

# Rapport

## Sluttrapport: Automatisk telling av lakselus ved hjelp av optisk deteksjon

**Forfatter(e)**

Morten Omholt Alver  
Torfinn Solvang-Garten



# Rapport

## Sluttrapport: Automatisk telling av lakselus ved hjelp av optisk deteksjon

**EMNEORD:**måling;  
instrumentering;  
lakselus**RAPPORTNR**

A27250

**VERSJON**

2

**DATO**

2015-11-06

**FORFATTER(E)**Morten Omholt Alver  
Torfinn Solvang-Garten**OPPDRAGSGIVER(E)**

Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond FHF

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Prosjektnummer 901069

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

12+ vedlegg

**GRADERING**

Unrestricted

**GRADERING DENNE SIDE**

Unrestricted

**ISBN**

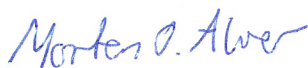
978-82-14-06013-3

**SAMMENDRAG**

Prosjektet omfatter felttester av et konsept for telling av parasittiske stadier av lakselus. Utstyret ble utviklet i et tidligere prosjekt støttet av Regionalt Forskningsfond Midt-Norge, Storvik Aqua, Marine Harvest og Lerøy. Målekonseptet fungerer med tanke på å øke kontrasten mellom laks og lus. Enkel bildebehandling er testet, og det er vist at det er mulig å skille lus fra fisk. Belysningsintensitet er essensielt, og må være av rett kvalitet. Erfaringer som er gjort knyttet til testing av optiske måleinstrumenter i havbruksmerder omtales også.

**UTARBEIDET AV**

Morten Omholt Alver

**KONTROLLERT AV**

Torfinn Solvang-Garten

**GODKJENT AV**

Gunvor Øie

**PROSJEKTNR**

6021831

**RAPPORTNR**

A27250

**VERSJON**

2

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2015-10-22	Til gjennomsyn for prosjektets styringsgruppe

---

2	2015-11-06	Endelig versjon
---	------------	-----------------

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Problemstilling og formål</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Prosjektgjennomføring</b> .....	<b>4</b>
3.1	Måleriggen fra Luseteller-prosjektet .....	4
3.2	Tilpasninger av måleriggen .....	4
3.3	Innledende test i laboratoriet .....	6
3.4	Felttest .....	6
<b>4</b>	<b>Resultater og diskusjon</b> .....	<b>6</b>
4.1	Test av måleprinsipp .....	6
4.1.1	Laboratorium .....	6
4.1.2	Felttest.....	7
4.2	Forsøksmetodikk for optisk målerigg i havbruksmerd .....	11
4.2.1	Forutsetninger for en vellykket test .....	11
4.2.2	Strategi for felttest .....	11
<b>5</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Leveranser</b> .....	<b>12</b>

## BILAG/VEDLEGG

---

---

## 1 Innledning

Storvik Aqua AS har i samarbeid med SINTEF Fiskeri og havbruk, NTNU, Lerøy Midt og Marine Harvest gjennomført et prosjekt, delfinansiert av Regionalt Forskningsfond Midt-Norge, hvor målet har vært å utvikle et konsept for automatisk telling av lakselus på laks i havbruksmerder (heretter kalt "Luseteller"). Prosjektet er per i dag fullført. Status er at et optisk målekonsept er beskrevet, men ikke tilstrekkelig testet.

FHF-prosjektet som omtales her omfatter test av utstyret tidligere utviklet. Rapporten beskriver også utvikling som ble gjort av Storvik Aqua og SINTEF i prosjektperioden for å støtte opp om arbeidet i dette prosjektet, da dette er relevant for forståelsen av resultatene.

Prosjektgruppen var organisert som følger:

Styringsgruppe: Knut Måløy (Storvik Aqua), Olav Breck (Marine Harvest) og Ragnhild Aukan (Lerøy)

Prosjektgruppe: Morten Omholt Alver (prosjektleder), Torfinn Solvang-Garten

## 2 Problemstilling og formål

Målekonseptet utviklet i Luseteller-prosjektet har gitt positive resultater under kontrollerte former i laboratorium, men det har ikke lyktes å gjennomføre en tilfredsstillende felttest av konseptet. Storvik Aqua ønsker å videreføre arbeidet i et prosjekt med finansiering fra Innovasjon Norge, fortsatt med SINTEF som FoU-partner. For å understøtte søknadsprosessen mot Innovasjon Norge er det et behov for bedre dokumentasjon av konseptet fra en felttest. Denne situasjonen ble tatt opp med FHF, og er bakgrunnen for opprettelsen av dette prosjektet.

Formålet med dette prosjektet er for det første å gjennomføre nødvendige tester av måleprinsippet, og for det andre å beskrive forsøksmetodikk for test av optisk målerigg i havbruksmerd.

## 3 Prosjektgjennomføring

I det følgende beskrives det som er gjort i prosjektperioden. Prosjektet var opprinnelig planlagt gjennomført over en tre måneders periode, men sluttdatoen måtte av flere grunner utsettes langt utover den planlagte datoen. Dette skyldtes at det ble avdekket problemer med måleriggen som krevde flere tilpasninger, og at disse tok betraktelig lenger tid enn antatt. Testen som avdekket disse problemene ble gjort kort tid før dette prosjektet ble innvilget, og utfordringene var derfor ikke tatt i betraktning.

### 3.1 Måleriggen fra Luseteller-prosjektet

Måleriggen som ble bygd i Luseteller-prosjektet ble opprinnelig laget for å kunne teste flere belysninger og flere kamera i samme oppsett. Den består av et sveiset hus i syrefast stål, med bakplate og frontglass som tettes med gummipakninger og boltes fast. Huset har vanntette gjennomføringer for kabler, og er beregnet for å kommunisere med en PC på overflaten. Innvendig ble det opprinnelig montert tre par lyskilder av forskjellig type, et maskinsynkamera og et Nikon speilreflekskamera. Nikon-kameraet er ikke en naturlig bestanddel i et ferdig kommersielt system, men tilbyr per i dag den beste bilde kvaliteten til en rimelig kostnad. Det foregår rask utvikling av digitale kamera, og det som er det beste på markedet i dag vil om kort tid være tilgjengelig også i form av rimeligere utstyr. Derfor ble det valgt å bruke dette kameraet for å sikre best mulige resultater i testfasen.

### 3.2 Tilpasninger av måleriggen

En ulempe med Nikon-kameraet er at det ikke er beregnet på innbygging i automatiserte system. Huset ble satt opp med en mekanisme som trigger kamera og belysning for å synkronisere disse. Kameraet viste seg å

ha en variabel forsinkelse ved bildetaking, og dette skapte problemer i testene som ble gjort i Luseteller-prosjektet. Det har derfor blitt gjort en tilpasning av triggemekanismen i forkant av testene i dette prosjektet. I tillegg ble det installert nytt frontglass som skulle ha bedre optiske egenskaper.

Tilpasningene av riggen er i hovedsak gjort av Storvik Aqua, med noe bistand fra SINTEF. Begge de beskrevne endringene førte med seg uventede utfordringer som gjorde at forberedelsene tok lenger tid enn planlagt. Den nye triggemekanismen var lagt opp slik at PCen fra overflaten kun trigget Nikon-kameraet direkte. Kameraet har en utgang for trigging av ekstern blitz, og denne ble utnyttet for å trigge lyset slik at dette blir synkronisert med kameraet uavhengig av forsinkelsen i dette. Dette viste seg å være problematisk - signalet på triggeutgangen var for svakt til å kunne brukes direkte mot LED-driveren. Det ble slått fast at triggerutgangen var defekt, og en ny løsning måtte settes opp. Denne løsningen besto i å introdusere et Arduino mikrokontroller-kort som trigger både kameraet og lyset direkte, med passende tidsforsinkelse mellom disse.

Endringen av frontglass besto i å installere en noe tynnere glassplate som erstatning for akrylplaten som var brukt tidligere. Det nye glasset ble testet under trykk tidlig i september, og viste seg å ikke tåle det ønskede trykket. Glasset måtte derfor erstattes, og det ble gjort en forsterkning mot en bakplate av metall som støtter opp store deler av glasset (utenfor områdene hvor det trengs lysgjennomtrengning).

Det er også blitt installert nye lyskilder med tilpassede linser. Dette krevde en kartlegging for å velge riktig lyskilde, beskrevet i neste avsnitt.



**Figur 1: Bilde av målerigg etablert i Luseteller-prosjektet**

### 3.3 Innledende test i laboratoriet

For denne testen ble det innhentet avlivet fisk med levende lakselus fra lusetelling utført av Marine Harvest. Formålet med testen var å teste en serie med smalspektrede LED-lyskilder, samt en bredspektret lyskilde sammen med en serie båndpassfilter, for å avgjøre hvilke som kunne gi det beste bildematerialet. LED-lyskildene som skal brukes i undervannshuset er sammensatt av mange individuelle LEDs for å oppnå stor effekt, og er foreløpig kostbare. Det ble innkjøpt mindre og billigere LEDs for denne testen, slik at riktig variant kunne velges og kjøpes inn i større antall. Forberedelsene til denne testen tok tid på grunn av lang leveringstid på LED-lamper og filter.

### 3.4 Feltest

Basert på resultatene fra den innledende testen ble det bestilt 8 stk effekt-LEDs av riktig type samt asfæriske linser for å gi en smal, rettet lyskjegle fra hver. Begge tiltakene er av betydning for å få tilstrekkelig sterkt lys i synsfeltet til kameraet, og dette anses som den viktigste faktoren for å oppnå gode resultater i felt. Holdere for linsene ble konstruert og 3D-printet i plast ved SINTEF Fiskeri og Havbruk.

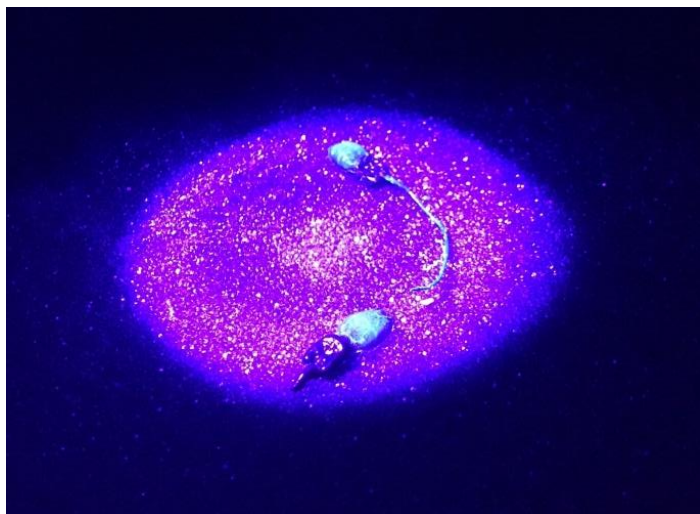
Det ble skissert to tilnærminger til gjennomføring av feltesten i dette prosjektet – den ene test med fisk tatt ut manuelt, avlivet og plassert foran måleriggen under vann. Den andre tilnærmingen var test i merd ved anlegg hos Marine Harvest eller Lerøy. Som følge av utfordringene tids- og budsjettmessig i dette prosjektet ble bare den første av disse gjennomført.

## 4 Resultater og diskusjon

### 4.1 Test av måleprinsipp

#### 4.1.1 Laboratorium

Tester med innkjøpte LEDs i ulike bølgelengder ble gjennomført ved Storvik Aqua sitt anlegg på Meisingset. Denne testen indikerte hvilke LEDs som ga best resultat, og ikke minst hvor viktig det er å fokusere lysenergien. De fleste LEDs har en relativt bred strålevinkel, og ved å benytte asfæriske linser kan lyset samles på et mindre areal. Bildet i figur 2 nedenfor er tatt under denne testen, der levende, voksen lakselus ble plukket opp av vannet, plassert i luft og belyst.



**Figur 2 - Bilde tatt under den innledende testen. Bildet er tatt med en iPhone 5 og er ikke redigert med hensyn til farger.**

Det er helt essensielt at både linser og glass i undervannshus ikke demper de aktuelle bølgelengdene. Siden det er ønskelig å belyse et relativt stort areal, og "konkurrere" med refleksjoner fra dagslyset også på relativt små dyp, er det viktig med store lysmengder.

#### 4.1.2 Feltest

På grunn av manglende tids- og økonomiske ressurser ble feltesten gjort om fra den planlagte testen ved lusetelling ved et lakseanlegg, til en utendørs test ved Sealab, i vann, med fersk, men død fisk. En annen forutsetning for en vellykket feltest i merd var at en blinkende dummy skulle brukes for å tilvenne fisken til riggens blinkende lys. Denne ble ikke satt ut i tide, noe som også gjorde forutsetningene dårligere for en vellykket test. Testen ble gjennomført ved at tre stk. laks med lus fra et av Marine Harvest sine anlegg på Hitra ble avlivet tidlig på morgenen og sendt til SINTEF Sealab i kasse med is via hurtigbåt. Ved Sealab ble fisken umiddelbart benyttet i testen.

Første del av testen ble gjennomført i luft. Det ble umiddelbart klart at frontglasset i undervannshuset dempet lyset betydelig, og dette ble fjernet. Det innebar at resterende tester ikke kunne utføres med lys- og kamerarigg under vann. Med frontglasset borte, og med 8 LEDs med tilpassede linser og fisken på en avstand av ca. 100 cm ble det oppnådd tilstrekkelig kontrast mellom lus og fisk. Denne delen av testen ble utført innendørs, med redusert rombelysning.

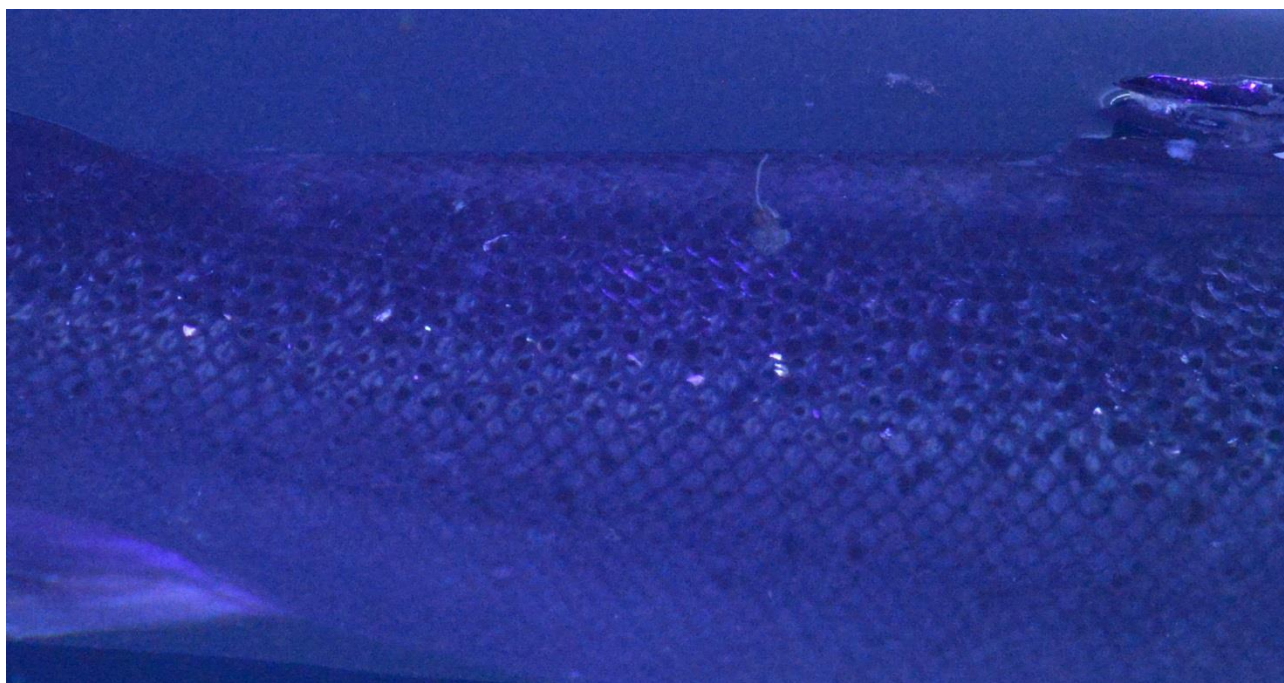
Neste del av testen ble gjennomført utendørs, i et medium sterkt dagslys (oktober, lettskyet vær), i en vanntank. På grunn av ovennevnte problem med frontglasset, ble denne delen av testen suboptimal med tanke på refleksjoner og lysbryting mellom fisken under vann og lys- og kamerarigg over vannflaten. Dagslyset virket også relativt sterkt inn her og dempet den ønskede effekten – noe som også taler for at det eksterne lyset er en forstyrrende faktor, nær overflaten i dagslys.

Figur 3-5 viser eksempler på bilder tatt med fisk og lus i luft og i vann. Utsnitt av originalbildene er vist sammen med utsnitt av bildene etter enkel manipulering av fargeplan som bidrar til å gi tydeligere kontrast mellom lus og fisk.

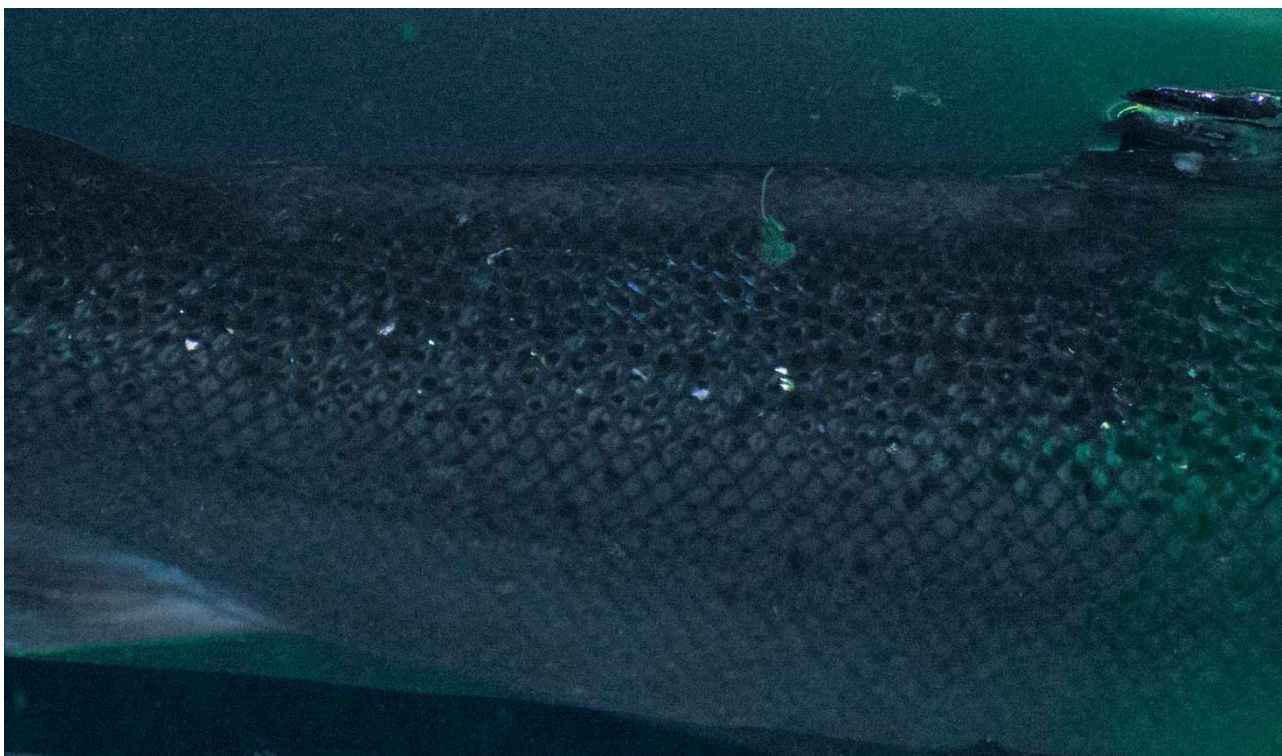




**Figur 3 - Tatt i luft, innendørs. Til venstre utsnitt av det originale bildet. Til høyre samme bilde etter enkel manipulasjon av fargeplan.**

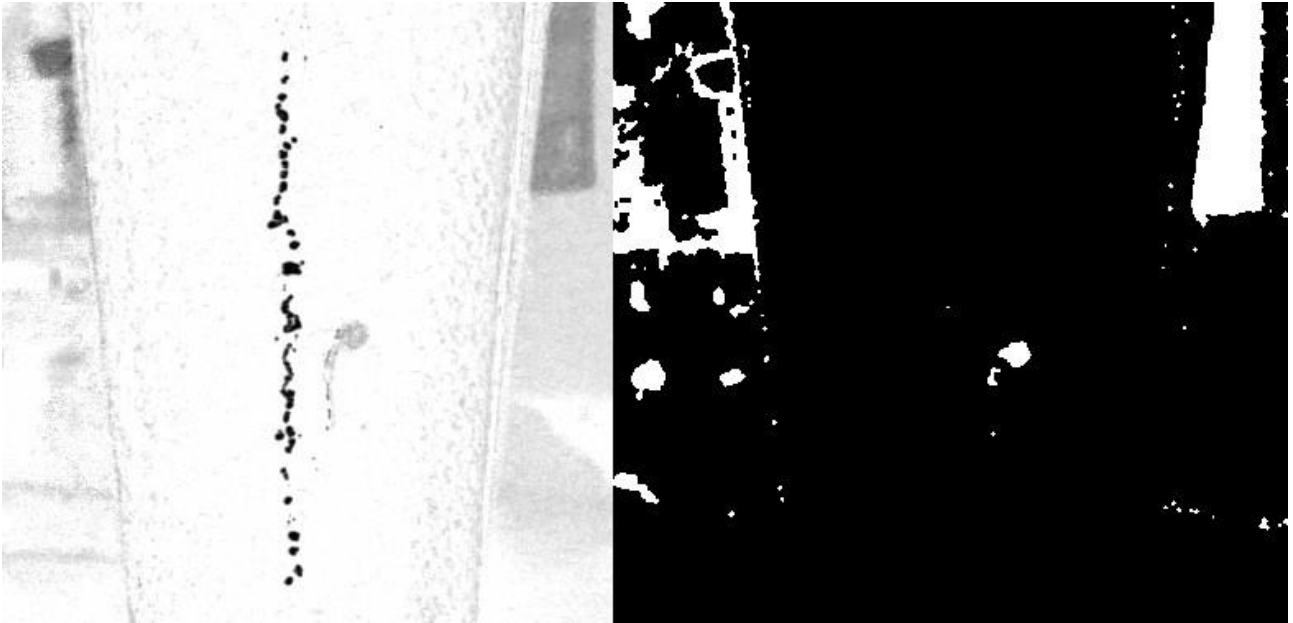


**Figur 4 – Tatt i vann, utendørs. Utsnitt av det originale bildet.**

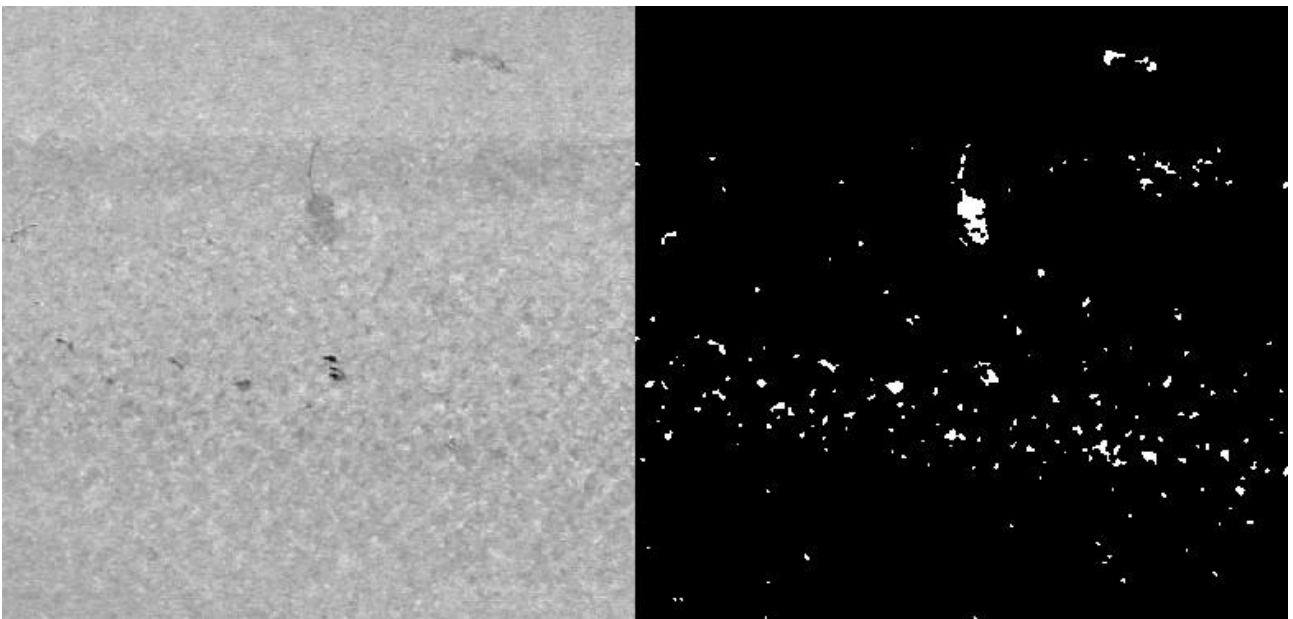


**Figur 5 - Tatt i vann, utendørs. Utsnitt av samme bilde som over, men etter enkel manipulasjon av fargeplan.**

Figur 6 og 7 viser eksempler på videre behandling av bildene. Bildene er her uttrykt i HSV-format (hue, saturation, value), og utsnitt av saturation-dimensjonen er vist. I begge bildene kan en se avtrykket av lusa i dette planet, og dette er noe som kan utnyttes i en algoritme for automatisk deteksjon av lus i bildene. Høyre del av figurene viser eksempel hvor en identifiserer piksler hvor saturation-dimensjonen inneholder verdier i et visst intervall (intervallene er forskjellig for de to bildene fordi de optiske omgivelsene er forskjellige), og deretter gjør en filteroperasjon for å fjerne støy. Eksempelene tar utgangspunkt i de originale bildene, men ved å forbehandle dem som vist ovenfor er det mulig å forbedre kontrasten før videre bildebehandling.



**Figur 6 – Venstre: Saturation fra bilde tatt i luft. Ingen manipulasjon av bildet er gjort i forkant. Høyre: tersklet og filtrert versjon, hvor en tydelig kan se avtrykket av lusa.**



**Figur 7 - Venstre: Saturation fra bilde tatt i vann. Ingen manipulasjon av bildet er gjort i forkant. Høyre: tersklet og filtrert versjon, hvor en tydelig kan se avtrykket av lusa.**

## 4.2 Forsøksmetodikk for optisk målerigg i havbruksmerd

De følgende avsnittene oppsummerer noen av erfaringene som ble gjort rundt forsøksmetodikk i Luseteller-prosjektet. Disse er generelt relevante for test av optiske målesystemer i havbruksmerd.

### 4.2.1 Forutsetninger for en vellykket test

De optiske forholdene i en oppdrettsmerd legger klare begrensninger på rekkevidden til optiske instrumenter, avhengig av hvilke bølgelengder man jobber med. Instrumenter som skal hente ut bilder av fisken er derfor avhengige av å komme tilstrekkelig nær et mest mulig representativt utvalg av fisk. I oppdrettsmerder i industriell skala er det stor plass, og dersom utstyret virker avskrekkende på fisken, eller plasseres feil, vil det ikke lykkes å få ut et godt bildemateriale.

Fiskens atferdsrespons til måleriggen avhenger av en rekke faktorer:

- **Utformingen av utstyret:** Farge, refleksjoner og synlige lys har betydning. Blinkende lys kan ha større virkning enn konstante lys.
- **Omgivelseslys:** Den avskrekkende effekten av lysende enheter er sterkere under mørke forhold.
- **Fiskepopulasjonen:** Fisk som har vært lengre i sjø vil typisk være mindre sensitiv til endringer i omgivelsene. Dersom fisken eksponeres for en målerigg over tid vil populasjonen venne seg til riggen, og responsen reduseres.
- **Tidligere eksponering for undervannsllys:** Hvis lysstyring har vært brukt på populasjonen kan den forventes å være mindre sensitiv til lys på en målerigg.

### 4.2.2 Strategi for felttest

**Valg av lokalitet:** Fisken på lokaliteten må oppfylle de grunnleggende forutsetningene for testen vedr. type og størrelse. For en test av lusetelleren er det avgjørende at fisken har tilstrekkelig høye lusetall for å få et godt bildemateriale. Dette kan være utfordrende, da for høye lusetall vil utløse krav om avlusing som ikke kan utsettes av hensyn til et planlagt forsøk, så det må velges en lokalitet med moderate lusetall uten for stor forventet stigning i tiden fram til forsøksstidspunktet. Der det planlegges å forberede populasjonen før forsøket, og/eller et forsøk over lengre tid, blir dette spesielt viktig å ta hensyn til.

Av hensyn til atferden er det også nyttig å vurdere fiskens fartstid i sjøen og evt. andre elementer som kan bidra til større eller mindre sensitivitet overfor måleriggen.

**Forberedelse av fiskepopulasjonen:** For i størst mulig grad å eliminere atferdsrespons overfor måleriggen bør populasjonen forberedes gjennom at den eksponeres for måleriggen over tid før forsøksstart. Av praktiske årsaker vil det ofte være hensiktsmessig å bruke en "dummy", som er mest mulig lik måleriggen, men som ikke inneholder de aktuelle komponentene. Dersom måleriggen har konstante eller blinkende lys, bør dummyen så langt det er mulig ha liknende lys, da lyset under enkelte forhold kan utgjøre den største faktoren som påvirker atferden til fisken. Det vil være mulig å vurdere visuelt fra overflaten eller via undervannskamera om fisken aktivt unngår riggen, og om dette endrer seg over tid. Skal måleriggen forflyttes i merden bør det vurderes å benytte flere dummyer i flere posisjoner, slik at fisken ikke reagerer på posisjonsendringen.

De optiske forholdene, og den atferdsmessige responsen, vil være svært forskjellig mellom dag og natt. Det er viktig å vurdere i forkant om data skal samles inn om dagen eller natten, eller begge deler. Særlig ved

datainnsamling under mørke omgivelsesforhold kan det forventes tydelig atferdsrespons overfor konstante eller blinkende lys.

**Varighet og strategi for test:** Varigheten av testen vil avhenge av hva slags materiale som skal samles inn, og hvor stort behov en har for å samle store deler av populasjonen. En avgjørende faktor i planleggingen av testen er hvorvidt riggen autonomt skal samle inn data over tid, eller om testen krever tilstedeværelse av teknisk personell eller arbeidsbåt. Det vil normalt være mer kostbart å forberede og plassere ut en autonom forsøksrigg, så det må gjøres en avveining av denne kostnaden opp mot kostnaden ved å gjøre en aktiv test. I det siste tilfelle kan det være vanskelig å forutsi hvor mange dagers test som vil kreves for å få et tilstrekkelig materiale, noe som stiller større krav til en godt forberedt fiskepopulasjon.

## 5 Konklusjon

Målekonseptet utviklet i dette prosjektet fungerer med tanke på å øke kontrasten mellom laks og lus, og ved enkel bildebehandling er det vist at det er mulig å skille lus fra fisk. Belysningsintensitet er essensielt, og må være av rett kvalitet. Dette innebærer at tilgjengelig teknologi til en viss grad begrenser mulighetene, men utviklingen av for eksempel effektive LED-pærer går svært raskt.

Muligheten for å skille mellom ulike stadier er ikke forfulgt i disse testene, men vil på generelt grunnlag være større ved bedre bildekvalitet. Mer lys vil i utgangspunktet gi bedre kontrast og mulighet for bedre grunnlag for bildebehandling, spesielt forholdet mellom valgt lyskvalitet og dagslys, som virker dempende på smale lyspektre. Dette gjelder også direkte for spørsmålet rundt hvor små lus (hvilke stadier) som kan detekteres, i tillegg til oppløsningen som benyttes for bildedanning.

Plassering av lus på fiskekroppen og metodens representativitet: Siden det ikke ble gjennomført noen tester i merd på frittstående fisk ble det heller ikke hentet inn et bildemateriale som kunne benyttes for å svare på disse spørsmålene. Som en generell betraktning er det sannsynlig at enkelte belysningsvinkler mellom kamera, lys og lusens "normalvektor" vil gi varierende effekt. Muligens vil noen belysning- og betraktningvinkler gi en for lav effekt. Dette er faktorer som kan bøtes på ved å benytte flere kamera, plassert i avstand fra hverandre, for å dekke nettopp flere mulige betraktningvinkler av den passerende fisken. Det samme gjelder for lyskildenes plassering. I ytterste konsekvens kan kamera- og lysriggen utformes som en halvsirkel, som innenfor gitte avstander vil kunne dekke en side av fiskekroppen totalt. Ved bruk av statistikk (i motsetning til enkeltmålinger) vil det være overflødig å betrakte hele fiskekroppen, da det ikke er noen kjente faktorer som tilsier at én av fiskens sider konsekvent er mer utsatt for lus enn den andre.

## 6 Leveranser

Denne rapporten utgjør leveransen i prosjektet.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)