

#### 4.2.2 Vannstrømhastighet

Blåskjell kan filtrere vann på forskjellige rater, og når man skal estimere potensialet for blåskjell i sjøen må man ta høyde for at det kan være varierende filtreringsrate mellom blåskjell og miljøforholdene rundt. Det som her vil ha betydning, er alder, størrelse og kondisjon til blåskjell. (6)

Blåskjell har en høy toleranse for ekstreme miljøforhold rundt om i hele verden, og virker til å være vant med forskjellige slags lysforhold, temperatur, næringstilgang, saltholdighet, tørrlegging og vannbevegelse rundt dem. Det er også biologiske faktorer slik som predasjon og konkurranse som kan ha en innvirkning i hvor den trives. Med dette tatt i betraktning, kan man anta at blåskjell vil filtrere i de fleste miljøer som er aktuelle for marine fiskeoppdrett i Norge og i andre deler av verden som er egnet til lakseoppdrett i sjø. (19)

#### 4.3 Forslag til videre forskning

Filtreringsraten til blåskjell er interessant å se videre på. Det er stor forskjell på filtreringsprosessen hos ulike individer da et blåskjell på 5 cm kan filtrere mellom 1 til 10 liter vann i timen. (6) Dette er en tidobling av mengde vann som blir filtrert. Derfor kan man videre undersøke hvordan kan man få økt kapasiteten på filtreringen hos blåskjell til det maksimale, slik at lakselusen da har større sannsynlighet til å bli med i filtreringsprosessen.

Her kan man se om miljøfaktorer slik som saltholdighet, vannbevegelse, næringstilgang, temperatur og tørrlegging i lengden kan ha stor betydning for aktivitetsnivået.

Alder, størrelse, tetthet og predasjon i naturlige omgivelser hadde også vært interessant å se videre på, og hvordan dette påvirker blåskjellenes aktivitetsnivå og filtreringsmengde.

Generelt når det kommer til aktivitetsnivå og filtreringsmengde, så hadde det vært aller mest interessant å finne det ultimate stadiet for når blåskjell filtrerer på sitt mest maksimale og i hvilke forhold det hadde vært i. Det hadde vært en mulighet å forsøke å få dette til ved å ikke forske på

filtreringsmengden på laboratorier, men heller å forsøke å få resultater ved å komme seg i nærheten av blåskjellenes naturlige habitat i havet gjennom dykking. Dette kan være vanskeligere å utføre, da man må finne nye metoder for hvordan å undersøke filtreringsmengden i store vannmasser og under vann, men om man får til en god metode her, kan resultatene gi gode indikasjoner på hvordan blåskjellenes filtreringsrate er.

I denne oppgaven var det et planlagt forsøk som ikke ble fullført grunnet mangel på tid. Dette forsøket gikk under punktet der man skulle finne metode for måling av filtreringsmengde og hastighet av et blåskjell.

Dette skulle bli undersøkt gjennom å måle algekonsentrasjonen i en vannmengde med et blåskjell i, og telle algekonsentrasjonen ved å bruke et tellekammer og mikroskop. Målingene skulle bli tatt før og etter en viss mengde med tid der blåskjell får muligheten til å filtrere vannet som den er plassert i. Dette også er en mulighet innen videre forskning på denne problemstillingen.

Fra filtreringsrate til lakselus, så hadde det i denne sammenheng vært spennende å se mer på adferden til lakselus i forskjellige stadier. I oppgaven er det tatt med en liten del om adferden til naupili-larver, men i videre forskning hadde det vært en mulighet å se på copepoditt-stadiet og adferden rundt et blåskjell på lik linje med det som er beskrevet i oppgaven.

For også å finne ut av om blåskjell klarer å ha en effekt for reduksjon av lakseluslarver rundt oppdrettsanlegg, hadde det vært en mulighet å forske videre på dette rundt et faktisk oppdrettsanlegg der tilførselen av lakseluslarver er uforutsigbar og hvor blåskjellene er i mer naturlig habitat enn når de blir forsket på i laboratorier.

Da metoden for å undersøke adferd og innsug av lakselus i naupilistadiet nå er fastsatt, så ville det i videre forskning også vært vesentlig å få med lignende undersøkelser av lakselus i copepodittstadiet. Dette for å kunne sammenligne blåskjelllets innsugskraft med lakselus i både naupili og copepoditt-stadiet og dermed se om det finnes fellestrekk i forskningen.

Det som også står igjen da, er å finne ut mer om hva som påvirker effektiviteten til blåskjell for å ta opp nauplier og da å teste resultatene herfra opp mot resultater fra lik situasjon i sjøen.

#### 4.4 Blåskjell og Lakseoppdrett

Denne oppgaven vil belyse en problemstilling som kan hjelpe med å bringe frem andre muligheter til å bekjempe tilslaget av lakselus i og rundt et lakseoppdrett enn de som allerede finnes.

I tillegg til dette, er det interessant å se om det finnes effektive metoder for reduksjon av antall lakselus gjennom naturlige metoder for å redusere utslipp av hydrogenperoksid, teflubenzuron, emamektin, diflubenzuron, deltametrin, cypermetrin og azametifos som alle idag brukes for å redusere lakselus i å sette seg fast på laksen. (9) Dette er midler som har svært negativ innvirkning på økosystemet i norske farvann, og da spesielt rundt oppdrettsanlegg hvor disse blir flittig brukt. Bruken av mekaniske avlusningsmetoder som Optilicer og Thermolicer er også av negativ innvirkning, og da mer rettet mot selve helsetilstanden til laks. Disse kan påføre skader til laksen, de kan miste deler av slimsjiktet, det kan stresse dem og føre til høy dødelighet rundt avlusningsprosessen.

Av biologiske avlusningsmetoder, så er rensefisk flittig brukt som reduserende faktor av lakselus i oppdrettsanlegg. Rensefisk har dårlig velferd i oppdrettsanlegg, og det finnes allerede flere prosjekter for å evaluere og forbedre velferden til rensefisk i oppdrettsanlegg. Rensefisk er i tillegg ikke tillatt å brukes etter endt produksjon – da laksen blir sendt til slakteri. Dette for å minske sykdomsrisiko i neste utsett av oppdrettslaks da det er en viss sannsynlighet for at rensefisken bærer sykdom. Dermed dør all rensefisk etter at den er ferdig med én lakseproduksjon.

Forskningen i denne oppgaven vil derfor bidra til å finne løsninger på disse problemområdene, da ved å se nærmere på hvor effektive blåskjell kan være med sin filtreringskraft, og om det har en innvirkning i reduksjon av antall lakselus rundt oppdrettsanlegg.

Mulig bruk av filtrerende organismer slik som blåskjell rundt lakseoppdrett er derfor en interessant og mulig ny løsning for å redusere lakselusproblematikken vi har per i dag.

Blåskjell kan muligens bidra til reduksjon av lakselus i sjøen, noe som kan hjelpe med å redusere innsatsen til de andre metodene som blir brukt per i dag. Dette er noe som kan være bra for fiskens helse og velferd, da både oppdrettsfisk og villfisk, via reduksjon av larver som kan sette seg fast i fisken. Via reduksjon av avlusningsmetoder som gir dårlig velferd i oppdrettslaks/-ørret

og renseskjell og i tillegg er skadelig for miljøet rundt anleggene gjennom reduksjon av bruken i avlusningsmidler.

#### 4.5 Konklusjon

Gjennom å undersøke blåskjellenes filtreringskraft og måten nauplier oppfører seg i nærheten av blåskjell, er det klare trekk på at det finnes en sammenheng mellom innsugingskraften til blåskjellene og hvorvidt naupiliene blir påvirket av det. Resultatene viser at det både finnes målbar aktivitet av vannstrøm rundt blåskjell, og at ulike blåskjell fungerer som filterere av nauplie-larver. Det kan også konkluderes at jo nærmere blåskjellet lakselusen kommer, jo større sannsynlighet er det for at lakselusen blir dratt inn i blåskjellet.

Dette viser til at blåskjell har en effekt i samspill med nauplier, der effekten er at naupliene blir filtrert av blåskjell. Videre også om dette kan brukes i undersøkelser om reduksjon av lakseluslarver rundt oppdrettsanlegg.

1. Bjerkestrand B. Akvakultur: Havbruk i Norge. 2. utg. ed. Bolstad T, Hansen S-J, editors. Drammen: Vett & viten; 2013. Lastet ned: 07.12.2018, Tilgjengelig via: <https://vettviten.no/nettressurser/akvakultur/component/k2/item/57-akvakultur-i-norge>
2. Havforskningsinstituttet. Generell biologi Webområde for havforskningsinstituttet: Havforskningsinstituttet; 2018 (Publisert: 07.04.2009 - Oppdatert: 18.01.2017) Tilgjengelig via: <http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/90682/nb-no>
3. Lusedata av Sjømat Norge. Om Lakselus. Webområde for lusedata; nedlastet 07.12.2018, tilgjengelig på: <http://lusedata.no/om-lakselus/>
4. Fisken og havet; Fiskeridirektoratets havforskningsinstitutt, Serie B; 1974 Nr. 3, Cited 07.12.2018, tilgjengelig på: [https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/114148/fhb\\_1974\\_03.pdf?sequence=1](https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/114148/fhb_1974_03.pdf?sequence=1)
5. Strand Ø., Strohmeier T, Troedsson C., Balseiro P.; Kyst – Havforskningsrapporten; UNI Research; 2. biologisk institutt UiB, Ny metode avslører blåskjelldietten, cited 07.12.2018, tilgjengelig på: [https://www.hi.no/filarkiv/2014/03/ny\\_metode\\_avslorer\\_blaskjelldietten.pdf/nb-no](https://www.hi.no/filarkiv/2014/03/ny_metode_avslorer_blaskjelldietten.pdf/nb-no)
6. Castberg T., Dahl E., Gustad E., Naustvoll L J., Kap. 6, side 157; Kyst og havbruk 2005; Skalldyr og havbeite – Giftige alger: analyse for høsting av blåskjell; Cited 07.12.2018, tilgjengelig på: [https://www.imr.no/filarkiv/2006/03/6.1.2\\_Giftige\\_alger\\_Analyse\\_for\\_hosting\\_av\\_blaas\\_kjell.pdf/nb-no](https://www.imr.no/filarkiv/2006/03/6.1.2_Giftige_alger_Analyse_for_hosting_av_blaas_kjell.pdf/nb-no)
7. Kartverket; Vannstand og havnivå; Sterke tidevannsstrømmer, Oppdatert 30.11.2018, sitert 07.12.2018, tilgjengelig på: <https://www.kartverket.no/Kunnskap/vannstand-og-havniva/Sterke-tidevannsstrommer/>
8. Veterinærinstituttet, Redaktør Elin Reitehaug; Lakselus, Webområde for Veterinærinstituttet, sitert 07.12.2018, tilgjengelig på: <https://www.vetinst.no/sykdom-og-agens/lakselus>
9. Wesenberg G. R., Statens Legemiddelkontroll, SLK publikasjon 2000:02; Juni 2000, (Cited 07.12.2018); Terapianbefaling; Behandling mot lakselus i oppdrettsanlegg, tilgjengelig på: <https://legemiddelverket.no/Documents/Veterin%C3%A6rmedisin/Terapianbefalinger/Behandling%20mot%20lakselus%20i%20oppdrettsanlegg.pdf>
10. Bouchard D. A., Bricknell I., Malloy S., Pietrak M., Ingestion of *Lepeophtheirus salmonis* by the blue mussel *Mytilus edulis*; Published 11.23.2010; Cited 07.12.2018; tilgjengelig på: [https://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=ar\\_i\\_articles](https://digitalcommons.library.umaine.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=ar_i_articles)
11. Bartsch A, Robinson SMC, Liutkus M, Ang KP, Webb J, Pearce CM. Filtration of sea louse, *Lepeophtheirus salmonis*, copepodids by the blue mussel, *Mytilus Edulis*, and the atlantic sea scallop, *Placopecten magellanicus*, under different flow, light and copepodid-density regimes. *Journal of Fish Diseases*: 2013;36(3):361-70
12. Gansel L. Biological control of salmon lice through filtrating organisms (LiceFilter). Prosjektrapport. NTNU; 2017



13. Webb JL, Vandenbor J, Pirie B, Robinson SMC, Cross SF, Jones SRM, et al. Effects of temperature, diet, and bivalve size on the ingestion of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) larvae by various filter-feeding shellfish. *Aquaculture*. 2013;406-407:9-17.
14. Storholt M., Ramsvik Tysse K., Inntak av Lakseluslarver hos blåskjell, publisert mai 2018, sitert 07.12.2018
15. Fiskeridirektoratet; Statistikk for akvakultur 2017-foreløpige tall; sitert 07.12.2018; Utgivelsesår 2018
16. Olafsen T., Winther U., Olsen Y., Skjermo J., SINTEF; DKNVS; NTVA; Verdiskaping basert på produktive hav 2015, sitert 07.12.2019, tilgjengelig på;  
[https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri\\_og\\_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/upload/fiskeri_og_havbruk/publikasjoner/verdiskaping-basert-pa-produktive-hav-i-2050.pdf)
17. Forskning og Utvikling; 16.okt 2013, sitert 07.12.2018; Lusedata; Webområde; Luseskjørt – Virkemåte og Testresultater, Tilgjengelig på: <http://lusedata.no/fou/luseskjort-virkemate-og-testresultater/>
18. Åsa Maria Espmark, Lill-Heidi Johansen, Atle Mortensen, Jelena Kolarevic, Ingrid Lein, Chris Noble; Medikamentfri lusekontroll; Utgitt Mai 2017; tilgjengelig på;  
[https://www.fhf.no/media/175969/medikamentfri\\_lusekontroll\\_nofima\\_for\\_publicering.pdf](https://www.fhf.no/media/175969/medikamentfri_lusekontroll_nofima_for_publicering.pdf)
19. Havforskningsinstituttet; Blåskjell; Webområde; Sitert 07.12.2018; tilgjengelig på:  
<https://www.imr.no/temasider/skjell/blaskjell/126430/nb-no>
20. J.G. Silva; Published 2015; The state of world fisheries and agriculture 2016; Cited 07.12.2018; tilgjengelig på: [http://www.fao.org/3/a-i5798e.pdf?fbclid=IwAR1c4HAT2K2kTa4AzsidlUNdiK3QlbgwIpxd1k\\_NzkafmaNgqR1u7qs3Hmw](http://www.fao.org/3/a-i5798e.pdf?fbclid=IwAR1c4HAT2K2kTa4AzsidlUNdiK3QlbgwIpxd1k_NzkafmaNgqR1u7qs3Hmw)