

Sofie Bordvik, Aurora Hoem og Solveig Hommel

Tilstedeværelse av *Mytilus edulis* for bekjempelsen av *Lepeophtheirus salmonis* i en oppdrettsmerd

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon

Veileder: Lars Gansel

Medveileder: Stig Tuene

Mai 2024

Sofie Bordvik, Aurora Hoem og Solveig Hommel

Tilstedeværelse av *Mytilus edulis* for bekjempelsen av *Lepeophtheirus* *salmonis* i en oppdrettsmerd

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon

Veileder: Lars Gansel

Medveileder: Stig Tuene

Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

Fakultet for naturvitenskap

Institutt for biologiske fag Ålesund



NTNU

Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet av studenter ved Biomarin Innovasjon, NTNU Ålesund. Oppgaven tar for seg innsamling og analysering av antall plankton fra vannprøver fra sjø i og rundt oppdrettsmerder med laksefisk. Studien har gitt god innsikt i dagens situasjon av lakselusproblemet. Vi har undersøkt alternativer for de allerede eksisterende biologiske metodene.

Vi ønsker å rette en stor takk til våre veiledere Lars Christian Gansel og Stig Atle Tuene, som har bidratt med faglig, teknisk og praktisk kompetanse. Vi ønsker også å takke NTNU for bidrag av fasiliteter med utstyr og verktøy.

Sammendrag

Denne bacheloroppgaven utforsker effekten av blåskjell (*Mytilus edulis*) som et mulig virkemiddel mot lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) i oppdrettsmerder. Lakselus er en av de største utfordringene i dagens oppdrettsnæring av laks, da dette går ut over fiskens velferd, samt bidrar til ekstrakostnader knyttet til behandling og forebyggende tiltak.

Gjennom kvantitative metoder og feltforsøk ved et oppdrettsanlegg i Storfjorden, øst for Ålesund, ble det samlet inn data av antall krepsdyrplankton. Det er få studier som belyser samspillet mellom blåskjell og lakselus nauplier ute i felt, da flest undersøkelser er gjort i lukkede miljøer på laboratoriet. Tilstedeværelsen av blåskjell ble undersøkt for å se en mulig effekt av filtreringen. Studiene ble gjennomført ved hjelp av pumpesystemer som samlet vannprøver til analyse. Analysene ble gjort i kombinasjon av manuell telling og automatisk telling.

Resultatene indikerer at blåskjell har en effekt på filtrering av krepsdyr og annet plankton. Metoden vi har benyttet under dette forsøket har et stort potensial ved en korrekt utvikling. Forsøket bygger på en utnyttelse av det økologiske samspillet, som er nødvendig for å sikre en bærekraftig næring.

Innholdsfortegnelse

FORMELSAMLING:	1
1.0 INTRODUKSJON	2
1.1 AKVAKULTUR	2
1.2 LAKSELUS	4
1.3 TRAFIKKLYSSYSTEM	5
1.4 KOSTNADER KNYTTET TIL LAKSELUS OG BEHANDLING	8
1.5 BLÅSKJELL	9
1.6 KUNSTIG INTELLIGENS	10
1.7 FORMÅL	11
2.0 METODE	12
2.1 STUDIESTED	12
2.1.1 Blåskjellring	13
2.1.2 Oppsett laboratoriet	14
2.2 FILTRERINGSEFFEKT HOS BLÅSKJELL	15
2.3 FRAMGANGSMÅTE	15
3.0 RESULTAT	21
3.1 FILTRERINGSEFFEKT HOS BLÅSKJELL	21
3.2 PRØVETAKING I MERD MED OG UTEN BLÅSKJELL – FORSØK 1	22
3.3 MANUELL TELLING AV KREPSDYR – FORSØK 2	25
3.4 MANUELL TELLING AV KREPSDYR – FORSØK 3	26
3.5 LUSEDATA	27
3.6 TIDEVANNSGRAF	29
4.0 DISKUSJON	29
4.1 VALIDERING AV PRØVETAKINGSMETODE	30
4.2 PLANKTON SOM INDIKATOR	32
4.3 ERFARINGER OG VIDERE FORSKNING	33
5.0 KONKLUSJON	35
REFERANSELISTE	37
VEDLEGG:	41

Formelsamling:

- Gjennomsnitt: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
- Estimert vannstrøm over tverrsnitt til blåskjell: Vannstrøm i cm * dybde i cm * bredde i cm = Volum i cm³ per sekund / 1000 = volum i liter per sekund: 5 cm i sekund over et område på 100 cm x 100cm (altså 1 m²). 5 cm * 100 cm * 100 cm = 50.000 cm³ per sekund / 1000 = 50 liter per sekund
- Estimert av filtreringsvolum: Vannstrøm over tverrsnitt / 10
- Differanse: $X_1 - X_2$
- Andel filtrert bort: (Endring i antall / totalt antall) * 100%
- Volum pumpet i m³: Pumpehastighet per min * Prøvetakingstid = Totalt pumpet liter / 1000 = volum pumpet i m³.
- Estimert antall dyr i hele prøven = Gjennomsnitt av dyr fra tellekammer * Sluttvolum
- Tetthet av dyr i sjøen: Gjennomsnitt per liter = Antall dyr i hele prøven / mengden pumpet i merd [m³] * 1000

1.0 Introduksjon

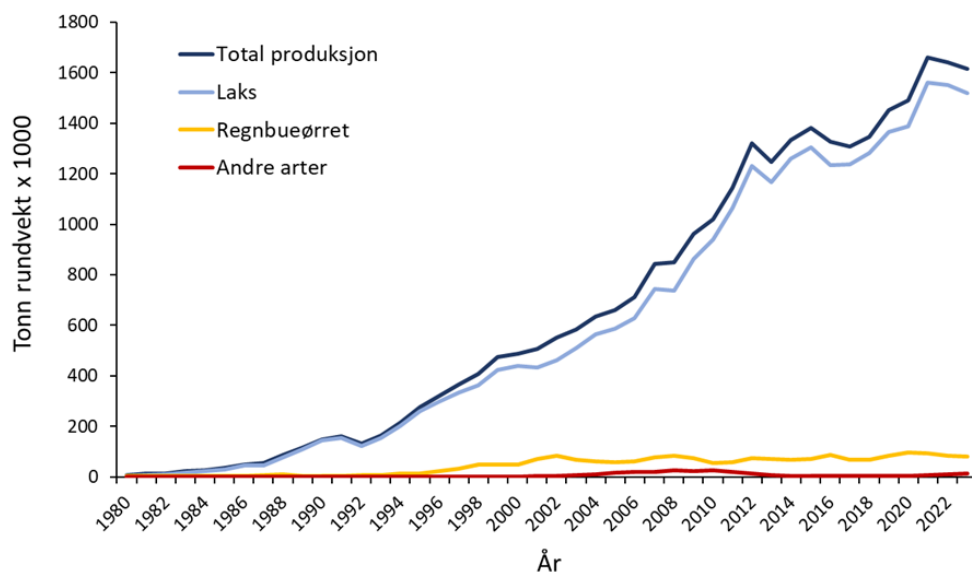
1.1 Akvakultur

Økende produksjon av mat er nødvendig i takt med en stadig voksende befolkning (Elvestuen, 2022). Dagens matproduksjon krever mye landareal, noe som er utfordrende da mye allerede er tatt i bruk. Derimot har akvakultur ekspansjonsmuligheter da produksjonen kan foregå hovedsakelig i havet, men også på land. I FAO sin rapport fremmes et større rom for vekst og regulering innenfor sjøbasert akvakultur hvor dette er mulig og forventet, mens landbasert matproduksjon møter begrensinger grunnet private eiendomsrettigheter (Fiskeridepartementet, 2023). Satsing og regulering av akvakultur i sjøområder vises gjennom rapporten å være en sentral del av fremtidig matproduksjonsvekst.

Akvakultur regnes som den raskeste matproduserende industrien globalt (Asche et al., 2013). Industrien er en teknologisk og eksportrettet næring som baserer seg på produksjon av forskjellige akvatiske arter (Bjerkestrand et al., 2013). Atlantisk oppdrettslaks står for en betydelig del av verdens produksjonsvekst, og Norge er den største produsenten (Asche et al., 2013). I midlertidig utgjør norsk akvakultur 1,7 prosent av verdens produksjonsvolum (Grefsrud et al., 2024). Norsk oppdrett er størst innen global akvakultur med over halvparten av verdensproduksjonen av atlantisk laks.

I 2022 eksporterte Norge i overkant av 1,23 millioner tonn oppdrettslaks og 56 912 tonn regnbueørret (Grefsrud et al., 2024). Dette tilsvarer en verdi på 122,5 og 5,5 milliarder norske kroner (NOK). Den samlede eksportverdien av sjømat i Norge utgjør 75 % (Eidem & M.Melås, 2021). Fra 2012 til 2022 har oppdrettsproduksjonen økt fra 1,3 millioner tonn i året til over 1,65 millioner tonn i 2021 og 1,64 millioner tonn i 2022 (Figur 1) (Grefsrud et al., 2024). Industriens betydning øker stadig for å møte verdens voksende behov for sjømat (Eidem & M.Melås, 2021). I 2009 sørget norsk akvakultur for halvparten av all fisk til humant konsum, med over 55,7 millioner tonn levert (Grefsrud et al., 2024). Disse tallene har økt betraktelig til i dag, og er stadig økende. Samtidig må vi erkjenne at produkter som laks og ørret ofte betraktes som luksusvarer, noe som kan begrense tilgangen i enkelte regioner. Industrien bidrar til å fremme et sunnere kosthold og bedre utnyttelse av ressurser ved å tilby et alternativ til rødt kjøtt og andre proteinkilder (Eidem & M.Melås, 2021). Samtidig må vi

erkjenne at produkter som laks og ørret ofte betraktes som luksusvarer, noe som kan begrense tilgangen i enkelte regioner.



Figur 1: Utvikling av akvakulturproduksjon i Norge i perioden 1980-2023) (Grefsrud et al., 2024). Tonn i rundvekt per år. Laks (blå) har en betydelig høyere økning enn regnbueørret (gul) og andre arter (rød).

For at økningen av denne industrien skal fortsette slik den gjør, er det utfordringer som må løses for at veksten skal foregå på en bærekraftig måte (WWF, 2024). FN definerer bærekraftig utvikling som «en utvikling som tilfredsstiller dagens behov uten å ødelegge fremtidige generasjoners muligheter til å tilfredsstille sine behov» (FN, 2024). Flere av FNs bærekraftsmål som inngår i en felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, ulikheter og klimaendringer i verden innen 2030, kan knyttes direkte eller indirekte til akvakulturproduksjon. Selv om kommersielt lakseoppdrett har kommet langt med økonomi, bærekraft og implementering av ny teknologi er det fortsatt utfordringer som må avdekkes (Fitridge et al., 2012).

Intensiv produksjon av laks i store og åpne merder medfører mange biologiske utfordringer, som blant annet bakterier, virus og parasitter – derav de med størst betydning *M.viscosa*, *Tenacibaculum* spp og lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) (Takle et al., 2015).

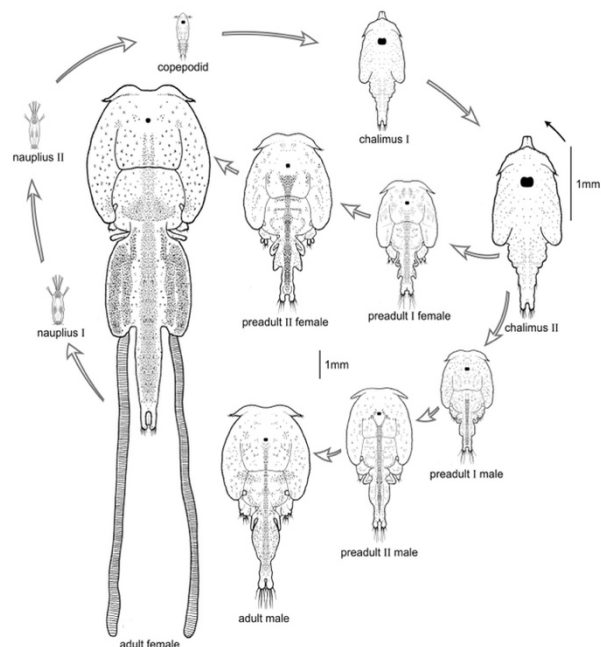
Lakselusinfeksjoner kan påvirke velferden til vertsfisken negativt da den lever av hud og blod, noe som genererer stress og sår. Beitingen på hud kan gi store skinnskader og gjøre fisken høyere mottakelighet for sekundære infeksjoner. Ulike salmonide arter har forskjellig immunrespons, noe som trolig er medvirkende årsak til at enkelte arter blir hyppigere utsatt for luseangrep. Eksempelvis er Stillehavslaksen sett på som mer resistens enn Atlanterhavslaksen.

Biologiske utfordringer er svært kostnadsdrivende samt begrensende for produksjonsvekst (Iversen et al., 2017). Investering i bærekraftige oppdrettsmetoder, som lukkede anlegg og miljøvennlig fôr, har bidratt til reduksjon av miljøpåvirkninger og økt økologisk bærekraft (FitrIDGE et al., 2012). Videre har bransjen gjort store fremskritt i å anvende avanserte teknologier, som fjernovervåkningssystemer og presisjonsføringsteknikker, for å forbedre driftseffektiviteten og redusere ressursforbruket. Det kommer imidlertid stadig nye retningslinjer knyttet til en av de største utfordringene vi står ovenfor i dag – lakselus, med innskrenkninger i miljø og areal.

1.2 Lakselus

Plankton er en fellesbetegnelse på ulike organismer som lever i de frie vannmassene (Gundersen, 2019). Plankton kjennetegnes ved at de driver horisontalt med havstrømmer, og mange har døgnvandring vertikalt i vannmassene gjennom en lys- mørksyklus (Universitetet i Oslo, 2011). Innen plankton skiller man mellom fytoplankton også kalt plantep plankton og zooplankton også kjent som dyreplankton.

Lakselus er en hoppekreps som går under kategorien dyreplankton (Universitetet i Oslo, 2011). Det er en naturlig parasitt som fester seg til huden på laksen, og er avhengig av en vert for sin overlevelse (Johnsen & Asplin, 2016). Eggene klekker fra eggstrengene til hunnlusen som sitter på laksefisken. I larvefasen driver den med strømmen i rundt 100-150 døgngrader, og det er i løpet av disse dagene den må finne verten. Parasittens livssyklus består både av platoniske og parasittiske stadier (Heggland et al., 2020). De to første stadiene er platoniske naupliuslarver som typisk måler 500 μ (Webb et al., 2013). Videre går larvene inn i det smittsomme copepodstadiet (Figur 2) (Hamre et al., 2019). De resterende 5 stadiene (chalimus I og II, preadult I og II, og voksen) utvikles på verten.



Figur 2: De 8 ulike stadiene lakselusen går gjennom fra nauplius I til adult female eller adult male (Centre, 2023). Figuren illustrerer lakselusens frittsvømmende, infeksiøse og parasittiske utviklingsstadium.

Hver hunnlus kan under optimale forhold legge opptil 11 sett med eggstrenger, med 100-800 egg per streng (Boxaspen et al., 2005). Spredningen av lakseluslarvene i en fjord påvirkes av flere faktorer som havbunnens topografi, vannkvalitet, tidevann og terreng rundt fjorden. Modellsimuleringer viser at spredningen av lakseluslarver kan variere fra ingenting til mange titalls kilometer på bare få dager, avhengig av værforhold og lokale strømforhold.

Temperatur er en sterk regulator for reproduktivitet og utvikling av lakselusen (Heggland et al., 2020). Den optimale temperaturen er fra 3 °C til 20 °C. Dette temperaturområdet gjenspeiler seg langs norskekysten fra vinter til sommer. Med økende lys og stabilisering av vannmassene gjennom våren, oppleves en markant økning i veksten av planteplankton, en hendelse som er kjent som våroppblomstringen (Ervik, 2005). Denne veksten skyldes en kombinasjon av økt sollys og rikelig tilgjengelighet av næringssalter i overflatevannet, som har blitt etterfylt gjennom vintermånedene.

Lokaliteter med oppdrettslaks vil påvirke økosystemet rundt seg, da det ikke er naturlig med en stor biomasse av denne arten som lever hele sin livssyklus på samme sted (Meeren, 2013). Høy biomasse av laks gir fra seg avfallsstoffer i form av avføring og fôr-rester til andre arter som lever fritt i økosystemet rundt, som blant annet villfisk. Lakselus-populasjonen vil naturlig bli høyere på lokaliteter med høy biomasse av oppdrettslaks, da flere verter blir tilgjengelig og reproduktiviteten til lusen blir hyppigere. En økt reproduksjonshastighet hos denne naturlige parasitten kan styrke dens robusthet og utgjøre en større utfordring for både oppdrettslaks og villaks. For å regulere lusepresset på laksefisken vår, har regjeringen tatt grep ved å innføre et trafikklyssystem for hele oppdrettsnæringen langs norskekysten.

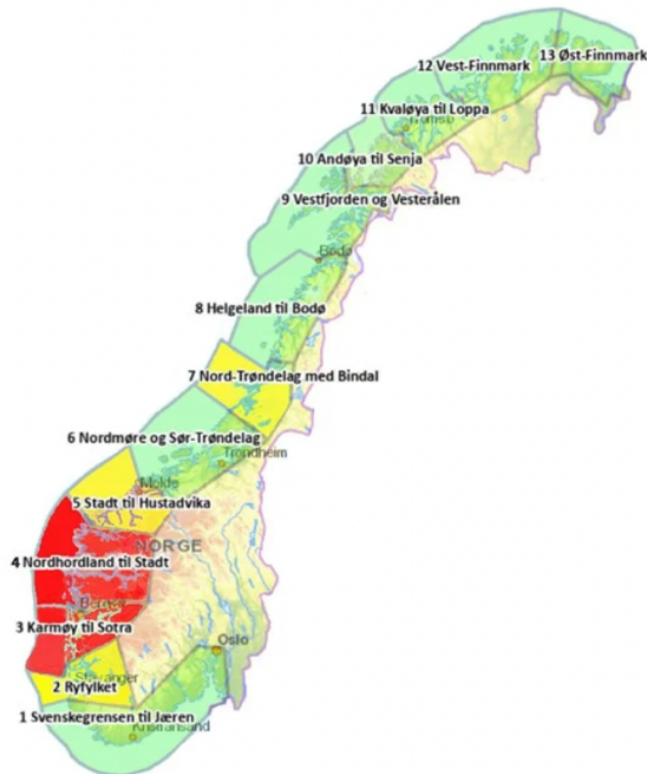
1.3 Trafikklyssystem

Oppdrettsnæringens vekst har resultert i en økt forekomst av lakselus langs norskekysten, noe som har medført betydelige økonomiske og økologiske konsekvenser (Johnsen & Asplin, 2016). For å håndtere denne parasitten, benyttes ulike behandlingsmetoder i Norge som kan klassifiseres som kjemiske, biologiske og mekaniske lusebekjempelsesmetoder. Reguleringen av lakselus i næringen, skyldes faren for at villaksbestanden langs norskekysten skal ta skade. Som respons på disse miljømessige problemene ble det implementert tiltak fra regjeringen i 2017 for å adressere lakselus-relaterte bekymringer (Fiskeridepartementet, 2017). Når man skal kartlegge omfanget av problemet må man følge ulike prosedyrer og nøye dokumentere

dataen, slik at disse kan innlemmes i et system. Dette er avgjørende for å opprettholde en oppdatert forståelse av nåværende status. Videre må det iverksettes forebyggende tiltak for å håndtere situasjonen effektivt.

I Norge benyttes trafikklyssystemet (TLS) for å regulere lakselus induisert dødelighet i oppdrettsnæringen (Jensen et al., 2024). Systemet går ut på at når den estimerte lakselusinduserte dødeligheten i et produksjonsområde er over grenseverdiene, reduseres den individuelle produksjonskvoten, mens kvoten kan økes når den estimerte dødeligheten er under grenseverdiene. For å opprettholde et slikt system har de satt terskelverdier. Det generelle kravet sier at det ikke skal overskride 0,5 voksen hunnlus i gjennomsnitt per fisk i anlegget, men i deler av året (sommer) senkes denne grensen til 0,2 voksen hunnlus per fisk (*Nærings- og fiskeridepartementet*, 2012). Oppdretterne er selv ansvarlig for at mengden lakselus ikke overskrider gjeldene grenser (Iversen et al., 2017). Ved temperaturer under 4 °C, foretas tellinger hver fjortende dag, og ved temperaturer over 4 °C skjer tellingene ukentlig, noe som gir oppdretterne innsikt i omfanget av lakselus på deres lokalitet. Ved behov er det essensielt at oppdretterne iverksetter nødvendige tiltak, for å sikre at grensen ikke overskrides (Hjeltnes et al., 2019)

Hensikten med slike terskelverdier er å regulere lakselusens populasjonsvekst. TLS skal sikre forsvarlig og forutsigbar vekst (Fiskeridepartementet, 2024). Dette innebærer også at villaksen i Norge skal beskyttes mot lakselus fra norsk akvakultur. I praksis fungerer systemet ved at man skal ha kontroll på lusetallene, og gjøre tiltak dersom terskelnivåene blir nådd. Dette innebærer de ulike behandlingsmetodene hvor blant annet ferskvanns -, laser - og termisk behandling inngår. Korrekt bruk av trafikklyssystemet vil resultere i en grønnere status, som kan gi økt produksjonsvekst av laks (Fiskeridepartementet, 2024). Norskekysten er delt inn i 13 produksjonsområder, som annen hvert år fargelegges basert på miljøsituasjonen.



Figur 3: Fargelegging av inndelte områder i trafikklssystemet i Norge fra 2021 (Fiskeridepartementet, 2024). Gudmundset er innenfor gul fargelegging som vil si at kapasiteten i området fryses.

Grønn fargelegging innebærer akseptabel miljøsituasjon, det kan da søkes om 1 - 6% produksjonsøkning (Fiskeridepartementet, 2024). Gul fargelegging innebærer moderat miljøsituasjon, og kapasiteten i området fryses. Rød fargelegging innebærer uakseptabel miljøsituasjon, og kapasiteten i området må reduseres. En grønnere status i trafikklssystemet indikerer en bærekraftig produksjon av norsk oppdrettslaks.

Det finnes en rekke tiltak i bekjempelsen av lakselus, forvaltningen griper inn med både krav om å holde lusetall på oppdrettsfisken nede, samt TLS som regulerer utviklingen av biomasse i større områder, og påvirkningen på villfisk og miljøet rundt oppdrettsanlegg (Fiskeridepartementet, 2017). Det er også tiltak direkte på de ulike lokalitetene med arbeid som forebygger, samt fjerner lakselusen. Disse tiltakene er med å øke driftskostnadene i laksenæringen.

1.4 Kostnader knyttet til lakselus og behandling

Lusetelling har en estimert kostnad på 180 millioner per år, dette tilsvarer 15,0 øre per kilo produsert fisk (Iversen et al., 2017). I kostnader knyttet til bruk av rensefisk inngår også vedlikeholdskostnader, da bruk av rensefisk krever større grad av renhold. Møre og Romsdal befinner seg på tredjeplass over bruk av rensefisk i oppdrettsmerdene (Fiskeridirektoratet, 2023). I 2022 var kostnadene knyttet til bruk av rensefisk på 151 156 000 NOK. Det går store summer til produksjon og bruk av rensefisk i næringen, derfor er etterspørselen etter en fullstendig løsning stor. Kostnad knyttet til lusebehandling i norsk laksenæring ble estimert til 5,5 milliarder NOK per år (Iversen et al., 2017). De største kostnadene relatert til lakselus er behandlingskostnader, samt ny teknologi for å redusere antall lus og minimere miljøavtrykket (Iversen et al., 2015). I takt med at akvakulturindustrien vokser, er det et økende behov for behandling mot lakselus (Mikkelsen, 2023). Avlusningsprosesser er avgjørende for å kontrollere utbredelsen av lakselus i oppdrettsnæringen, men det har også negative konsekvenser for både fiskehelse og økonomi (Iversen et al., 2017).

I dag finnes det ulike behandlingsmetoder for å fjerne lakselus. Disse er biologisk-, kjemisk-, termisk- og mekanisk behandling (Iversen et al., 2017). Dette innebærer bruk av rensefisk, ferskvannsbehandling, SkaMik og laser. Vi har også forebyggende metoder for å kontrollere lusepopulasjonen. Disse er blant annet kjemisk behandling som vaksiner og fôr. Det finnes også ulike merdtyper som gjør at leveforholdene ikke blir tilstrekkelig for lusen, eksempelvis snorkelmerd, nedsenket merd og semi-lukkede anlegg, samt bruk av luseskjørt. Luseskjørtene blir montert i de øvre vannmassene og fungerer som en barriere mellom laksen i merden og lakselusen på utsiden, uten at laksen skal påvirkes noe særlig (Stien et al., 2018).

Det finnes primært to varianter av luseskjørt: én tilnærmet vanntett duk, og én som er utformet som et planktonnett, sistnevnte tillater passasje av vann, men ikke av copepoditter (Iversen et al., 2017). Dybden på luseskjørtene varierer alt etter lokasjon og forhold, typisk mellom 5 og 10 meter under havoverflaten (Holan et al., 2017). I flere undersøkelser gjort i 2012 ble det påvist 70% færre lus per fisk i merder hvor luseskjørt av planktonnett var 10 meter dype, sammenlignet med lusetelling i merder uten luseskjørt. Samtidig ble det også påvist bedre tilvekst på fisken i merder med luseskjørt i disse undersøkelsene som ble gjort over sju måneder i sommerhalvåret. I enkelte oppdrettsanlegg har det derimot oppstått utfordringer med effektiv bruk av luseskjørt (FHF, 2020). Luseskjørt kan ha negativ

innvirkning på oksygenivået i merden, som påvirker fiskevelferden. Effekten av luseskjørt avhenger også av forholdene på den enkelte lokaliteten (Zsolt Volent et al., 2020).

Forebygging er viktig for å opprettholde en grønn status i TLS. Forebyggende tiltak er med å regulere lusetallene til et akseptabelt nivå i forhold til terskelgrensene som er satt.

1.5 Blåskjell

Det finnes mange metoder på fjerning av lakselus i laksenæringen, riktignok ingen fullverdig løsning. Flere av de ulike tiltakene kan brukes sammen, og nye må utvikles og utprøves. Hva om man kunne forebygge påslag av lakselus larver i og omkring oppdrettsanlegg uten bruk av uorganisk materiale? Luseskjørtet skyver larvene rundt i merden, de forblir i sjøen og kan infisere fisken både i og rundt merdene (Iversen et al., 2017). Det er da bedre å redusere antall copepoditter før de kan feste seg til en vert. Reduksjon av lakselus vil hindre rekruttering av nye larver. Dersom man finner en metode som faktisk fjerner lakselusen fra sjøen vil dette være mer effektivt enn bruk av luseskjørt. Resultatet ville vært redusert lusepåslag, og mindre behov for behandling mot lakselus. Ved å kombinere flere behandlingstiltak øker sannsynligheten for et grønnere trafikkløssystem. Filtrerende organismer kan være en metode for å redusere lakselus. For at de skal kunne benyttes til dette formålet må de oppfylle noen krav. De må kunne filtrere i riktig størrelsesområde, filtreringsraten må være stor nok til å være effektiv, de må fungere på riktig dybde, samt fungere best mulig når lusepresset er høyt.

Den filtrerende organismen blåskjell er en god kandidat da den forekommer naturlig og trives godt under forhold som er vanlig på oppdrettsanlegg (Braaten, 1980). Aktiviteter knyttet til oppdrett fører til økt antall partikler, og tilførsel av næringssalter i vannet, dette bidrar til økt produksjon av mikroalger/planteplankton. Dette skaper et miljø med mye næring, og gode vekstforhold for blåskjell i området rundt oppdrettsanlegg. Blåskjell er utbredt langs hele norskekysten, men forekommer mest i fjordene der tilgang er størst på planteplankton og organiske partikler (Braaten, 1980). Skjellene befinner seg ofte i et miljø som er eksponert for kraftig vær og vind. De kan eksponeres for sterkt sollys over en lengre periode og er kulderesistent.

Blåskjell filtrerer vannet for å fange opp næring som plankton og andre små partikler (Braaten, 1980). Filtreringseffekten til blåskjell avhenger av flere faktorer. Størrelse har innvirkning da filtreringsmengden av alger øker med økende skjellstørrelse (Winter, 1973).

Filtreringsraten per mg tørrvekt avtar derimot med økende størrelse. Filtreringsgraden per mg tørrvekt blåskjell er hos mindre skjell (8,5 mm) 5,2 ganger raskere enn større skjell (56,5 mm). Ved en temperatur på 12 °C og en algekonsentrasjon på $20 \cdot 10^6$ celler per liter er: filtreringsraten hos 3 mg skjell (8,5 mm) på 34 ml per time, og hos 1186 mg skjell (56,6 mm) på 2767 ml per time (Winter, 1973). Dette betyr at en liten mengde av de mindre skjellene vil filtrere vann raskere enn tilsvarende mengde av de større skjellene. Når det gjelder total filtrering over en viss periode, vil større skjell (56,6 mm) sannsynligvis filtrere mer vann totalt sett på grunn av deres størrelse og deres høyere totale filtreringsrate. Filtreringsraten kan reduseres ved veldig lave eller veldig høye konsentrasjoner av næringsstoffer i sjøvannet (Boxaspen et al., 2005). Blåskjell spiser lus uavhengig om det er fytoplankton tilgjengelig, og temperatur har ingen innvirkning på filtreringseffekten (Webb et al., 2013). Blåskjell filtrerer lakselus opp til copepoditt-stadiet (Molloy et al., 2011). Det er stor variasjon i mengden filtrerte copepoditter, da skjell også kan åpne seg kun for respirasjon. Kontinuerlig filtrering er derfor ikke gitt.

1.6 Kunstig intelligens

Vi trenger en effektiv metode for å analysere vannprøver for lakselus. Dette for å vurdere blåskjellenes effektivitet i å filtrere lakselus fra sjøvann. Tradisjonelle metoder inkluderer mikroskopi, fluoressensmikroskopi og genetiske metoder (Bui et al., 2021). Felles for disse metodene er at det går mye tid til analyse, noe som begrenser mengden prøver vi kan ta for å undersøke effekter av blåskjell i store vannprøver. Kunstig intelligens muliggjør analyse av store vannprøver, slik at vi kan utforske større vannvolum. Vi har dermed muligheten til å behandle resultatene bedre statistisk, samt at vi får mer robuste og generaliserbare resultater ved analyse av større vannvolum og flere replikater.

Begrepet kunstig intelligens (KI) brukes ofte på prosjekter som er med på å utvikle systemer med intellektuelle prosesser. Disse er karakteristiske for mennesker, eksempelvis evnen til å resonnerer eller lære fra tidligere erfaringer (*Kunstig intelligens (AI) | Definisjon, eksempler, typer, applikasjoner, selskaper og fakta | Britannica, 2024*). Dataprogrammet som blir benyttet i dette forsøket er trent opp til å identifisere lakselus. Det finnes ulike former for læring som brukes på KI, den enkleste er å lære ved å prøve og feile. Dataprogrammet trenes opp til å memorere lakselusen, slik at programmet hver gang den møter på dette elementet vil gjenkjenne det. KI vil være med å effektivisere analysene av prøvene, som kan bidra til at

man kan utføre enda flere prøver, og redusere analysetiden knyttet til disse, noe som er optimalt for vårt forsøk.

1.7 Formål

Hensikten med denne bacheloroppgaven er å vurdere effekten blåskjell (*Mytilus edulis*) har på filtrering av krepsdyr, spesifikt lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*). Våre funn kan på sikt føre til redusert behov for lusebehandlinger. Til dette trengs det større prosjekter som følger opp på gjeldene forskningsfelt. For å undersøke effekten til blåskjellene ønsker vi å se hvordan de generelt filtrerer planktoniske krepsdyr. Det blir tatt store vannprøver som ved hjelp av kunstig intelligens skal analyseres. Vi ønsker med denne oppgaven å besvare hypotesen vår: *Tilstedeværelsen av blåskjell i nærområdet til oppdrettsmerder vil redusere antall planktoniske krepsdyr, som er en indikator på at lakseluslarver reduseres. Vi forventer å observere lavere nivåer av planktoniske krepsdyr i vannprøver tatt fra områder med blåskjell sammenlignet med områder uten blåskjell.*

2.0 Metode

2.1 Studiested

I dette studiet ble det analysert vannprøver for å vurdere om blåskjell fjerner lakseluslarver fra sjøen. Vi forventer lakseluslarver i vannprøvene som blir tatt, men i relativt lavt antall (titalls, ikke tusenvis). Vi analyserer derfor lakselus indirekte - metodikken følger da analyse for andre lignende organismer (krepssdyr). Krepssdyr blir undersøkt da de finnes i et større antall i sjøen. Det ble telt underprøver av hele prøver. Lokaliteten ligger på Gudmundset i Midt-Norge, lokalitet 12265, posisjon 62°27.268 N, 6°36.032 Ø i Storfjorden (Figur 4). Her er det totalt fire merder hvor oppdrettselskapet Phoylaxya AS produserer laks til humant konsum. Det er også to andre oppdrettsanlegg av laks i fjorden, lokalitet 45128 og 45134, som kan bidra til høyere smittepress av lakselus i fjorden. Topografien rundt lokaliteten kan påvirke vann- og strømforhold og dermed spredningen av lakselus. Fjorden anlegget er plassert i er omringet av høye fjell, samt fjordarmer.



Figur 4: Illustrasjon av forsøksstedet. Rød markering markerer lokaliteten Gudmundset der forsøkene ble holdt. Kart zoomet ut av Norge og Sverige samt utklipp av innzoomet av lokalitet 12265. Utklipp hentet fra [Google.no/maps](https://www.google.no/maps)

Tidspunkt for gjennomføring av forsøk:

Tabell 1: Oversikt over gjennomførte forsøk i denne oppgaven. Antall prøver innebærer de totale prøvene som ble tatt gjennom forsøket, i blåskjellring, bak blåskjellring og kontrollpunkt. Flytebryggen ligger 170 meter fra oppdrettsmerdene i luftlinje.

Dato	Forsøk	Antall prøver	Plassering	Dyp
13.02.24	1	8	Merd	1 m
06.03.24	2	10	Flytebrygge	1 m
03.04.24	3	9	Flytebrygge	1 m

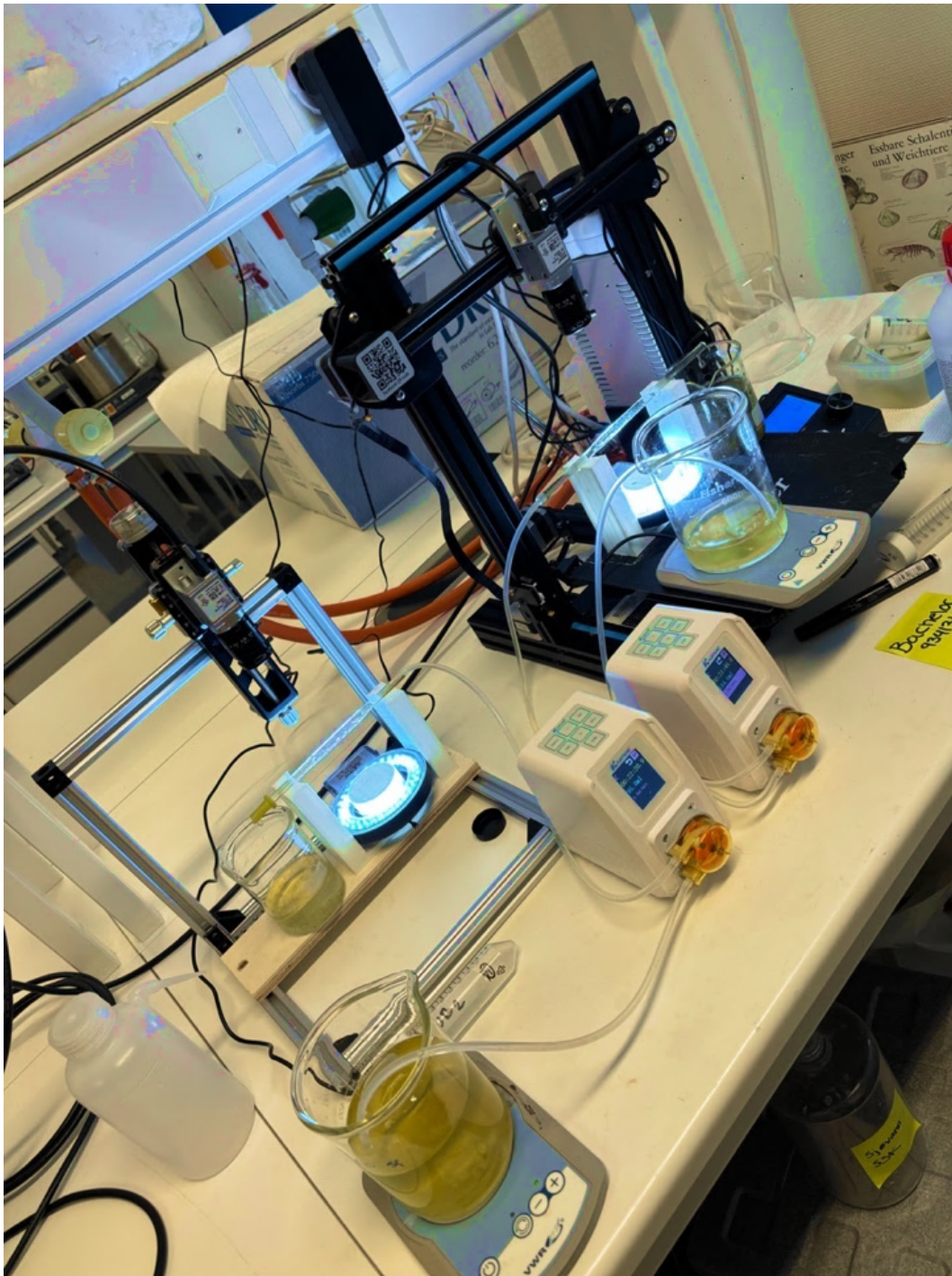
2.1.1 Blåskjellring

For å evaluere blåskjellenes filtreringsevne av lakselus ble en blåskjellring benyttet som et eksperimentelt oppsett. Konstruksjonen av blåskjellringen involverte et flyteelement bestående av tre fendere festet til et plastrør med en diameter på 1 meter (Vedlegg 1). Ned fra flyteelementet hang det 20 strømper fylt med blåskjell hentet fra Håhjem småbåthavn. Strømpene ekspanderte ned til 2 meters dyp. Blåskjellringen dekket et totalt areal på 6,6725 m² ($A = 2\pi r^2 + 2\pi rh$). Strømpene var plassert tettere på den ene siden av blåskjellringen. Siden med flest blåskjell ble plassert mot strømmen for å få «dobbel filtreringseffekt». Blåskjellene er hentet fra en småbåthavn uten oppdrettsanlegg i umiddelbar nærhet, posisjon 62°28.750 N, 6°40.845 Ø. Det var 20 bøtter blåskjell som tilsvarer $20 * 7 \text{ kg blåskjell} = 140 \text{ kg blåskjell}$. Lengden på blåskjellene var ca. 50 mm. Blåskjellringen er en modell for et forebyggende tiltak som omringer vannsøylen med høyest lusepress (Figur 5).



Figur 5: Illustrasjonen er generert av Adobe Photoshop - Kunstig Intelligens (Adobe Photoshop, 2024). Figuren viser ikke en realistisk oppdrettsmerd. Figuren får fram grunnprinsippet til blåskjellene rundt merden, ved at de skal henge øverste i vannmassen der lusepresset er høyest.

2.1.2 Oppsett laboratoriet



Figur 6: Kamera-oppsett for filming til KI-analyse. Planktonprøver blir pumpet igjennom glassrør mens det filmes før analyse av KI. Bildet er tatt fra laboratoriet.

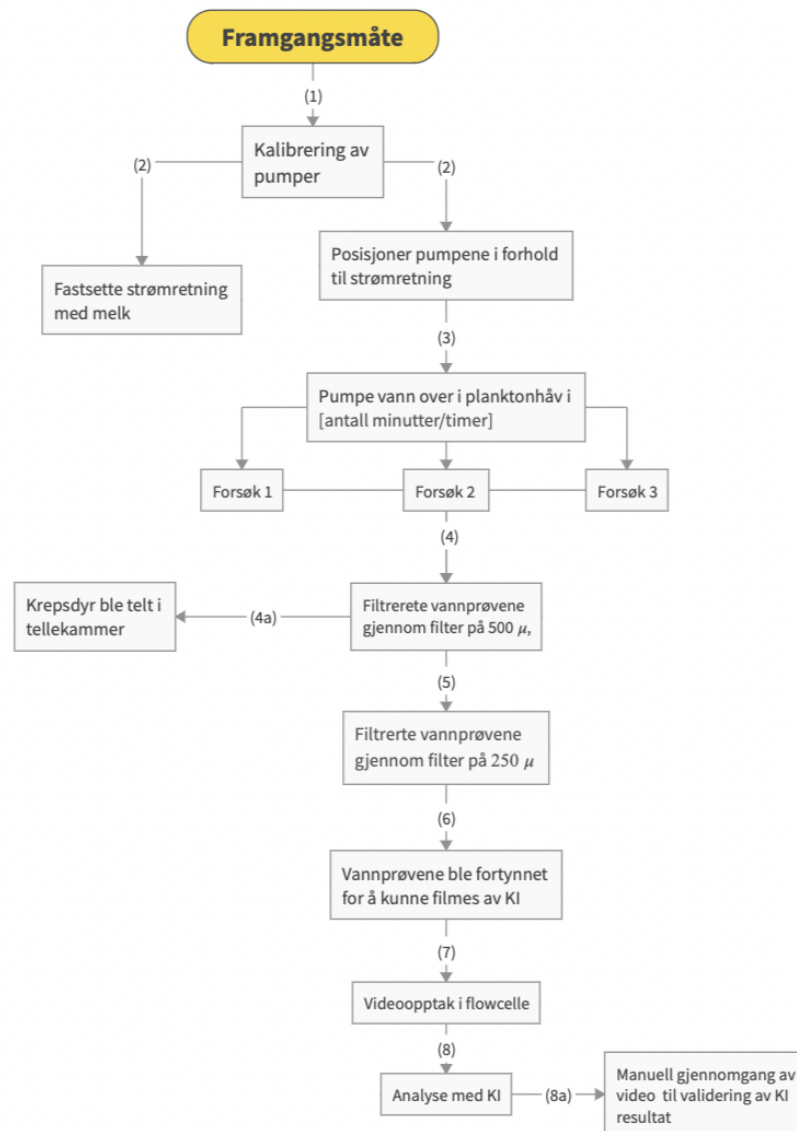
Oppsettet på videofilmingen besto av to kamera *Basler a2A 1920* med objektiv *LDA35* (Figur 6) og en PC med *Pylon 7.4.0 Camera Software Suite Windows* installasjon. I forsøket var det to kameraoppsett. Kamera 1 hadde en pumpehastighet på 8,5 ml per minutt. Kamera 2 hadde en pumpehastighet på 4,2 ml per minutt. Vannprøvene fra forsøk 1 og 3 ble filmet én dag etter prøvetakingen. Vannprøvene fra forsøk 2 ble filmet fem dager etter prøvetakingen.

2.2 Filtreringseffekt hos blåskjell

For å teste effekten av blåskjell ble det gjennomført et forsøk i lukket kar (Vedlegg 2). Én tilfeldig blåskjellstrømpe av blåskjellringen ble benyttet. Blåskjellstrømpen ble hengt opp i et 250 liters kar, for å øke sannsynligheten for at hele vannhøyden ble dekket. Én pumpe ble plassert ut i sjøen på 1 meters dyp og vannet ble pumpet i en 65 liters bøtte. Det ble brukt en hevert som førte vannet fra 65 liters bøtten til 250 liters karet. Innvannet til blåskjellkaret ga en omrøring i hele vannvolumet. Det ble tatt vannprøver av innvannet og utvannet for å sammenligne effekten på filtreringen av krepsdyr og annet plankton, med og uten blåskjell. Vannflowen inn til blåskjell-tanken ble målt to ganger.

2.3 Framgangsmåte

Framgangsmåten i de utførte forsøkene var identiske, med unntak av tiden til pumpingen og plassering da forsøk 1 ble holdt i oppdrettsmerden, mens forsøk 2 og 3 ble holdt ned fra flytebryggen på Gudmundset.



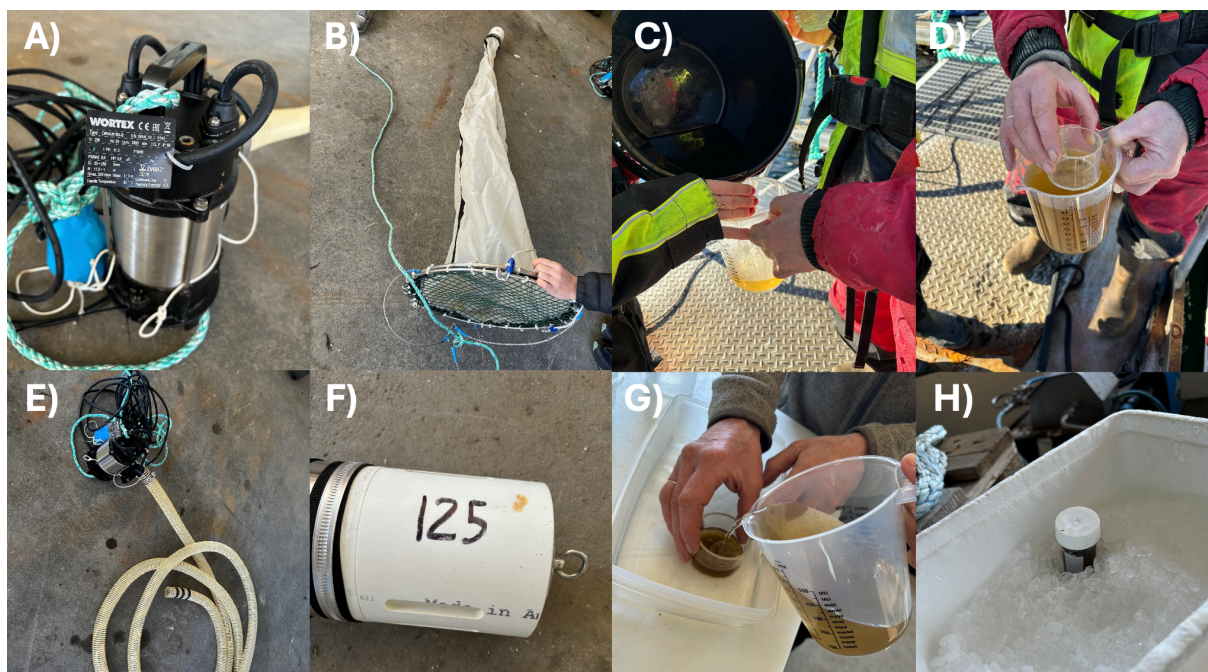
Figur 8: Flytskjema viser framgangsmåten til de ulike forsøkene 1, 2 og 3. Illustrasjonen gir en oversikt over alle ledd fra prøvetaking til analysering.

Tre pumper av typen Bilge Pump Wortex Drain 80-S (Figur 9: A) pumpet 65 liter vann i en balje for å kalibreres. Pumpene ble ved hjelp av strømtilførsel aktivert når sensoren kom i kontakt med vann. Garmin Fenix 7S klokke ble benyttet som en tidtaker for nøyaktig registrering av tidsbruken for hver pumpe i prosessen med å fylle opp baljen. Hver pumpe ble testet to ganger for å få nøyaktig tid. Dette ble gjennomført for å undersøke om det var variasjoner i pumpestyrken, et forhold som kunne ha innvirkning på sluttresultatet. Strømmen i havet ble undersøkt på starten av hvert forsøk, for å kartlegge plassering av pumpene. Helmelk ble helt gjennom et tynt plastrør med lodd i enden, melkens retning indikerte vannstrømmen (Vedlegg 3).

Tabell 2: Kalibrering av pumpe nr. 1, 2 og 3 (l/sek). Tabellen illustrerer antall sekund det tar å fylle en 65 liters bøtte med pumpene brukt i forsøket. Volumet pumpet blir regnet som m³ da det er dette som blir benyttet videre i oppgaven.

Pumpe	Forsøk	Sekunder	Volum pumpet
1	1	17	0,065 m ³
1	2	17	0,065 m ³
2	1	17	0,065 m ³
2	2	17	0,065 m ³
3	1	17	0,065 m ³
3	2	17	0,065 m ³

Med motor på 600 Watt oppnår pumpen en maksimal kapasitet på 250 liter per minutt. Gjennom kalibreringen viste våre pumper til en pumpehastighet på 3,82 liter per sekund, dette tilsvarer 229,2 liter per minutt. Pumpene ble senket 1 meter ned i sjøen. Vannet ble pumpet ut gjennom et rør og inn i planktonhåvene (Figur 9: B). Partiklene akkumulerte i en beholder i bunnen. (Figur 9: F). Vannprøvene ble filtrert gjennom et filter på 500 μ for å fjerne de største partiklene (Figur 9: C). Av den filtrerte vannprøven ble det pipettert ut 1 mm ganger fem i et tellekammer med fem rader, som ble undersøkt i lupe. Samme person gjennomførte alle manuelle tellinger, med unntak av forsøk 1 og forsøket av filtreringseffekt hos blåskjell. Stig Tuene utførte tellingen av disse forsøkene. Antall krepsdyr i tellekammeret ble summert opp og gjennomsnittet ble estimert (*Gjennomsnitt: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$*). Resterende av prøven ble filtrert gjennom et filter på 250 μ (Figur 9: G). Vannprøven ble lagt i prøverør, markert og isolert på is i en isoporkasse for videre analyse (Figur 9: H). Det ble kjørt videoopptak av vannprøvene i en flowcelle. Videoopptakene ble sendt gjennom KI for analyse. Resultatene fra KI ble validert gjennom manuell gjennomgang av video.



Figur 9: Vi benyttet 3 stk pumper og 3 stk planktonhåver i forsøkene. A): selve pumpen som ligger under vann, E): Planktonhåv, C): slange hvor sjøvann går fra pumpen til planktonhåv, D): Kopp i bunn av planktonhåv hvor plankton samles og konsentreres (hvor vannprøven vår ligger). Vannprøvene ble filtrert gjennom et 500 μ filter på bilde A og B. Bilde C viser når prøven blir filtrert gjennom et 250 μ , før det ble plassert i rør og lagt på is i bilde D.

Under forsøk 1 ble det brukt to pumper i merden (Vedlegg 4). Én pumpe i blåskjellringen, og én pumpe fritt i merden (kontrollpunkt). Etter hver prøvetaking ble vannprøvene tatt opp og undersøkt i lupe (side 18). Manuelltelling skulle gjennomføres mens krepsdyrene var i live.

Tabell 3: oversikt over samtlige prøver tatt 13.02.2024 i forsøk 1. Prøver tatt i blåskjellring (B) og utenfor blåskjellring (U) som kontrollpunkt i laksemerd.

Prøvetaking	Tid	Blåskjell (B) / Kontrollpunkt (K)	Volum pumpet
1	73 minutter	K	21,9 m ³
1	75 minutter	B	22,5 m ³
2	50 minutter	K	15 m ³
2	48 minutter	B	14,4 m ³
3	53 minutter	K	15,9 m ³
3	53 minutter	B	15,9 m ³
4	51 minutter	K	15,3 m ³
4	51 minutter	B	15,3 m ³

Testpumping ble gjennomført for å kontrollere metoden under forsøk 2. Tre pumper ble plassert på ulike punkt (Vedlegg 5). Pumpe 1 i blåskjellringen, pumpe 2 på utsiden av

blåskjellringen, i motsatt retning av strømmen. Pumpe 3 i sjøvann uten påvirkning fra blåskjell, kontrollpunkt (Vedlegg 6). Totalt resulterte forsøket i ti vannprøver. Håndtering av vannprøvene var identisk med forsøk 1.

Tabell 4: Oversikt over samtlige prøver tatt 06.03.2024 i forsøk 2. Prøver tatt i blåskjellring (B), utenfor blåskjellring (U) samt kontrollpunkt (K).

Prøvetaking	Tid	Blåskjell (B) / Utenfor blåskjell (U) / Kontrollpunkt (K)	Volum pumpet i m ³
1	60 minutter	U	13,75 m ³
1	60 minutter	B	13,75 m ³
1	60 minutter	K	13,75 m ³
2	50 minutter	U	11,46 m ³
2	50 minutter	B	11,46 m ³
2	50 minutter	K	11,46 m ³
3	60 minutter	U	13,75 m ³
3	61 minutter	B	13,98 m ³
3	62 minutter	K	14,21 m ³

Oppsettet på forsøk 3 var identisk med forsøk 2 (Vedlegg 6), med unntak av testpumping. Det ble ikke gjennomført testpumping. Forsøket resulterte i totalt ni vannprøver. Håndteringen av vannprøvene var identisk med forsøk 1.

Tabell 5: Oversikt over samtlige prøver tatt 03.04.2024 i forsøk 3. Prøver tatt i blåskjellring (B), utenfor blåskjellring (U) samt kontrollpunkt (K)

Prøvetaking	Tid	Blåskjell (B) / Utenfor blåskjell (U) / Kontrollpunkt (K)	Volum pumpet i m ³
1	30 minutter	U	6,88 m ³
1	30 minutter	B	6,88 m ³
1	30 minutter	K	6,88 m ³
2	30 minutter	U	6,88 m ³
2	30 minutter	B	6,88 m ³
2	30 minutter	K	6,88 m ³
3	30 minutter	U	6,88 m ³
3	30 minutter	B	6,88 m ³
3	30 minutter	K	6,88 m ³

Vannprøvene fra forsøk 2 ble fortynnet med 400 ml saltvann, og prøvene fra forsøk 3 med 200 ml. Fortynningen gjør det mulig for KI å identifisere eventuelle lakselus nauplier. Vannet ble pumpet gjennom et glassrør og filmet med en avstand på 9 cm. Etter filming ble vannprøven filtrert gjennom et filter på 250μ . Planktonene ble returnert til prøverøret og etterfylt med etanol. Denne prosedyren ble gjennomført for alle prøvene. Planktonprøvene med etanol ble lagret på kjøll. For sammenligning av resultat ble manuell telling gjennomført.

Vannprøvefilmene ble analysert ved hjelp av kunstig intelligens. YOLOV8n (KI) er tidligere trent til å gjenkjenne lakselus nauplier og copepoditter i alle vinkler. Modellen har blitt forhåndstrent på COCO datasett og videre opplært på lakselus ved hjelp av overføringslæring. Datasett NC er trent på bilder av 3262 levende nauplier og 1426 copepoditter. Ved korrekt fortynning vil KI observere og registrere antall lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) i vannprøvene. KI er derimot ikke trent til å skille mellom skottelus (*Caligus elongatus*) og lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*).

Programmeringen av KI-systemet foregikk på stasjonær datamaskin på laboratoriet. For at KI kunne analysere videoene, ble det brukt en instruksmanual (Vedlegg 7) som tilhørte systemet. Nøyaktighet for identifisering av lakselus ble innstilt på 0.6 for alle videoanalysene. Videoene som skulle analyseres ble kopiert inn. KI analyse startet og eventuelle funn ble automatisk lagret i egen filmappe med bilde av funn (Vedlegg 8).

3.0 Resultat

3.1 Filtreringseffekt hos blåskjell

Vannflow i slangen til blåskjelltanken ble målt to ganger, og begge gangene ble det målt 10 liter på 38 sekunder. Dette gir en vannflow på 0,26 liter per sekund, tilsvarende 15,79 liter per minutt.

Tabell 6: Resultat antall plankton fra vannprøver tatt fra innvann til kar samt vann som går ut etter blåskjell har filtrert vannet. Andel filtrert bort er differansen fra innvann til etter blåskjell.

Prøve	Innvann		Etter blåskjell		Andel filtrert bort	Andel annet filtrert bort
	Krepsdyr [Antall]	Annet plankton [Antall]	Krepsdyr [Antall]	Annet plankton [Antall]	Krepsdyr [%]	Annet plankton [%]
1	59	18	44	4	25 %	78 %
2	27	8	14	3	48 %	63 %
3	68	17	35	9	49 %	47 %
Gjennomsnitt					41 %	62 %

Én av 20 blåskjellstrømper fra blåskjellringen ble benyttet. Én blåskjellstrømpe fjernet 41 % av krepsdyrene fra 15,79 liter vann per minutt. Ut ifra filtreringsforsøket ville 20 blåskjellstrømper fjernet 41 % av $15,79 \text{ L/min} * 20 \text{ blåskjellstrømper} = 315,79 \text{ L/min}$. Vannstrømmen på 1 meters dyp var 5 cm/sek. Blåskjellringen var 100 cm bred og 100 cm dyp, dette ga et volum på 1 m^2 ($100 \text{ cm} * 100 \text{ cm} = 10\,000 \text{ cm}^2 * 0,0001 = 1 \text{ m}^2$). Estimert vannstrøm gjennom blåskjellringen var derfor $5 \text{ cm per sekund} * 100 \text{ cm} * 100 \text{ cm} = 50.000 \text{ cm}^3 \text{ per sekund} / 1000 = 50 \text{ liter per sekund}$.

Vannstrømmen per minutt var $50 \text{ L / sek} * 60 = 3000 \text{ L / min}$. 3000 L / min er 10 ganger filtreringsvolumet på $315,79 \text{ L / min}$. Dersom blåskjell i sjø filtrerer like mye som blåskjell i tanken fra filtreringseffekt-forsøket, ville blåskjellene filtrert bort $41 \% / 10 = 4,1 \%$ av krepsdyrene. Dette betyr at 95,9 % av krepsdyrene ikke blir fjernet.

Samme utregning gjelder for annet plankton. Blåskjell filtrerte bort 62 % av andelen annet plankton fra 15,79 liter vann per minutt. Dette tilsvarer 6,2 % av 315,79 liter per min, og betyr at 93,8 % av annet plankton ikke filtreres bort. Totalt sett filtrerte blåskjellene en større andel annet plankton sammenlignet med krepsdyr i karet. Basert på at dette forsøket ble gjennomført i et lukket kar hvor ikke alt vannet nødvendigvis hadde gått gjennom blåskjellene, regnes dette som et minstemål på filtreringseffekten til blåskjellene, 4,1 % for krepsdyr og 6,2 % for annet plankton. Blåskjellene er tiltenkt å omringe hele oppdrettsmerden fra vannsøylen og ned til lusepresset avtar (Figur 5), noe som vil øke sannsynligheten for at større deler av vannvolumet vil bli filtrert. Det ble ikke funnet lakselus larver i vannprøvene ved hjelp av KI modellen.

3.2 Prøvetaking i merd med og uten blåskjell – Forsøk 1

Basert på om det primært var større konsentrasjon av krepsdyr fritt i merden sammenlignet med området innenfor blåskjellringen viser begge posisjoner stor variabilitet i krepsdyr konsentrasjon. På et tidspunkt var det størst konsentrasjon i merden (prøve 1), mens det var omvendt på neste tidspunkt (prøve 2). Resultatene viser liten differanse i antall krepsdyr mellom disse to lokalitetene.

Tabell 7: Resultat antall krepsdyr manuell telling av vannprøver tatt 13.02.2024. Med volum filmet menes vannvolumet som ble sendt gjennom KI for analyse. Med sluttvolum menes det totale antallet vannet som ble pumpet under prøvetakingene. Mengde pumpet i merd m³ menes hvor mange m³ av merden som er dekt under prøvetakingen.

Prøvetaking plankton blåskjell 13 feb 2024																	
Prøvene ble filmet i rekkefølge: Prøve 2 merd, 2 blåskjell, 1 blå, 3 merd, 3 blå, 4 merd, 4 blå																	
Prøve nr	Merd/blåskjell	Volum filmet [L]	Sluttvolum [L]	Pumpekastighet [ml/min]	Varihet pumping i merd, [min]	Mengde pumpet i merd, [m3]	Planktontellinger, antall krepsdyr (fåe annet)						Antall dyr	Antall dyr i hele prøven [Gjennomsnitt av dyr * Sluttvolum]	Tetthet i sjøen [Antall dyr i hele prøven / mengde pumpet i merd [m3] * 1000]		
1	merd	120	135	7,1	73	21,9	73	63	72	73	88	76	445	74,17	10012,50	0,46	
1	blåskjell	160	187	6,5	75	22,5	24	26	28	24	24	25	26	153	25,50	4768,50	0,21
2	merd	80	140	6,7	50	15	36	51	41	44	39	211	42,20	5908,00	0,39		
2	blåskjell	160	187	7,1	48	14,4	63	65	77	47	49	64	365	60,83	11375,83	0,79	
3	merd	120	130	6,8	53	15,9	107	91	85	100	104	114	601	100,17	13021,67	0,82	
3	blåskjell	120	148	6,8	53	15,9	43	57	51	45	40	41	277	46,17	6832,67	0,43	
4	merd	80	105	6,8	51	15,3	23	25	26	28	38	34	174	29,00	3045,00	0,20	
4	blåskjell	120	145	6,8	51	15,3	31	36	34	27	40	39	207	34,50	5002,50	0,33	

Tettheten av krepsdyr i sjø varierte mye mellom hver prøvetaking. Vannprøvene tatt fra kontrollpunktet viste at den gjennomsnittlige konsentrasjonen for alle prøvetakingene var 0,47 krepsdyr per liter vann pumpet. Vannprøvene tatt fra blåskjellringen viste at den gjennomsnittlige konsentrasjonen for alle prøvetakingene var 0,25 krepsdyr per liter vann pumpet. Dette indikerer at den gjennomsnittlige konsentrasjonen var lavere ved tilstedeværelse av blåskjell. Når man ser på hver prøvetaking individuelt er konsentrasjonen varierende, og totalt sett er det ingen tydelig forskjell i konsentrasjonen av krepsdyr på kontrollpunkt og i blåskjellring. Variasjonen i tetthet av krepsdyr økte mellom kontrollpunkt og blåskjellringen ved økende vannvolum (Prøvetaking 1). Ved lavere vannvolum ble forskjellen i variasjon mindre (Prøvetaking 4). Det var ingen trend i at økt vannvolum resulterte i høyere tetthet av krepsdyr i sjøen, dette fordi forskjellen i pumpet vann var minimal mellom hver prøvetaking. Det ble ikke funnet lakselus larver i vannprøvene ved hjelp av KI modellen.

3.3 Manuell telling av krepsdyr – Forsøk 2

Det er et mønster i et lavere antall krepsdyr i vannprøvene som er tatt i selve blåskjellringen. Vannprøvene tatt på kontrollpunktet har det største antallet krepsdyr i alle prøvetakingene. Vannprøvene som er tatt utenfor blåskjellringen har også et redusert antall krepsdyr.

Tabell 8: Resultat antall krepsdyr fra manuell telling av vannprøve tatt 06.03.2024. Tabellen viser hvilke prøver som er tatt når, hvor, resultat av telling samt volum på prøvene.

Dato: 06.03.24							
Prøve	Klokkeslett	Dyp	Kontrollpunkt	I blåskjellring	Utenfor Blåskjellring	Gjennomsnittlig antall plankton telt i tellekammer [Antall/ml]	Volum planktonprøve [ml]
1	11.23 - 12.23	1,5 m	X			13,6	600
1	11.23 - 12.23	1,5 m		X		15,4	300
1	11.23 - 12.23	1,5 m			X	17,2	350
2	12.45 - 13.35	1,5 m	X			6	1100
2	12.45 - 13.35	1,5 m		X		2,4	350
2	12.45 - 13.35	1,5 m			X	1,4	850
3	13.42 - 14.42	1,5 m	X			5,4	800
3	13.42 - 14.43	1,5 m		X		2	850
3	13.42 - 14.44	1,5 m			X	5,2	550
Estimert antall krepsdyr i hele vannprøven: gjennomsnittlig [antall per ml] * volum planktonprøve [ml] = estimert antall hele vannprøven [Antall]							
Prøvetaking	1	2	3				
Kontrollpunkt	8160	6600	4320				
I blåskjellring	4620	840	1700				
Utenfor blåskjellring	6020	1190	2860				

I prøvetaking 1 var forskjellen 3540 krepsdyr i og utenfor blåskjellringen. Det var 64 % mer krepsdyr uten tilstedeværelse av blåskjell ($8160 (K) / (4620 (B) + 8160 (K)) = 0,64 * 100 = 63 \%$). Under prøvetaking 1 var mengden vannvolum pumpet identisk (Tabell 4), $13,75 \text{ m}^3$. I prøvetaking 2 var forskjellen 5760 krepsdyr i og utenfor blåskjellringen. Vannvolumet pumpet under prøvetaking var identisk, $11,46 \text{ m}^3$. Det var 89 % mer krepsdyr uten tilstedeværelse av blåskjell ($6600 (K) / (840 (B) + 6600 (K)) = 0,89 * 100 = 89 \%$). I prøvetaking 3 var forskjellen 2620 krepsdyr i og utenfor blåskjellringen. Vannvolumet tatt i blåskjellringen $13,98 \text{ m}^3$ og for kontrollpunktet $13,75 \text{ m}^3$. Det var 72 % mer krepsdyr uten tilstedeværelse av blåskjell ($4320 (K) / (1700 (B) + 4320 (K)) = 0,72 * 100 = 72 \%$).

Under dette forsøket var det ingen trend i at økt vannvolum resulterte i et større antall krepsdyr. Prøvetaking 3 hadde gjennomsnittlig høyere vannvolum på 13,98 m³ og et betydelig lavere antall krepsdyr enn prøvetaking 1, med et gjennomsnittlig vannvolum på 13,75 m³. Prøvetaking 2 hadde det laveste gjennomsnittlige vannvolumet på 11,46 m³, og det laveste antallet krepsdyr totalt. Det ble ikke funnet lakselus larver i vannprøvene ved hjelp av KI modellen.

3.4 Manuell telling av krepsdyr – Forsøk 3

Det er samme mønster i forsøk 3 som forsøk 2. Mønsteret viser at antall krepsdyr i blåskjellringen ble redusert sammenlignet med kontrollpunktet. Prøvetaking 2: forsøk 3 skiller seg ut ved at antallet krepsdyr i vannprøven fra blåskjellringen var større enn bak blåskjellringen.

Tabell 9: Resultat antall krepsdyr fra manuell telling av vannprøver tatt 03.04.2024. Tabellen viser hvilke prøver som er tatt når, hvor, resultat av telling samt volum på prøvene.

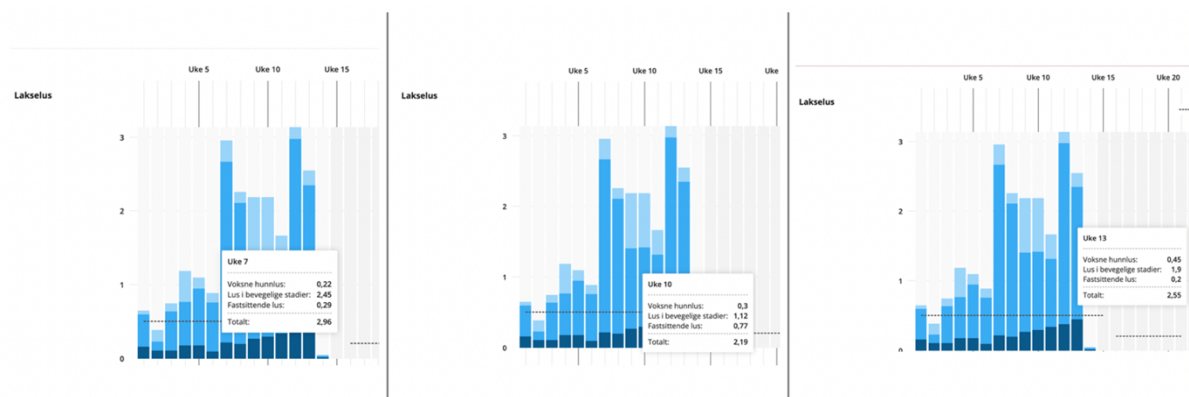
Dato: 03.04.24							
Prøve	Klokkeslett	Dyp	Kontrollpunkt	I blåskjellring	Utenfor Blåskjellring	Gjennomsnittlig antall plankton telt i tellekammer [Antall/ml]	Volum planktonprøve [ml]
1	14.03 - 14.33	1,5 m	X			23,2	280
1	14.03 - 14.33	1,5 m		X		8,8	350
1	14.03 - 14.33	1,5 m			X	11,8	320
2	14.38 - 15.08	1,5 m	X			57,4	80
2	14.38 - 15.08	1,5 m		X		20,2	180
2	14.38 - 15.08	1,5 m			X	15,2	180
3	15.28 - 15.58	1,5 m	X			32,6	200
3	15.28 - 15.58	1,5 m		X		9,6	350
3	15.28 - 15.58	1,5 m			X	22,4	200
Estimert antall krepsdyr i hele vannprøven: gjennomsnittlig [antall per ml] * volum planktonprøve [ml] = estimert antall hele vannprøven [Antall]							
Prøvetaking		1		2		3	
Kontrollpunkt		6496		4592		6520	
I blåskjellring		3080		3636		3360	
Utenfor blåskjellring		3776		547		4480	

I prøvetaking 1 var forskjellen 3 416 krepsdyr mer på kontrollpunktet enn i blåskjellringen. Det var 68 % mer krepsdyr uten tilstedeværelse av blåskjell ($6496 (K) / (3080 (B) + 6496 (K)) = 0,68 * 100 = 68 \%$). I prøvetaking 2 var forskjellen 956 krepsdyr mer på kontrollpunktet enn i blåskjellringen. Det var 56 % mer krepsdyr uten tilstedeværelse av blåskjell ($4592 (K) / (3636(B) + 4592 (K)) = 0,56 * 100 = 56 \%$). I prøvetaking 3 var forskjellen 3160. Det var 66% mer krepsdyr uten tilstedeværelse av blåskjell ($6520 (K) / (3360 (B) + 6520 (K)) = 0,66 * 100 = 66 \%$)

Vannprøvene som ble tatt på forsøk 2 hadde generelt et høyere antall krepsdyr, enn prøvene som ble tatt i forsøk 3. Det var heller ingen trend i dette forsøket at økt vannvolum ga et høyere antall krepsdyr i vannprøvene, da mengden vannvolum var identisk for alle prøvetakingene, $6,88 \text{ m}^3$ (Tabell 5). Det ble ikke funnet lakselus larver i vannprøvene ved hjelp av KI modellen.

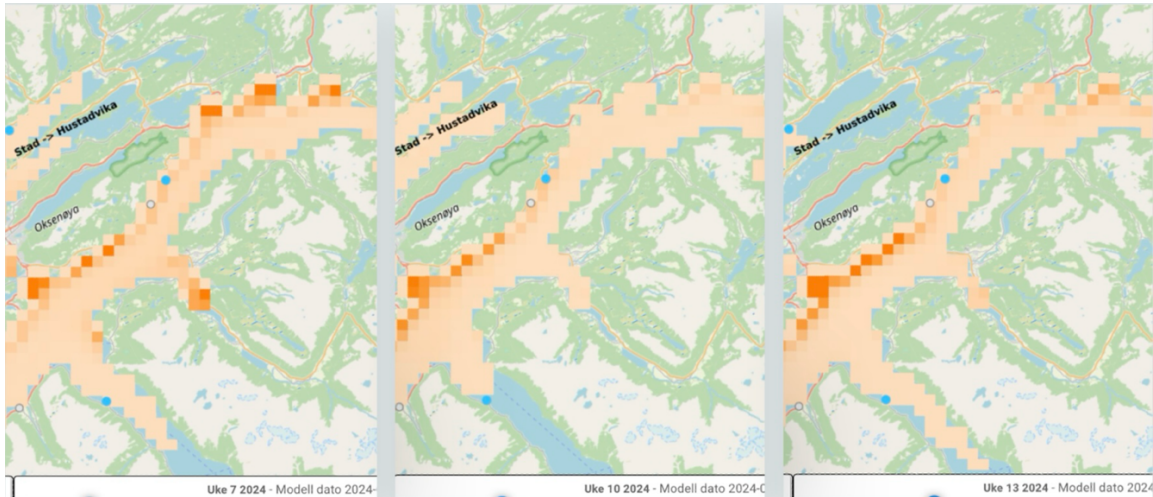
3.5 Lusedata

Pålagt telling av lakselus blir gjennomført ukentlig ved lokalitet 12265 Gudmundset. Lusetallene fra forsøksperioden er innenfor tillattgrenseverdi gjennom alle prøvetakingene (Figur 10).



Figur 10: Lusedata uke 7, 10 og 13, lokalitet 12265 Gudmundset (Barentswatch, 2024). Kolonnene illustrerer fordelingen av antall lus per uke, samt hvilket stadiet fra lusetelling som offentliggjøres på BarentsWatch.no. Mørkeblå fargelegging viser voksne hunnlus, blå fargelegging viser lus i bevegelige stadier og lyseblå fargelegging viser fastsettende lus. Stripet linje viser lusegrensen (0,5 voksne hunnlus). Dersom noen av verdiene hadde vært over grenseverdien, ville søylene hatt rød fargelegging.

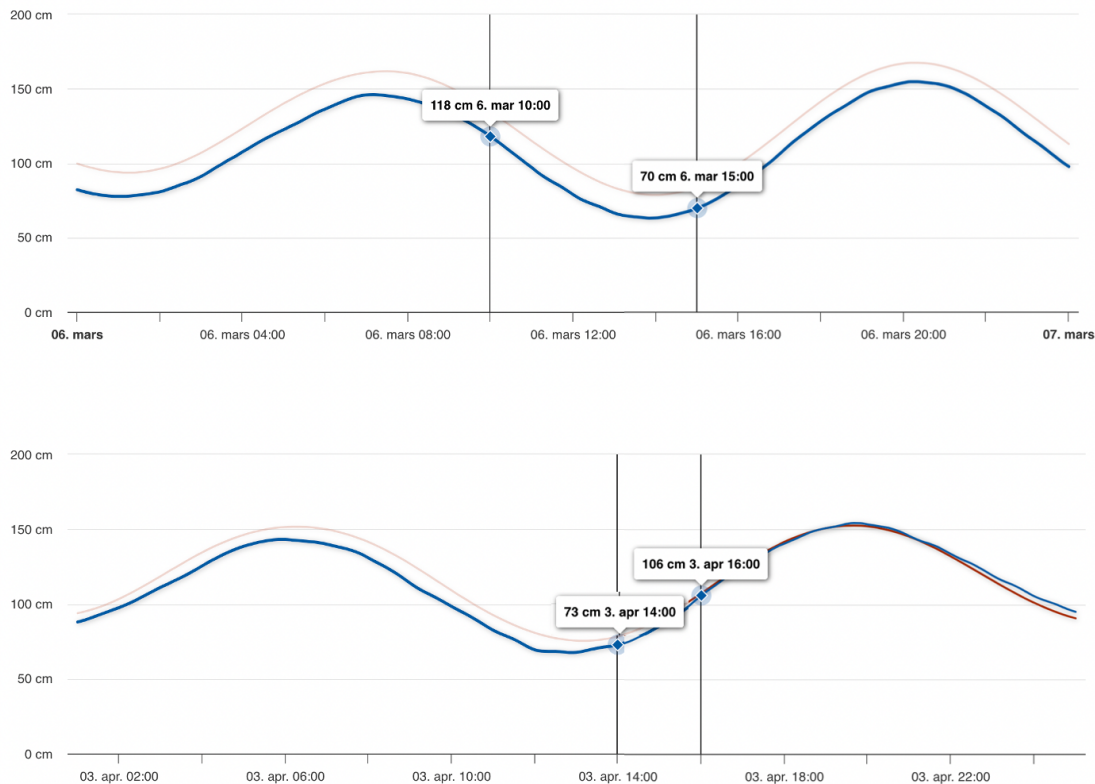
For å kartlegge fordelingen av lakselus i fjorden hvor lokaliteten er plassert, er data fra havforskningsinstituttet brukt for de forskjellige forsøktidspunktene (Figur 11). Gudmundset som er markert med blå markør har et lavere lusepress enn lengere ut i fjorden.



Figur 11: Lusekart for forsøksperioden uke 7, 10 og 13 (Havforskningsinstituttet, 2024). Illustrasjonen viser med fargekoder smittepresset på lakselus i Storfjorden hvor Gudmundset (blå markør) er lokalisert. Antall smittsomme lakseluslarver er vist med en fargeskala fra 1-5 hvor mørkest rødfarge indikerer høyest nivåer. Blå markør indikerer at lokaliteten ligger under lusegrensa.

3.6 Tidevannsgraf

Tidevannsgrafer er brukt for å forstå eventuelle forskjeller i prøvesvarene, da dette kan ha en påvirkning på resultater. Det er kun vurdert i forsøk 2 og 3, da tidevannet kun kan ha påvirket prøvesvarene som er tatt utenfor merden (ved flytebrygga på Gudmundset). Begge forsøkene tatt utenfor merd er tatt i inngang og utgang av lavvann.



Figur 12: Utklipp av tidevannsgraf på prøvetakingstidspunkt 06.03.24 og 03.04.24 ved flytebryggen på Gudmundset (Kartverket, 2024). Illustrasjonen viser tidsperiode for prøvetaking i forsøk 2 og 3. Y-aksen illustrerer havnivået og X-aksen illustrerer dato og klokkeslett. Oransje graf viser estimert havnivå, og blå graf viser faktisk havnivå på gjeldende tidspunkt. Tidsrom og faktisk havnivå for prøvetakingene er markert på grafen med blått punkt.

4.0 Diskusjon

Tilstedeværelsen av blåskjell i nærområdet til oppdrettsmerder vil redusere antall planktoniske krepsdyr, som er en indikator på at lakseluslarver reduseres. Vi forventer å observere lavere nivåer av planktoniske krepsdyr i vannprøver tatt fra områder med blåskjell sammenlignet med områder uten blåskjell. Ut ifra resultatene vi har, ser vi en tydelig nedgang i antall krepsdyr målt i blåskjellringen sammenlignet med utenfor blåskjellringen. Vi forventet å se et økt antall av lakseluslarver (nauplius) i vannprøvene nært oppdrettsanlegget, men det kan være flere faktorer som forhindret dette.

4.1 Validering av prøvetakingsmetode

Blåskjell skal i teorien kunne filtrere bort lakselus nauplius (Kesper, 2018). Gjentatte forsøk bekrefter blåskjellenes evne til å filtrere planktoniske krepsdyr. Under lukkede forhold filtrerer blåskjellene bort 4,1% av den totale andelen krepsdyr. Vi antar derfor at denne prosenten er større i frie vannmasser, da vi ikke med sikkerhet kan si at alt vannet har gått gjennom blåskjellene før det ble tatt prøver av «etter blåskjell» - vannet (Tabell 6). Vi tar med oss 4,1% som et minstemål på filtreringsgraden hos blåskjell. Store skjell (56mm) har en større filtreringsgard enn små skjell (8mm) (Winter, 1973). Blåskjellene som er benyttet i våre forsøk tilsvare størrelsen til de store skjellene, noe som indikerer at blåskjellene våre har en høy filtreringsgrad. Vi forventer å finne én lus per 10m^3 ut ifra funn gjort av en bachelorgruppe, som har sett på vertikalfordelingen av lus ved anlegget på Gudmundset i samme forsøksperiode (Pedersen et al., 2024). Dette tilsvare: $160\text{ m omkrets} * 30\text{ m dyp} = 4800\text{m}^3 \Rightarrow 4800 / 10 = 480$ lus i copepoditt stadiet, dermed enda flere lakselus nauplier (Boxaspen et al., 2005). Lusetallene fra anlegget (Figur 10) og lusekartet (Figur 11) bekrefter at det er lus i vannmassene under prøvetakingsperioden. Minste anslag på lus etter filtreringsgrad på 4,1% av blåskjellene rundt hele den øvre delen av merden vil da være på 460,3 stykker ($480 * 0,959 = 460,3$).

Resultatet fra KI-analysen indikerer at det var null lakselus nauplier i vannprøvene våre. Vi må derfor se på mulige årsaker til fravær av lakselus. Vi brukte et grovfilter på 500μ under filtreringen av vannprøvene, da størrelsen på lakselus nauplier er rundt 500μ (Webb et al., 2013). Mye alger i vannet grunnet algeoppblomstringen, medførte mye groms i filteret noe som kan ha fungert som et tilleggsfilter (Ervik, 2005). Forsøk 2 og 3 bekrefter at andel krepsdyr og annet plankton øker etter algeoppblomstring. En test av grovfilteret ble derfor gjennomført, hvor ti nauplier ble forsøkt filtrert gjennom et 500μ filter. Resultatet av denne testen var at ti av ti nauplier ble filtrert gjennom uten problemer, noe som tyder på at det ikke var noe galt med størrelsen på filteret som ble tatt i bruk.

Videofilmingen må være av høy kvalitet. Dette innebærer at utstyret må være rent, kameraet må være korrekt innstilt, og organismene kan ikke overlappes hverandre. Utstyret ble grundig rengjort mellom hver prøvetaking, og videoen ble prøvespilt før analysen startet. Forstyrrende elementer som luftbobler, dugg eller smuss påvirket registrerte funn hos KI. Systemet krever derfor høy kvalitet, og at vannprøvene er fortynnet nok til at organismene ikke overlapper

hverandre. Da KI viste null lakselus nauplier, ble det besluttet å undersøke en prøve både manuelt og automatisk med høyere fortynning. Tiltaket ble gjort for å sammenligne og kontrollere resultatene fra KI med grundige manuelle observasjoner. Økt fortynning ble vurdert for å avsløre eventuelle lakselus nauplier som ikke ble observert ved lavere fortynning. Dette for å kunne sammenligne og kontrollere resultatet. Prøven med mest krepsdyr gjennom alle forsøkene ble undersøkt - forsøk 3, prøvetaking 3 kontrollpunkt. Vannprøven ble fortynnet flere ganger, i forventning om at KI skulle finne lakselus nauplius, dette lyktes den ikke med. Manuell gjennomgang av videoen resulterte i ingen funn av lakselus nauplius,

Vi kan avkrefte at det er prøvetakingsmetoden som skylder fravær av lakselus nauplius i vannprøvene. Derfor må vi stille spørsmål om det faktisk var tilstedeværelse av lus i vannmassene. Ut ifra forventningene og fastslåtte tall fra anlegget skal det være tilfelle. Mengden vannvolum pumpet kan være en av faktorene som hindrer oss i å finne lus. Bachelorgruppen som så på vertikalfordelingen av lus i vannmassene med lik metode som oss, fant totalt 56 lus på 800 m³, de har sammenlignet med oss (Forsøk 1) pumpet 663,8 m³ høyere vannvolum i merden (Pedersen et al., 2024). Resultatet deres ga positivt funn på 35 lakselus nauplier i merden på 2 meter, og utenfor merden på 2 meter var det 11 lakselus nauplier, samt seks funn på 10 meters dybde utenfor merden, med 10% nøyaktighet. Forsøkene våre viser ingen sammenheng i at større vannvolum gir høyere antall krepsdyr i vannprøvene. En mulig årsak kan være at våre prøver var så små at de ikke utgjorde en betydelig forskjell. Under forsøk 1 var alle prøvetakingene over 10 m³ som tilsier at det skulle vært tilstedeværelse av lakselus nauplius. I forsøk 2 var også alle over 10 m³. I forsøk 3 var alle under 10 m³, derfor var det ikke overraskende at det var null lakselus nauplius i prøvetakingene. For forsøk 1 skulle det maks ha vært 2 lus under prøvetaking 1 (Kontrollpunkt). Dette er et veldig lite antall som gjør at vi heller burde ha pumpet eksempelvis 100 m³ for hver prøvetaking, da dette i teorien ville gitt utslag som 10 lakselus. Dette indikerer at metoden fungerer, under lengre prøvetakingsperioder.

Det er også andre miljømessige faktorer å ta hensyn til, som blant annet tidspunkt for prøvetaking, lystilgang, vannkvalitet, temperatur, tilgang på næring og tilstedeværelse av andre organismer som kan vises å spille inn på resultatene. Temperaturen lå på mellom 5 og 6 °C gjennom alle forsøkene (Vedlegg 9), dette er innenfor den nedre grensen for det optimale temperatur intervallet hos lakselus nauplius som er på 3 til 20 °C (Heggland et al., 2020).

Topografien på og rundt lokaliteten kan ha påvirket resultatene våre, i form av tidevann og strømforhold. Spredningen til lakselus kan være faktoren til at det ikke ble funnet lus ved flytebryggen. Lakselus nauplier sprer seg med strømmene i vannsøylen og det er derfor vanskelig å kartlegge den horisontale og vertikale fordelingen til larvene (Boxaspen & Asplin, 2005). Flytebryggen ligger 170 meter fra oppdrettsmerdene, og prøvene som ble tatt her er ved inngang og utgang av lavvanns-perioden (Figur 12). Vi antar at det er i høyvanns-perioden lusepresset er høyest ved flytebryggen, da vannet fra oppdrettsanlegget flør inn mot land, og det er omrøring i vannmassene. Temperaturen indikerer dermed optimale forhold, men fordelingen til lakselusa kan ha vært ugunstig for prøvetidspunktet.

4.2 Plankton som indikator

Da vi ikke har funnet noen lakselus nauplius i vannprøvene våre bruker vi heller plankton generelt som en indikator for lakselus. Fra tidligere forskning vet vi at blåskjell filtrerer lakselus opp til copepoditt-stadiet (Kesper, 2018). Lakselus nauplius er ikke like egnet til å unngå filtrerings- og innsugingskraften til blåskjellene slik som enkelte andre plankton (Molloy et al., 2011). 80% av lakselus nauplius i avstand 0-2 cm blir filtrert fra innsuget til blåskjell under lukkede omgivelser (Kesper, 2018). Området blåskjell kan rense er dobbelt så stort som blåskjellet, og i tillegg 6 cm på innsugssiden av hvert blåskjell plassert ved et oppdrettsanlegg. Derfor vil det være relevant for oss å se på den generelle filtreringsgraden hos blåskjell på krepsdyr og annet plankton.

Stor variasjon i filtreringsgrad på forsøk 1 (Tabell 7), kan skyldes de korte prøvetakingene som ble gjennomført. De gjennomsnittlige konsentrasjonene av krepsdyr indikerer en lavere konsentrasjon ved tilstedeværelse av blåskjell. Når man så på hver prøvetaking individuelt var variasjonen i konsentrasjonen av krepsdyr stor mellom blåskjellringen og kontrollpunkt. Den individuelle forskjellen kan skyldes blåskjellenes adferd, dette tyder på at skjellene kan ha vært åpen kun for respirasjon, og at de ikke har en kontinuerlig filtrering (Molloy et al., 2011). Forlenging av prøvetaking kan gi en mer helhetlig forståelse av blåskjellenes adferd, dette fanger opp alle deres faser, både når de åpner seg kun for respirasjon og når de aktivt filtrerer (Molloy et al., 2011). Størrelsen, antall og tettheten på skjellene kan også påvirke prøvesvarene våres. Faktorer som næringstilgang vil påvirke filtreringseffekten til blåskjellene, da filtreringsraten kan reduseres ved veldig lave eller veldig høye konsentrasjoner av næringsstoffer i sjøvannet (Boxaspen et al., 2005).

I forsøk 2 (Tabell 8) ser man en betydelig forskjell i prøvene som er tatt i selve blåskjellringen og på kontrollpunktet. Gjennom de tre prøvetakingene er antallet krepsdyr mellom 64 – 89% høyere ved kontrollpunktet sammenlignet med prøvene tatt i blåskjellringen. Dette tyder på at blåskjellene har filtrert unna store mengder krepsdyr i sjøvannet. Det ble også tatt prøver rett bak blåskjellringen (pumpe 2, vedlegg 6), som skulle undersøke om blåskjellringen ga en «dobbel effekt» på filtreringen av sjøvannet. En større mengde blåskjell vil kunne filtrere et større vannvolum (Winter, 1973). I forsøket ser man at det ikke har blitt «dobbel effekt» av denne plasseringen, men at det også her er mindre krepsdyr enn ved kontrollpunktet. Til sammenligning ser man den samme trenden i forsøk 3 (Tabell 9), også her er det en markant forskjell i antallet fra blåskjellringen og kontrollpunktet. Antallet krepsdyr fra vannprøvene tatt ved kontrollpunktet var mellom 56 – 68 % høyere enn i blåskjellringen. Forsøk 3, prøvetaking 2 skiller seg ut fra de andre resultatene ved at vannprøvene som er tatt rett bak blåskjellringen har større effekt enn i selve blåskjellringen. Dette kan tyde på at strømretningen har endret seg, og at man faktisk får den «dobbelte effekten» av blåskjellene. Resultatene fra vannprøvene tatt bak blåskjellringen viser at variasjonen i antall krepsdyr varierer mye på de ulike prøvetakingene. Dette tyder på at sjøen har beveget seg i ulike retninger under prøvetakingene, og under forsøk 3 prøvetaking 2 i riktig retning. Resultatet viser at blåskjell faktisk har en effekt på filtreringen av krepsdyr i sjøvannet både i blåskjellringen, men også i området rundt.

4.3 Erfaringer og videre forskning

Gjennom forsøkene får vi bekreftet at blåskjell filtrerer plankton, som er en indikator på at også lakselus blir filtrert. Erfaringer vi har gjort oss gjennom oppgaven som kan tas med til videre forskning, er at det trengs et større vannvolum for å få en dypere forståelse av prøveresultatene. Det trengs også større forsøk som bygger opp på våre funn. Videre forskning kan inkludere eksperimenter med manipulering av blåskjellpopulasjoner. Avlsprogram for blåskjell, undersøkelser av adferd og diettvalg i ulike miljøforhold kan utvikle blåskjell som er mer egnet til hyppigere filtrering. Sammenligningen av filtreringsgraden på antall krepsdyr og antall andre plankton viser et minstemål på 4,1 % og 6,2 %. Dette indikerer at våre blåskjell filtrerer en større andel annet plankton. Det kan derfor være avgjørende å kartlegge forskjell i filtreringsgrad hos ulike blåskjellarter. Undersøkelsen kan gjennomføres på laboratoriet ved å teste flere arter og størrelsesvarianter av blåskjellene,

og måle effekten av dem. Funnene vil være nyttige for å fastslå hvor stor mengde man faktisk trenger dersom blåskjellringen skal omringe hele merden (Figur 5), og at dette skal kunne erstatte andre alternativer for lusekontroll i dag. Avstanden mellom blåskjellstrømpene bør ikke være større enn innsugingskraften til blåskjell på 12 cm ($6\text{ cm} + 6\text{ cm} = 12\text{ cm}$) (Kesper, 2018). Ved å plassere blåskjell rundt oppdrettsmerdene kan dette virke bremsende for spredningshastigheten til lakselus nauplier mellom oppdrettsanleggene (Brooks, 2005). For å optimalisere filtreringsområde kan blåskjellstrømpene med blåskjell henge lagvis, dette vil gi en høyere innsugeseffekt mot blåskjellene, som øker sannsynligheten for at lakselus nauplius blir filtrert.

Forsøk på forskjellige lokaliteter kan være fordelaktig for å sikre forståelsen av hvordan de forskjellige miljøvariablene påvirker krepsdyrbestanden i området. Prøvetaking i og utenfor merd på sommertid kan være essensielt for dette forsøket, da det på denne tiden er påvist mest lusetall grunnet gunstige leveforhold (*Nærings- og fiskeridepartementet*, 2012). Videre forskning bør også inkludere undersøkelser av vertikalfordelingen av lakseluslarver til enhver tid på døgnet, for å bedre informere om plasseringen av blåskjellene og andre forebyggende tiltak. Dette kan bidra til å gi mer robuste resultater som kan brukes til å utvikle mer effektive og bærekraftige forvaltningsstrategier for luseproblematikken.

For at kunstig intelligens skal fungere optimalt i framtiden, må det sikres at systemet gjenkjenner nauplius og copepoditter konsekvent og nøyaktig for å unngå dobbelt arbeid og potensiell feilidentifisering. Dette er et felt som trenger videre testing og justering. Våre resultater fra KI viser at den også registrerer mye annet når innstilling for sikkerhetsmargin settes på 0,6. Det var varierende grad av visuell likhet mellom de registrerte funnene hos kunstig intelligens og faktiske lakselus. Dette reiser spørsmål til nøyaktigheten til KI-systemet. Dersom det kommer løsninger til disse utfordringene, har teknologien potensiale til å bli brukt i akvakultur for å opprettholde lusekontroll. Ved å sikre at KI fungerer feilfritt, kan det gi betydelige fordeler i form av effektivitet ved håndtering av lakselus i oppdrettsnæringen.

Ved videre forskning kan man få flere resultater som bygger på at blåskjellfiltreringen faktisk viser seg å være effektiv mot lakselus, som igjen kan føre til en grønnere status innenfor trafikklyssystemet. For å sikre en grønnere status innenfor akvakultur, må det komme gode og miljøvennlige løsninger på utfordringen (*Laks (oppdrett)*, 2024). Bærekraft er en viktig faktor

i akvakultur. Blåskjell kan være en erstatning for uorganisk materiale som luseskjørt, dersom effekten av filtreringen blir fullstendig. Ved å benytte naturlige metoder som utnytter økosystemet, kan man redusere behovet for de kjemiske behandlingene som kan være skadelig for miljøet. Dette vil da kunne bidra til å redusere lakseluspopulasjoner, som er den største trusselen for villaksbestanden i Norge (Fiskeridepartementet, 2017). For at dette skal kunne skje trengs det flere forsøk som bygger videre på våre funn. Våre resultater understreker viktigheten av å forstå, samt utnytte naturlige økosystemer i akvakultur (Norling & Kautsky, 2007). I vårt tilfelle fungerer blåskjellene som en form for biologisk kontroll for lakseluspopulasjoner. Vi vet at det er et samspill i økosystemene, dette bør derfor utnyttes slik at man får den optimale effekten. Denne utnyttelsen av økosystemet, kan også være til stor hjelp for andre typer økosystem.

5.0 Konklusjon

Vi bekrefte hypotesen vår da vi kan konkludere med at blåskjell filtrerer planktoniske krepsdyr i og rundt et oppdrettsanlegg. Blåskjell filtrerer bort krepsdyr på størrelsen med lakselus nauplier, og vi kan dermed anta at de også ville blitt filtrert dersom de befant seg i vannmassene prøvetakingene ble holdt. Vår konklusjon på at vi ikke fant lakselus skyldes at vi har holdt forsøket feil i forhold til spredningsgraden hos lus horisontalt, og at mengden vann som ble pumpet opp var for lavt. Forsøket gir verdifull innsikt i hvordan blåskjell påvirker det marine miljøet. Den signifikante reduksjonen i antall krepsdyr og annet plankton i og i nærheten av blåskjellringen antyder at blåskjellenes filtreringseffekt er et resultat av høy betydning. Reduksjon i antall krepsdyr bak blåskjellringen indikerer at blåskjell har effekt over en større radius.

KI-systemet brukt under dette forsøket har vært til stor hjelp da det har redusert analysetiden. Imidlertid kreves det ytterligere forbedringer for å sikre en mer nøyaktig identifisering av lakselus i vannprøver. Dette vil være avgjørende for fremtidige forsøk som har behov for slike analyser. Ved korrekt utvikling kan KI bidra til økt effektivitet i datainnsamling og reduksjon av menneskelige feil.

Bærekraftig utnyttelse av blåskjell i akvakultur har potensiale til å redusere behovet for kjemiske behandlinger mot lakselus. Dette kan bidra til positive ringvirkninger for miljøet. En

grønnere status i trafikklyssystemet vil medføre et større produksjonsvolum av norsk oppdrettslaks. For å utnytte dette potensialet fullt ut, bør fremtidige forsøk fokusere på å optimalisere bruken av blåskjell rundt oppdrettsanlegg.

Referanseliste

- Adobe Photoshop*. (2024, mai 12). <https://photoshop.adobe.com>
- Asche, F., Roll, K. H., Sandvold, H. N., Sørvig, A., & Zhang, D. (2013). Salmon Aquaculture: Larger Companies and Increased Production. *Aquaculture Economics & Management*, 17(3), 322–339. <https://doi.org/10.1080/13657305.2013.812156>
- Barentswatch. (2024, april 30). *Fiskehelse*. <https://www.barentswatch.no/fiskehelse/fishhealthogram/12265/2024/20>
- Bjerkestrand, B., Bolstad, T., & Hansen, S.-J. (2013). *Akvakultur vg2: Havbruk i Norge* (2. utg., Bd. 356). Fagbokforlaget.
- Boxaspen, K., Agnalt, A.-L., Gjørseter, J., Jørgensen, L. L., & Skiftesvik, A. B. (2005). Kyst og havbruk 2005. 172 s. <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/handle/11250/114112>
- Boxaspen, K., & Asplin, L. (2005). *Nr.6_Lakselus_spres_med_strommen.pdf*. https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/115878/Nr.6_Lakselus_spres_med_strommen.pdf?sequence=1
- Brooks, K. M. (2005). The Effects of Water Temperature, Salinity, and Currents on the Survival and Distribution of the Infective Copepodid Stage of Sea Lice (*Lepeophtheirus salmonis*) Originating on Atlantic Salmon Farms in the Broughton Archipelago of British Columbia, Canada. *Reviews in Fisheries Science*. <https://doi.org/10.1080/10641260500207109>
- Braaten, B., R. (1980). *Veiledning i blåskjell dyrking på vestlandet*. https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/114198/fhb_1980_01.pdf?sequence=1
- Bui, S., Dalvin, S., Vågseth, T., Oppedal, F., Fossøy, F., Brandsegg, H., Jacobsen, Á., á Norði, G., Fordyce, M. J., Michelsen, H. K., Finstad, B., & Skern-Mauritzen, R. (2021). Finding the needle in the haystack: Comparison of methods for salmon louse enumeration in plankton samples. *Aquaculture Research*, 52(8), 3591–3604. <https://doi.org/10.1111/are.15202>
- Centre, S. L. R. (2023). *SLRC - Life cycle of the salmon louse (Lepeophtheirus salmonis)* [dataset]. DataverseNO. <https://doi.org/10.18710/GQTYYL>
- Eidem, B., & Melås, A. (2021). https://ruralis.brage.unit.no/ruralis-xmlui/bitstream/handle/11250/3004667/R+6_21+Oversikt+over+norsk+og+global+akvakultur+og+akvaf%C3%B4r+-+B.+Eidem+og+A.+Mel%C3%A5s.pdf?sequence=1

Elvestuen, T. (2022). *FN: Verdens befolkning fortsetter å vokse, men tempoet avtar*.
<https://fn.no/nyheter/fn-verdens-befolkning-fortsetter-aa-vokse-men-tempoet-avtar>

Ervik, A. (2005). *Konsekvensutredning av regionale miljøvirkninger av et framtidig økende fiskeoppdrett i Norge*.

FHF. (2020). *ESekt av luseskjørt? Det kommer an på lokaliteten*.
<http://www.fhf.no/nyheter/nyheter-fra-fhf/egekt-av-luseskjoert-det-kommer-an-paa-lokaliteten>

Fiskeridepartementet, N. (2017, oktober 30). *Regjeringen skrur på trafikklyset* [Pressemelding]. Regjeringen.no; regjeringen.no.
<https://www.regjeringen.no/no/dokumentarkiv/regjeringen-solberg/aktuelt-regjeringen-solberg/nfd/pressemeldinger/2017/regjeringen-skrur-pa-trafikklyset/id2577032/>

Fiskeridepartementet, N. (2023, september 28). *NOU 2023: 23* [NOU]. Regjeringen.no; regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2023-23/id2995224/>

Fiskeridepartementet, N. (2024, februar 2). *Tildeling av tillatelser til oppdrett i 2024* [Nyhet]. Regjeringen.no; regjeringen.no.
<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/tildeling-av-tillatelser-til-oppdrett-i-2024/id3023807/>

Fiskeridirektoratet. (2023). *Sta-laks-mat-10-rensefisk—Google-søk*.
https://www.google.com/search?q=Sta-laks-mat-10-rensefisk&oq=Sta-laks-mat-10-rensefisk&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIKCAEQABiABBiiBDIKCAIQABiAB BiiBDIKCAMQABiABBiiBNIBCEwMjhqMGo0qAIAAsAIB&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., & Nys, R. de. (2012, august 7). *The impact and control of biofouling in marine aquaculture: A review*.
<https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/08927014.2012.700478?needAccess=true>

FN. (2024). *FNs bærekraftsmål*. <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> Grefsrud, E. S., Agnalt, A.-L., & Berg Andersen, L. (2024, februar 7). *Report-pdf.pdf*.
<https://www.hi.no/templates/reporteditor/report-pdf?id=79308&98038084>

Gundersen, K. (2019). *Plankton*. Havforskningsinstituttet.
<https://www.hi.no/hi/temasider/arter/plankton>

Hamre, L., Bui, S., Oppedal, F., Skern-Mauritzen, R., & Dalvin, S. (2019). Development of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* parasitic stages in temperatures ranging from 3 to 24°C. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 429–443.
<https://doi.org/10.3354/aei00320>

Havforskningsinstituttet. (2024, mai 14). *Lakseluskartet*.
<https://www.hi.no/forskning/marine-data-forskningsdata/lakseluskart/html/lakseluskart.html>

Heggland, E. I., Dondrup, M., Nilsen, F., & Eichner, C. (2020). Host gill attachment causes blood-feeding by the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) chalimus larvae and alters parasite development and transcriptome. *Parasites & Vectors*, 13(1), 225. <https://doi.org/10.1186/s13071-020-04096-0>

Hjeltnes, B., Jensen, B., Bornø, G., Haukaas, A., & Walde, C. (2019). *Fiskehelsesrapporten 2018*. Brit Hjeltnes, Britt Bang Jensen, Geir Bornø, Asle Haukaas og Cecilie S. Walde. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2019/fiskehelsesrapporten-2018>

Holan, A. B., Roth, B., Breiland, M. S. W., Kolarevic, J., Hansen, Ø. J., Hermansen, Ø., Gjerde, B., Hatlen, B., Mortensen, A., Lein, I., & Noble, C. (2017). *Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI)*.

Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R. K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2015). *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett*. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2357896>

Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R., & Hess, E. J. (2017). *Kostnadsutvikling i lakseoppdrett – med fokus på fôr- og lusekostnader*. Nofima AS. <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/handle/11250/2481501>

Jensen, F., Tveterås, R., & Nielsen, R. (2024). The tragic light system. Is it a solution to a nonpoint pollution problem? *Aquaculture Economics & Management*, 0(0), 1–31. <https://doi.org/10.1080/13657305.2024.2301993>

Johnsen, I. A., & Asplin, L. (2016). Lakselus—Ein ekspert i forflytting. *Naturen*, 140(6), 245–249. <https://doi.org/10.18261/issn.1504-3118-2016-06-02>

Kartverket. (2024, april 30). *Havnivå, tidevann og vannavstand*. Kartverket.no. <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva/resultat?id=885380&location=Gudmundsetholmen>

Kesper, K. (2018). *Kan lakselus-nauplier bevege seg mot vannstrøm laget av blåskjell?* [Bachelor thesis, NTNU]. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2598813>

Kunstig intelligens (AI) | Definisjon, eksempler, typer, applikasjoner, selskaper og fakta | Britannica. (2024, mars 2). <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>

Laks (oppdrett). (2024). WWF. <https://www.wwf.no/sjømatguiden/laks-oppdrett>

Meeren, G. (2013). *FoH_5-2013.pdf*. https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/113917/FoH_5-2013.pdf?sequence=1

Mikkelsen, E. (2023). *Bærekraft i havbruk*. <https://www.barentswatch.no/havbruk/lakselus>

Molloy, S. D., Pietrak, M. R., Bouchard, D. A., & Bricknell, I. (2011). Svelging av *Lepeophtheirus salmonis* av blåskjell *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, 311(1), 61–64. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.11.038>

Norling, P., & Kautsky, N. (2007). Structural and functional effects of *Mytilus edulis* on diversity of associated species and ecosystem functioning. *Marine Ecology Progress Series*, 351, 163–175. <https://doi.org/10.3354/meps07033>

Nærings- og fiskeridepartementet. (2012). <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>

Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2019). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1398–1417. <https://doi.org/10.1111/raq.12299>

Pedersen, K. K., Mostad, S., & Paulsen, S. (2024). *Bacheloroppgave ved NTNU Ålesund*. NTNU.

Stien, L. H., Lind, M. B., Oppedal, F., Wright, D. W., & Seternes, T. (2018). Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture*, 490, 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.045>

Takle, H. R., Ytteborg, E., Nielsen, K. V., Karlsen, C. R., Nilsen, H. K., Sveen, L., Colquhoun, D. J., Olsen, A. B., Sørum, H., & Nilsen, A. (2015). Sårproblematikk og hudhelse i laks- og regnbueørrettoppdrett. I 5. <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/283471>

Universitetet i Oslo. (2011). *Plankton—Institutt for biovitenskap*. <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/plankton.html>

Webb, J. L., Vandenberg, J., Pirie, B., Robinson, S. M. C., Cross, S. F., Jones, S. R. M., & Pearce, C. M. (2013). Effects of temperature, diet, and bivalve size on the ingestion of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) larvae by various filter-feeding shellfish. *Aquaculture*, 406–407, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.04.010>

Winter, J. E. (1973). The filtration rate of *Mytilus edulis* and its dependence on algal concentration, measured by a continuous automatic recording apparatus. *Marine Biology*, 22(4), 317–328. <https://doi.org/10.1007/BF00391388>

WWF. (2024). *Laks (oppdrett)*. WWF. <https://www.wwf.no/sjømatguiden/laks-oppdrett>
Zsolt Volent, Jónsdóttir, K. E., Andreas Misund, Kristine Braaten Steinhovden, Matilde

Skogen Chauton, & Leif Magne Sunde. (2020). *Strategi lakselus 2017: Luseskjørt som ikke-medikamentell metode for forebygging og kontroll av lakselus – Utvikling av kunnskap om miljøforhold for økt eSekt og redusert risiko (SKJERMTEK)*.

Vedlegg:

Vedlegg 1: Blåskjellring



Blåskjellring fra overflaten. Ringen består av 3 blåser som er festet til en ring laget av plastrør. Fra plastrørene er det festet 18 strømper som er 2 meter lange. Strømpene er fylt med blåskjell som filtrerer plankton. Blåskjellringen er 100 cm i bredden.

Vedlegg 2: Forsøk filtreringseffekt av blåskjell



Oppsett for å teste filtreringseffekten av én blåskjellstrømpe med blåskjell i kar. Gjennomstrømning med sjøvann inn og sjøvann ut ved hjelp av pumpe.

Vedlegg 3: Måling av strømregning



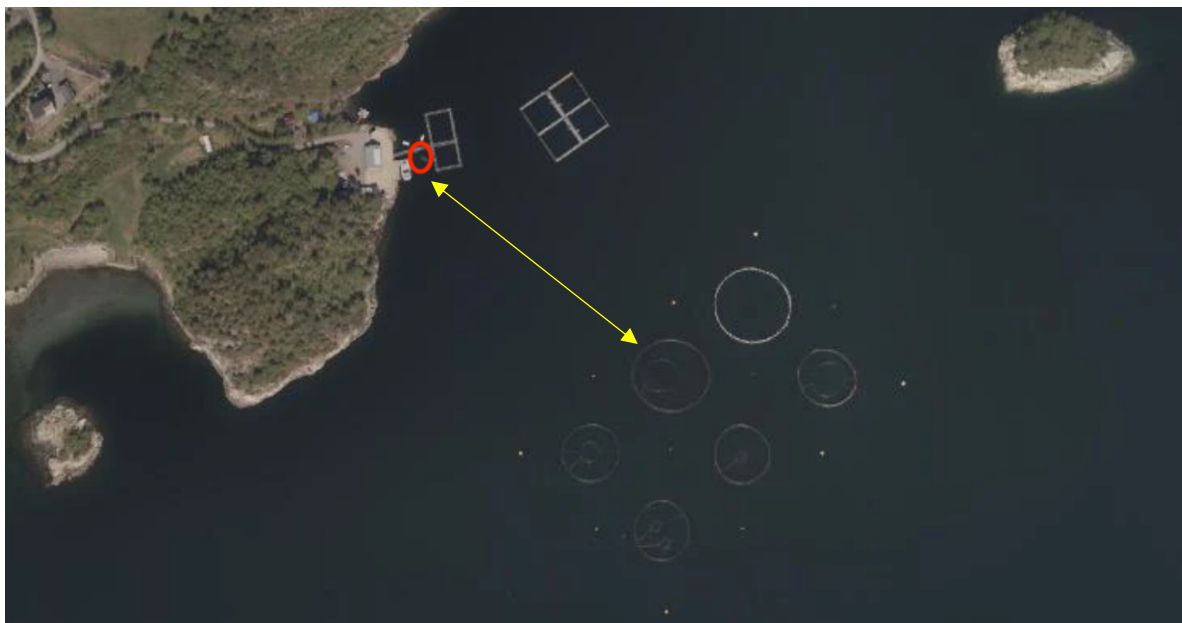
Test av undervannsstrøm ved hjelp av helmelk i rør. Lodd festet i enden av røret for å holde seg på samme plass under vann. Heller melk gjennom røret til dybden en ønsker å måle for å fysisk se hvor melken sprer seg med vannstrømmene. Vurderer strømregningen ut i fra dette.

Vedlegg 4: Posisjon forsøk 1



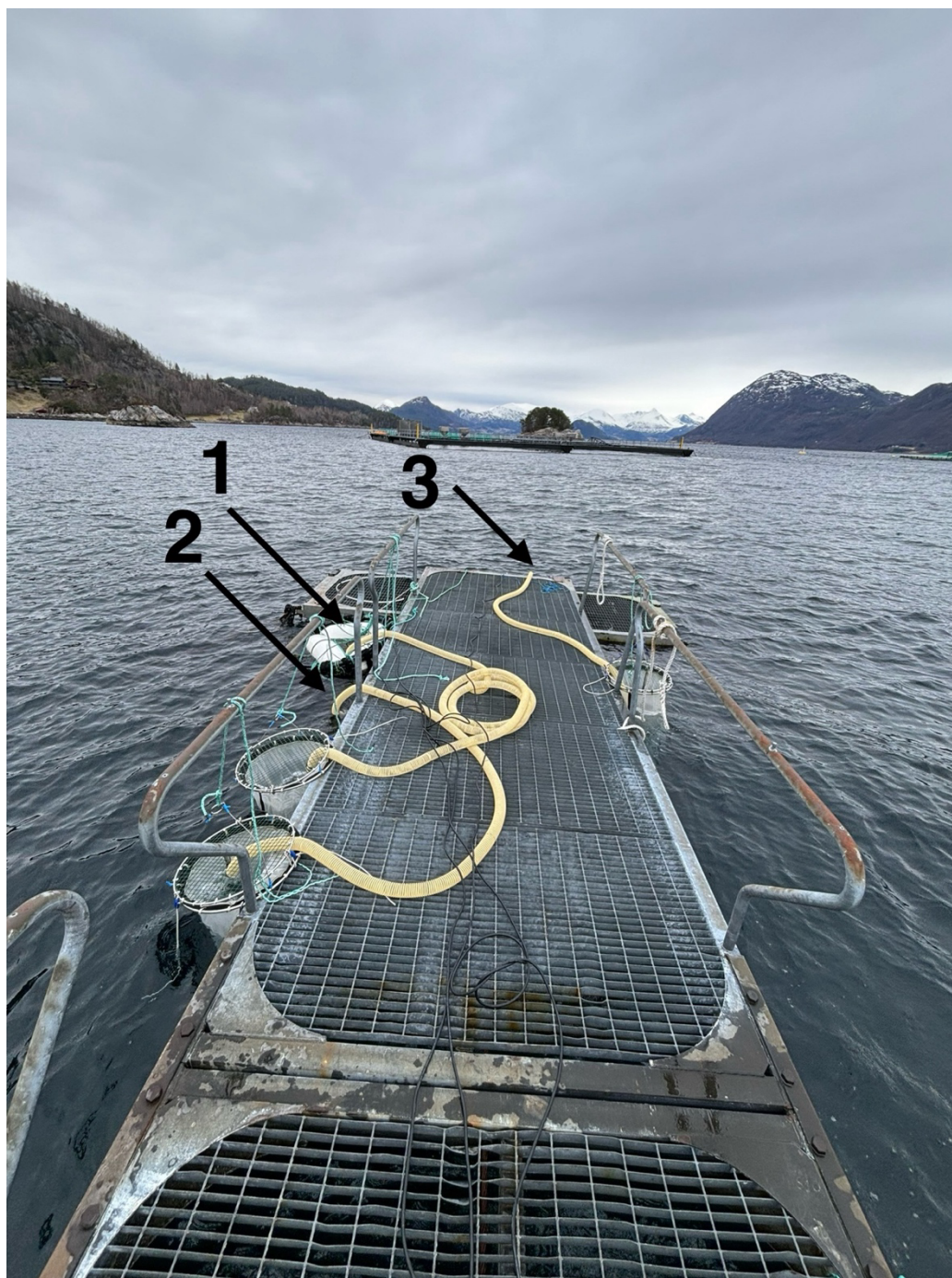
Posisjon (rød ring) for pumping av sjøvann i merd med oppdrettslaks fra forsøk 1.

Vedlegg 5: Posisjon forsøk 2 og 3



Posisjon under forsøk 2 og 3 (rød ring). Pumpingen av vann ved flytebryggen ble gjennomført på rød markering. Flytebryggen er ca. 170 meter unna oppdrettsmerkene, markert med gul pil.

Vedlegg 6: Plassering av pumpene ved flytebyggen



Oppsett for forsøk 1 og 2 på flytebyggen på Gudmundset. Pumpenummer er vist i røde tall med pil til plassering. Det er markert i svart pil med nummer mot pumpene.

Vedlegg 7: Instruksmanual KI

```
Welcome to use salmon lice detection system.

For fast running the model, please follow the following steps:

1. Copy your videos to Videos folder and then back to here.
2. Right click of the mouse , and then click "open in Terminal".
3. Input command "python .\Fast_start_track.py --source "Here you insert file or folder path" --model "E:\LOUSE_Detection\ultralytics\weights\best_Jan24.pt" --conf 0.XX"

Here --source followed with the path of your video

-- model followed with the trained model that we use for this prediction.

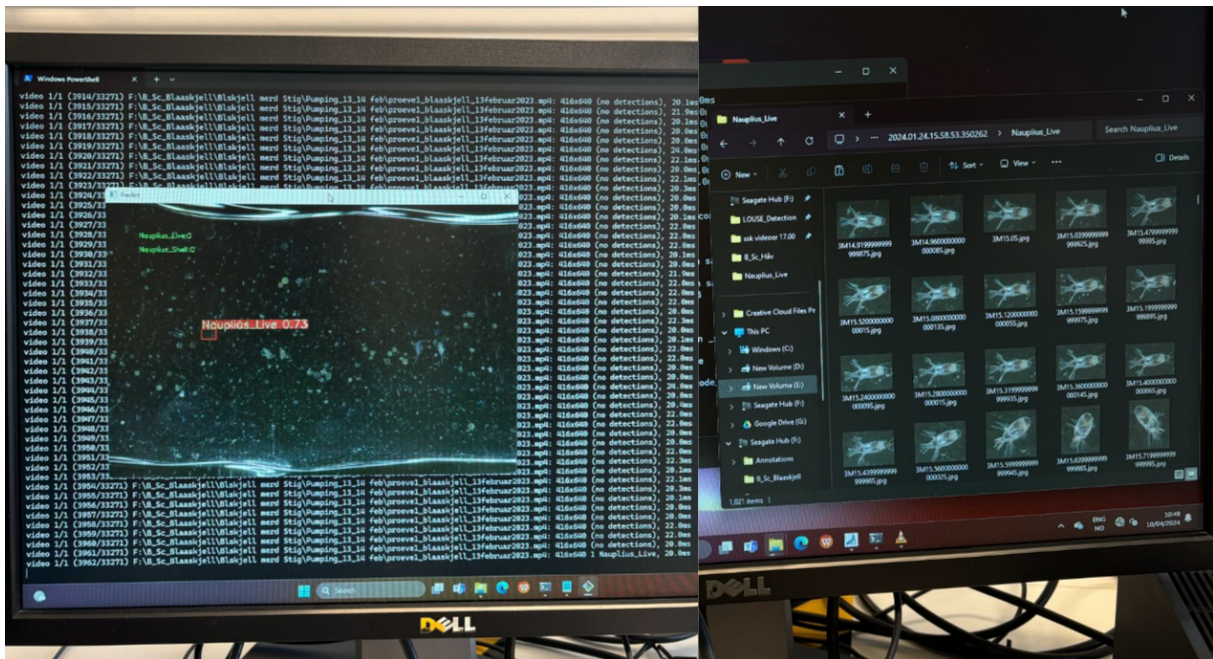
--conf followed with the confidence threshold (0 to 1.0). Only the predicted object with greater confidence than conf will be saved.

You can also just input "python .\Fast_start_predict.py --source "E:\LOUSE_Detection\Videos\MVI_6676.MP4" , then --model abd --conf will be filled default value.

4. The results will be saved in ""E:\LOUSE_Detection\predict"".
5. If you modify the source code and find it not working, you can unzip the "Just-for-backup.zip" and replace the source code files with new one.
```

Instruksmanual for YOLO (KI) modellen vi brukte for å sette inn ønsket video til analyse av KI. Illusjonen viser hele fremgangsmåten på hvordan en benytter seg av YOLO modellen.

Vedlegg 8: Utlipp KI-registrering av nauplius under videoanalyse.



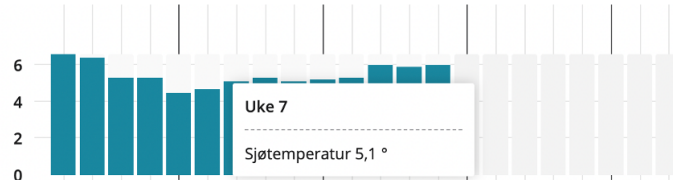
Bildet til høyre illustrerer hva skjermen viser når KI registrerer en antatt lakselus nauplie. Når KI registrerer en potensiell nauplie, blir denne avbildet og lagret i egen mappe som vist på bildet til venstre.

Vedlegg 9: Sjøtemperatur

Sjøtemperatur

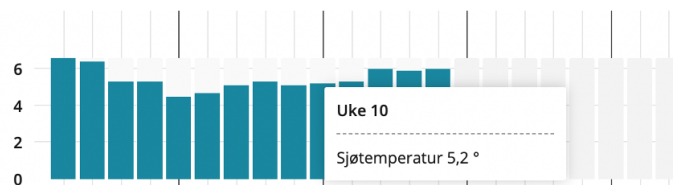
Sjøtemperatur uke 7, målt på lokalitet 12265 Gudmundset. (BarentsWatch, 2012)

Sjøtemperatur



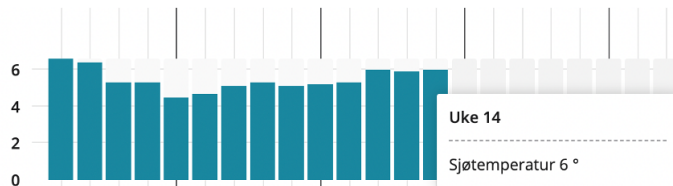
Sjøtemperatur uke 10, målt på lokalitet 12265 Gudmundset. (BarentsWatch, 2012)

Sjøtemperatur



Sjøtemperatur uke 14, målt på lokalitet 12265 Gudmundset. (BarentsWatch, 2012)

Sjøtemperatur



Sjøtemperaturer vist under prøvetakingsperiodene (uke 7, 10 og 14). Søylene viser temperatur per dag gjennom hele uken (BarentsWatch, 2012).

Vedlegg 10 – Deklarasjon om KI-hjelpemiddel



Deklarasjon om KI-hjelpemiddel

Har det i utarbeidinga av denne rapporten/avhandlinga blitt anvendt KI-baserte hjelpemiddel?

- Nei
 Ja

Viss ja: spesifiser type av verktøy og bruksområde under:

Tekst

- Stavekontroll.** Er delar av teksten kontrollert av:
Grammarly, Ginger, Grammarbot, LanguageTool, ProWritingAid, Sapling, Trinkai.ai eller liknande verktøy?
- Tekstgenerering.** Er delar av teksten generert av:
ChatGPT, GrammarlyGO, CopyAI, WordAi, WriteSonic, Jasper, Simplified, Rytr eller liknande verktøy?
- Skriveassistanse.** Er ein eller fleire av ideane eller framgangsmåtene i oppgåva foreslått av: *ChatGPT, Google Bard, Bing chat, YouChat* eller liknande verktøy?

Viss ja til anvending av eit tekstverktøy - spesifiser bruken her:

Chat GPT 3.5 er benyttet i deler av denne oppgaven for å bedre språket og setningsoppbyggingen. Chat GPT 3.5 foreslo en sammenheng mellom deler i introduksjon og elementer i diskusjon.

Koder og algoritmar

- Programmeringsassistanse.** Er delar av koden/algoritmane som i) framtrer direkte i rapporten eller ii) har blitt anvendt for produksjon av resultat slik som figurar, tabellar eller tallverdiar blitt generert av: *GitHub Copilot, CodeGPT, Google Codey/Studio Bot, Replit Ghostwriter, Amazon CodeWhisperer, GPT Engineer, ChatGPT, Google Bard* eller liknande verktøy?

Viss ja til anvending av eit programmeringsverktøy - spesifiser bruken her:

Bilde og figurar

- Bildegenerering.** Er eitt eller fleire av bilda/figurane i rapporten blitt generert av:
Midjourney, Jasper, WriteSonic, Stability AI, Dall-E eller liknande verktøy?

Viss ja til anvending av eit bildeverktøy - spesifiser bruken her:

Adobe Photohop ble benyttet for å generere et bilde av en merd med blåskjell rundt. Dette skulle illustrere grunnprippet til blåskjellene våre i praksis.

Andre KI-verktøy. Har andre typar av verktøy blitt anvendt? Viss ja spesifiser bruken her:

-
- Eg er kjend med NTNU sitt regelverk for kunstig intelligens. Eg har gjort greie for all bruk av kunstig intelligens enten i) direkte i rapporten eller ii) i dette skjemaet.

Sofie H.L. Bordvik Solazig J.S. Hønnel
Sofie Hønnel / 14.05.24 / Ålesund

Underskrift/Dato/Stad

KI er benyttet som hjelpemiddel i deler av oppgaven vår som vist og forklart i deklarasjonen.

