

# Lys og rensefisk

Bakgrunnen for prosjektet «Kunstig lys og rensefisk» var å finne ut om ekstra lys i den mørke årstiden kunne øke effektiviteten til rensefiskene ved at de fikk lengre «arbeidsdag» der de kan se og plukke lus. Prosjektet hadde tre faser; 1) kartlegging av hva de ulike rensefiskene ser av farger, 2) kartlegge rensefiskenes reaksjon på farger, 3) teste ut ekstra lys i merdforsøk.

Anne Berit Skiftesvik, Reidun Bjelland, Caroline Durif, Kim Halvorsen, David Fields, Ellis Loew og Howard Browman Havforskningsinstituttet | anne.berit.skiftesvik@hi.no

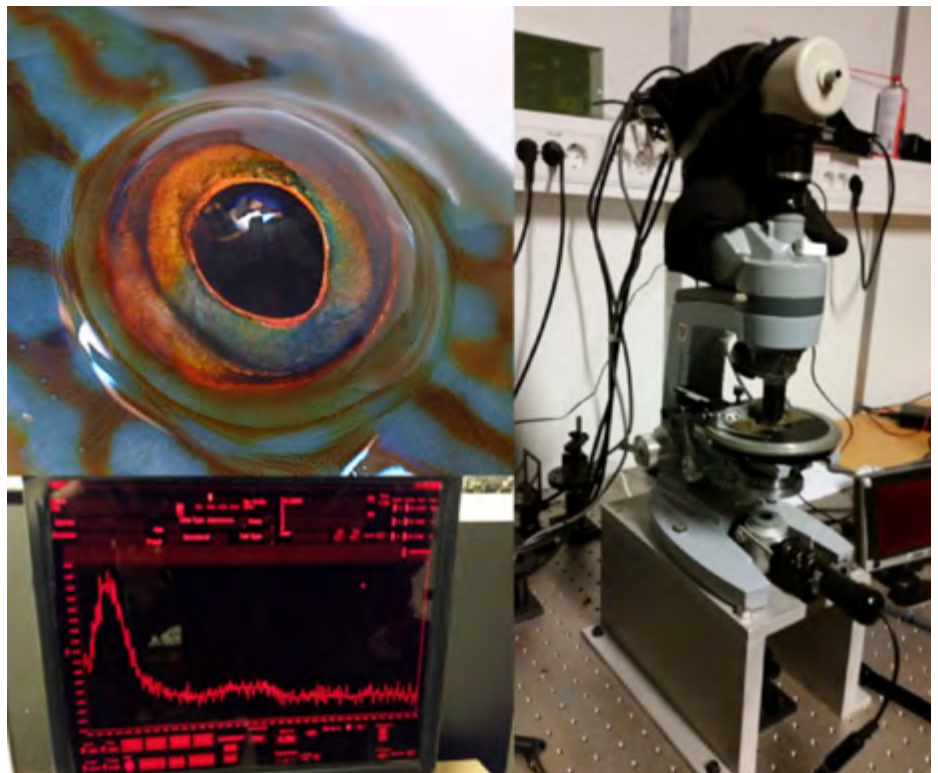
## Hvilke farger ser rensefiskene?

Rensefiskene berggylte, bergnebb, grønngylte, grasgylte og rognkjeks brukes som luseplukkere i lakseoppdrett. Alle bruker synet til å finne lakselusa som sitter på laksefisken. For å observere lusa på laksen må rensefiskene skille ut lusa fra bakgrunnen. Fisk har ikke samme fargesyn som oss, dvs. deres fargeverden er forskjellig fra vår. Så hvilke farger ser rensefiskene våre, og hvilke kontraster gir de ulike fargene? Denne informasjonen trengs når en skal bestemme lyssetting, både for rensefisk som luseplukkere og ved oppdrett av rensefiskerarter, og da med hensyn på lyssetting der kontrast med fôrpartikler maksimeres slik at fiskene lettere observerer fôrpartiklene de blir tilbudt. I FHF prosjektet «Kunstig lys og rensefisk» (FHF prosjekt 901146) ble fargesynet til rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*, oppdrettet), grønngylte (*Symphodus melops*, villfanget) og bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*, villfanget) undersøkt, og i FHF prosjekt «LeppeProd» (FHF prosjekt 900554) ble fargesynet til berggylte (*Labrus bergylta*, oppdrettet), undersøkt.

I begge disse prosjektene ble Mikrospektrofotometri (MSP) (figur 1) brukt til å måle absorbans-spekteret til fotoreseptorcellene i retina hos disse fire

rensefiskartene. Bare lys som absorberes av de visuelle pigmentene kan stimulere en respons hos fisken.

Synspigmenter kan karakteriseres ved bølgelengden for maksimal absorpsjon ( $\lambda_{\max}$  eller  $X_{\max}$  for spektra som ikke er tilpasset predefinerte kurvmodeller).



**Figur 1: Mikrospektrofotometri.** Utstyr brukt til å kartlegge fargepigmentene i øyet på rensefisk. Disse registreringene må gjennomføres i totalt mørke.

Synspigmentene identifiseres ofte med farge i henhold til menneskets  $\lambda_{\max}$ . Først ble de ulike artenes absorpsjonsskurver identifisert for tre ulike pigmenter: Kortbølge (SWS) og langbølge (LWS) sensitive tapper til oppfattelse av fargesyn og bevegelse ved høye lysstyrker, og staver til svart-hvitt syn og bevegelsesdeteksjon ved lav lysstyrke. Deretter ble kontrastpotensialet undersøkt ved å subtrahere absorpsjonsspekteret til SWS tappene fra absorpsjonsspekteret til LWS tappene. Dette brukes til å identifisere bølgelengdene (fargene) hvor rensefiskene har høyest kontrastpotensiale og best kan skille de ulike fargene fra hverandre.

## Hva fant vi?

### Lysspektersensitivitet og kontrastpotensiale

Alle fire artene hadde de samme fotoreseptorceller i retina; staver og tapper (lange, korte og doble). Figur 2 viser absorpsjonsmaksimum de ulike rensefiskartene har. Berggylte har et absorpsjonsspekter som er typisk tilpasset blå-grønt farget vann. Grønngylte hadde et lignende mønster

## Sammenheng

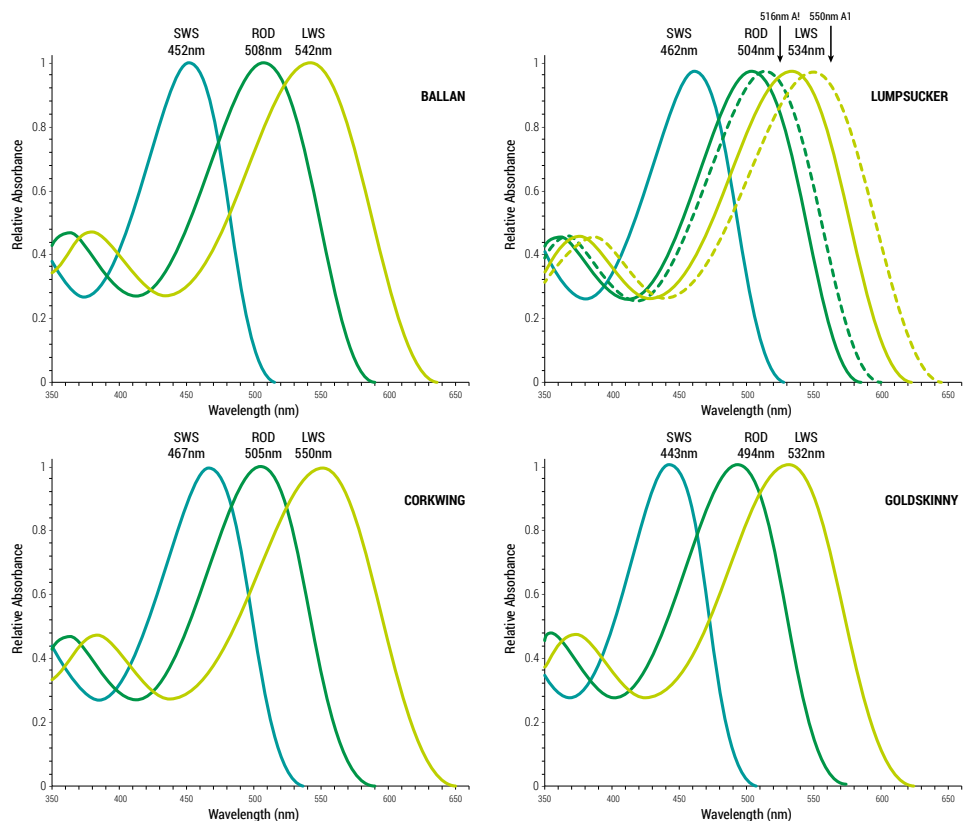
Rensefisk er oppdrettsnæringens viktigste ikke-medikamentelle verktøy mot lakselus. De viktigste rensefiskartene er rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*, oppdrettet), berggylte (*Labrus bergylta*, både villfanget og oppdrettet), grønnngylte (*Symphodus melops*, villfanget) og bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*, villfanget). Leppefisk vil normalt ha lavere aktivitet ved lave temperaturer, men rognkjeks lever normalt ved lave temperaturer uten redusert aktivitetsnivå. Imidlertid er all rensefisk avhengig av synet for å detektere lakselus, og kortere daglengder i vinterhalvåret kan derfor redusere effektiviteten på lusebeiting. Formålet med dette prosjektet var å finne ut om forlenget dag med kunstig lys kan redusere antall lus på laks ved bruk av rensefisk. Først kartla vi fargesyn og undersøkte adferdsresponsen til lys av ulike farger og intensitet for rensefiskene rognkjeks, berggylte, bergnebb og grønnngylte. Blått lys med absorbanstopp på 476 nm ble brukt videre i merdforsøk med laks og rensefisk hvor lusetall ble sammenliknet med kontrollmerder uten lys. Forsøkene gikk over 8 uker. Lusetallene var generelt høye i både lys og kontrollforsøk og uavhengig av arter rensefisk. I det første merdforsøket (startet i 2015) viste tilleggslus å gi noe redusert antall bevegelige lus på laksen i merder med rognkjeks og bergnebb. Dette var ikke tilfellet året etter hvor bergnebb og grønnngylte ble testet, og lusenivåene var generelt sett mye høyere. Vekt og lengde ble målt på all rensefisk i forkant og etterkant av forsøkene. Det var tydelige artsforskjeller i vektendringer og overlevelse. Rognkjeks økte vekten med i gjennomsnitt over 200 % i både lys og kontrollbehandling. Vektøkningen for bergnebb var liten i forhold, og økte mer i kontroll (5.4 %) enn i lysbehandlingen (3.2 %) i 2015, men ikke året etter. Berggylte hadde en gjennomsnittlig vektredning på mellom 7 og 8 %. Grønnngylte hadde svært lav overlevelse, spesielt i lysbehandlingen (4 vs. 15 %) og datamengden på vektendringer var derfor begrenset. Grønnngylte ser ut til å være lite egnet som rensefisk i den kaldeste og mørkeste perioden av året som er da arten har sin dvaleperiode. Rognkjeks hadde best overlevelse (totalt 95 %). For bergnebb og berggylte lå overlevelsen mellom 60 og 80 % og de statistiske analysene indikerte at større startvekt gav bedre overlevelse for disse artene. Samlet viser prosjektet at fargesynet og adferdsrespons til lys varierer mellom artene. Dette er også viktig bakgrunnskunnskap for å tilpasse belysningen for rensefisk i oppdrett. Selv om det var indikasjoner på en viss positiv effekt av kunstig lys på antall lus, var lusenivåene i merdforsøkene uakseptabelt høyt i både lys og kontrollbehandling, spesielt i merdforsøk 2.

Dette prosjektet er finansiert av FHF (FHF prosjekt 901146).

som berggylte, men spektralposisjonen til to av tappene var skiftet mot rødt. Grønnngylte er derfor mer tilpasset grønnlig og gulaktig vann. Spekteret til bergnebb ligner på de andre to leppefiskartene, men har et signifikant skift mot blå for alle reseptorene. Dette tyder på en tilpasning til noe dypere vann. Mønsteret for rognkjeks i det størrelsesområde de brukes som rensefisk, ligner leppefiskene, og den er også tilpasset grunt vann. Absorpsjonsspekteret for rognkjeks kunne ikke tilpasses en enkelt malkurve for LWS (langbølge-sensitiv) tappene. Dette tyder på at det er to opsiner som uttrykkes samtidig i LWS tappene.

## Relevans for kunstig lyssetting

**Ved svakt lys:** Stavene er mest lysømfintlige og brukes i mørke, men skiller ikke mellom ulike farger. Maksimal følsomhet ligger i det blå-grønne spekteret (figur 2), og det kunstige lyset bør derfor ligge i dette området. Dette kan øke rensefiskenes evne til å detektere lus under korte, mørke vinterdager.



**Figur 2: Absorpsjonsspektra for fotoreseptorene i retina til de ulike artene i forsøket.** De ulike absorberingsmaksimума er markert over kurvene. (Ballan = berggylte, Lumpsucker = rognkjeks, Corkwing = grønnngylte og Goldskinny = bergnebb)

**Ved høyere lysstyrke:** Når lysnivået øker og stavene blir mettet blir oppgaven med å detektere forskjeller i lysstyrke overført til de langbølgesensitive tappene (LWS). Disse er mest tallrike og bredt distribuert over netthinnen. Dette gjelder for alle farger. En blanding av grønn-blå og gule LED-lamper ville være best for belysning og vil eliminere behovet for filtre.

## Diskusjon til hvilke farger ser rensefiskene

### Lyspektersensitivitet og kontrastpotensiale for fire rensefiskarter.

Det ble avdekket en del artsforskjeller i absorpsjonsmaksima og kontrastpotensiale. Dette reflekterer de ulike artenes tilpasning til lysforholdene i deres naturlige habitat. Bergnebbens syn var tilpasset lyskvaliteter man vanligvis finner på dype vann enn berggylte og grønngylte, noe som samsvarer med at bergnebb ofte observeres på større dyp enn de andre artene. Ellers viste forsøket at blått lys vil være et godt kompromiss for alle fire artene for å gi maksimalt kontrastpotensiale. Samlet er dette viktig bakgrunnskunnskap for å tilpasse belysningen for rensefisk i oppdrett.

## Hvordan reagerer rensefiskene på farger?

Kortere daglengder i vinterhalvåret kan derfor redusere effektiviteten på lusebeiting da tiden med lys er adskillig kortere enn i sommerhalvåret. Ideen bak FHF prosjektet «Kunstig lys og rensefisk» var å gi rensefiskene lengre dager slik at de fikk en lengre arbeidsdag til å plukke lakselus. I dette prosjektet og i et tidligere FHF prosjekt ble rensefiskenes fargesyn kartlagt (se over). Neste steg var å registrere hvordan de mest brukte rensefiskartene (rognkjeks, berggylte, bergnebb og grønngylte) adferdsmessig responderer på utvalgte farger.

Grupper av rensefisker av de samme artene som hadde fått fargesynet kartlagt tidligere, altså rognkjeks, berggylte, bergnebb og grønngylte, ble satt i merd eller kar for å kartlegge adferden de uttrykte under utvalgte farger og intensiteter. Leppefiskartene ble satt i 2 x 2 m merder på sjøanlegget, en art (50 individ) i hver merd. Alle merdene hadde leppefiskskjul (plasttare, OK Marine) hengende ned i et av hjørnene. Et kamera ble montert diagonalt ovenfor skjulet og en agnpose med knust krabbe ble hengt mellom kameraet og skjulet slik at den var

lett synlig. Erfaring tilsier at en slik pose med agn raskt tiltrekker seg leppefisk i dagslys. Lyskilden ble plassert på utsiden av merden på ca 1,5 m dyp.

Leppefiskene ble presentert for fargene fiolett, blå, grønn og rød (se figur 3), og figur 4 viser bilder fra forsøket i merd. Leppefiskartene responderte forskjellig på fargene som ble presentert for dem, og responsen var ikke lik mellom artene. Forsøket med rognkjeks ble utført i 1,5 m x 1,5 m firkantede kar der lyskilden ble plassert i midten av karet (bilder fra forsøket figur 5), og de viste også ulik adferd til hver av de testede fargene.

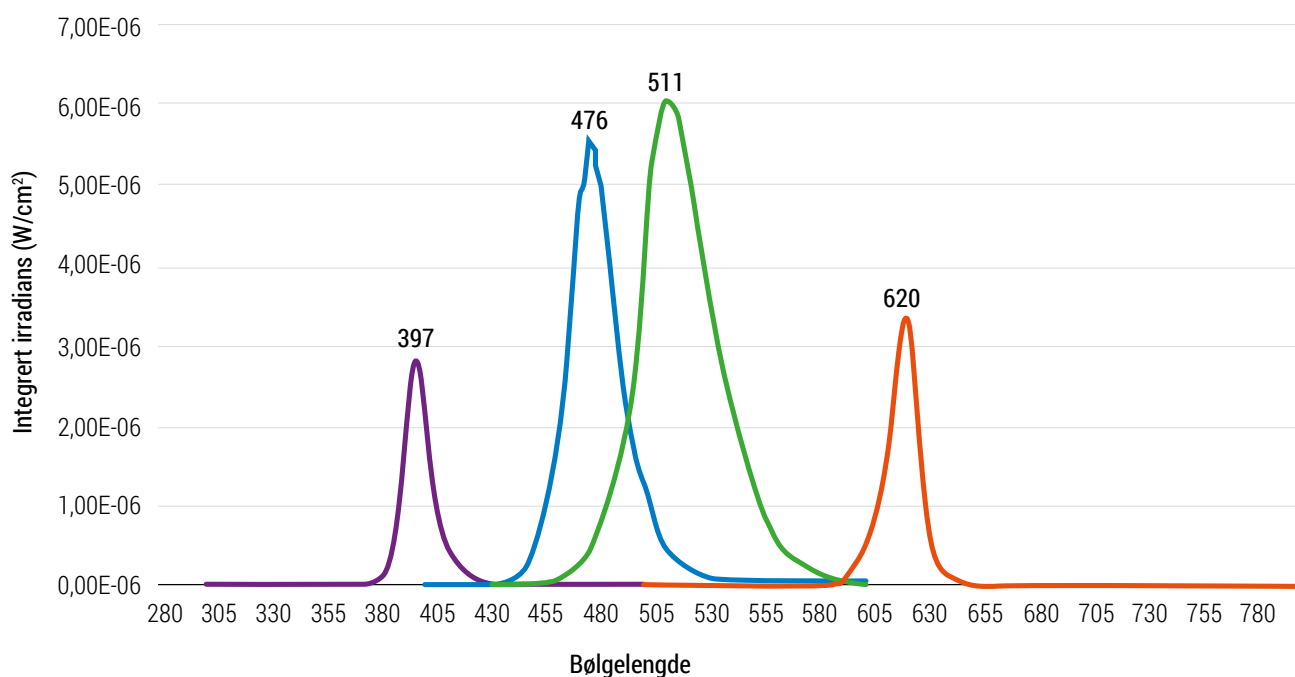
## Rensefiskenes adferdsrespons til farger

### Bergnebb

Bergnebb var aktive i alle lys som ble presentert for dem både når lyset ble slått på etter en mørkeperiode, og når det ble slått på før det ble mørkt som en forlengelse av dagen.

**Grønn:** Svømmer mye, og mest langs nota, litt pelagisk ved høye lysintensiteter. Interessert i føret, men spiser ikke.

**Rødt:** Rastløse og aktive selv på lave



Figur 3: Resultater av lysmålinger. Figuren viser hvilke bølgelengder som ble brukt i adferdsforsøkene.

intensiteter, men går ikke mot agnet før 50 % av maks lysintensitet. Spiser ikke på agnet. Ved høyeste lysintensitet ser det ut som om de napper på notveggen.

**Blått:** Noe aktivitet selv på lave lysintensiteter. Svømmer rolig rundt, virker ikke stresset, spiser ikke.

**Fiolet:** Lite aktivitet på de lave intensitetene. Høyeste intensitet av fiolett ga og ca. samme aktivitetsnivå som 25% intensitet av grønn. Et par fisk svømte i retning av fôret.

### Grønngylte

Grønngylte reagerte bare på blått lys, og for de andre fargene ble lite/ingen aktivitet observert. Det samme resultatet fikk vi når lyset var på som en forlengelse av dagen.

**Grønt:** Ingen aktivitet.

**Rødt:** Ingen aktivitet.

**Blått:** Ingen aktivitet på de to laveste lysintensitetene (12.5 og 25 % av maks lysintensitet). Aktivitet fra 50 % av maks lysintensitet, svømmer rolig, svømmer forbi agnet uten å spise, mange snuser på agnet når agnet blir tatt ut av agnposen.

**Fiolet:** To fisker hadde noe bevegelse nær bunnen.

### Berggylte

Oppdrettet berggylte reagerte ikke på noen av fargene, dvs. ingen aktivitet ble observert for noen av fargene som ble presentert for dem.

De villfangede berggyltene var aktive ved alle fargene som ble presentert, men i rødt lys observerte vi aggressiv adferd. Når berggylter var nær posen med reker bet de etter hverandre når de berørte hverandre. Observasjoner under fiolett lys var svært begrenset da det var vanskelig å skille fisk fra omgivelsene på 2 meters dyp.

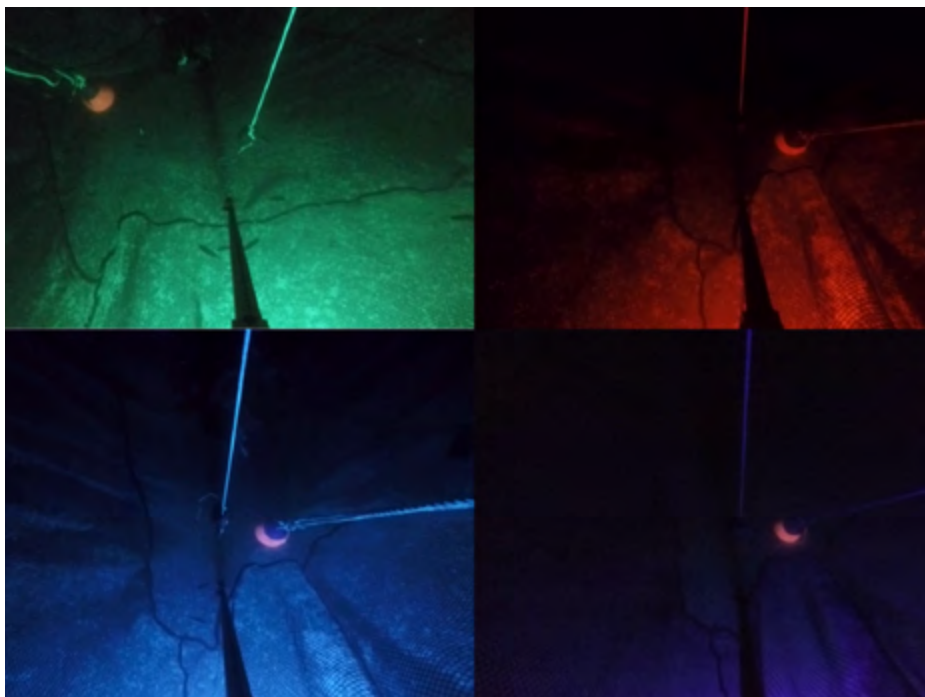
**Grønt:** Mer aktivitet enn ved blått, spiste av fôret.

**Rødt:** Svømte langs bunn, kom også bort der fôret hang. Aggressive og biter mot hverandre.

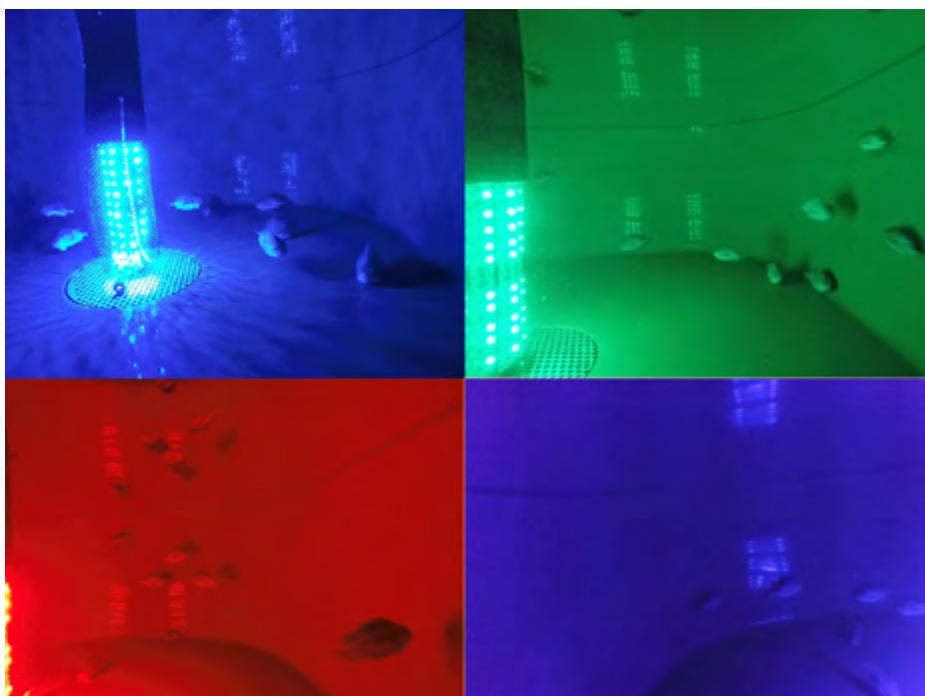
**Blått:** Aktivitet, interesse for fôret.

**Fiolet:** Vanskelig å observere. En fisk svømte oppe langs kanten, ellers så vi lite.

### Rognkjeks



**Figur 4: Testing av leppefiskenes adferdsrespons til lyskvaliteter i et merdmiljø.** I hver merd var det et oppheng med plasttareskjul, og en notpose med knust krabbe for å lokke leppefiskene utfra skjuleet.



**Figur 5: Rognkjeks.** Testing av adferdsrespons til lyskvaliteter i karmiljø. Rognkjeksen ble ikke tilbudt fôr under testingen.



Rognkjeksens endret adferd etter hvilke farger som ble presentert. Det var tydelig at de ikke så noe særlig i rødt lys, de kolliderte med hverandre og veggene. At de ikke ser rødt stemmer godt med målingene av pigmentene de har i øyet. Det ble ikke funnet pigmenter som absorberer rødt lys. I grønt lys var rognkjeksens veldig aktive og svømte uavbrutt rundt i karet. I blått lys var de også aktive, men de svømte mye roligere enn når de var i grønt lys. I fiolett lys hadde de ofte en merkelig adferd der de svømte skrått langs bunnen med undersiden av hodet helt nede på karbunnen. Det ser ut som om de ønsker å svømme nedover, og det er trolig hva de ville ha gjort dersom de kunne.

**Rødt:** Kolliderte med vegger.

**Grønt:** Svømte mye.

**Blått:** Svømte rolig rundt.

**Fiolett:** Svømte skrått langs bunnen med hodet ned.

## Diskusjon til hvordan reagerer rensefiskene på farger

Observasjonene viste at lysets farge gir ulik adferd for de forskjellige artene. Blått lys gav et rolig aktivitetsmønster som

ligner mer på det vi ser når de er i naturlige omgivelser, og ble derfor vurdert som best tilpasset en oppdrettssituasjon. Ved grønt lys hadde bergnebb og rognkjeks en urolig adferd med rask svømming uten at vi har en forklaring på hvorfor.

Ved rødt lys fikk vi noe respons på flere arter til tross for at dette er en del av lysspekteret de ikke har pigmenter til å oppfatte. Dersom lyset blir reflektert fra flater/objekter kan dette endre fargen på lyset slik at det kan oppfattes selv om en ikke i utgangspunktet er sensitiv for den fargen som ble gitt, her rødt. Adferden ved rødt lys var imidlertid ikke normal som i vanlig lys, da rognkjeks kolliderte med hverandre og vegger, bergnebb svømte tett på og nappet i notveggen, mens noen berggylder viste aggressiv adferd mot hverandre når de kom bort i hverandre. I dette forsøket var det en del store berggylder og det var de større berggyldene som ble observert å bite.

Oppdrettede berggylder reagerte ikke på noen av fargene som ble presentert. Det å komme fra et karmiljø uten skjul med kontinuerlig lys til et merdmiljø med døgnvariasjon og manipulering med lyskvaliteten kan påvirke hvordan de responderer på stimuli.

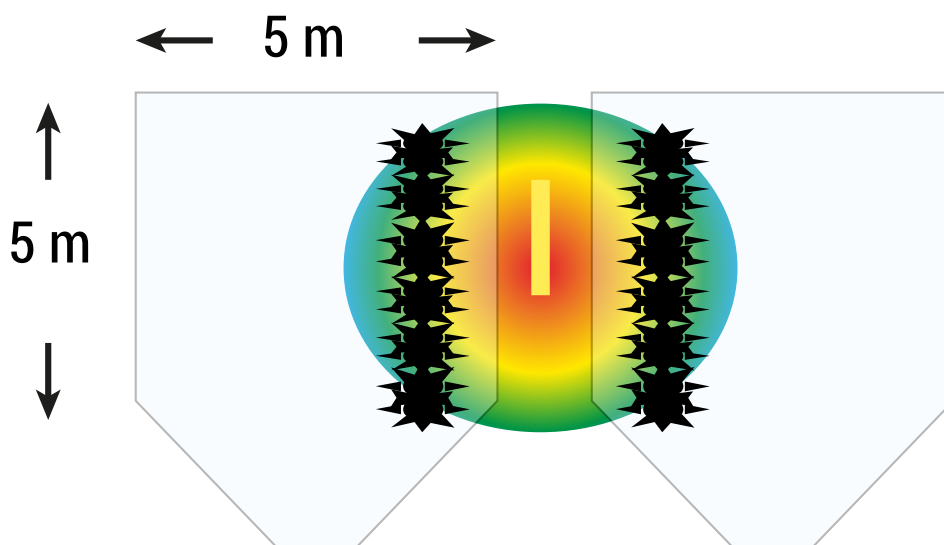
## Merdforsøk med forlenget dag

Både rognkjeks og leppefisk bruker synet til å lokalisere lusen på laksen, og er da avhengig av at det er nok lys til å se lusene. Kan en forlenget dag med tilleggslys gi rensefiskene lengre arbeidsdager når dagene blir kortere utover høsten og tidlig vinter? Felles for rensefiskene er at de må ha lys for å se lusene, men hvilke temperaturer rensefiskene liker er imidlertid forskjellig. Leppesfiskartene er mest aktive i den varme årstiden mens rognkjeks trives best når det ikke er så varmt.

## Effekt av kunstig tilleggslys i merdforsøk med rensefisk

I den siste delen av prosjektet ble det gjennomført kontrollerte merdforsøk der rensefiskene fikk forlenget dag med de lyskvalitetene og lysintensitetene basert på resultater fra foregående forsøk. Merdene med lys fikk ekstra lys fra kl 09:00 til 21:00. Hver merd var utstyrt med et 4 m langt skjul plassert i hjørnet nærmest lyset (figur 6). Lusetallene ble sammenliknet mellom merder med og uten lys, alle med rensefisk.

Annen informasjon vi ønsket å få ut



Figur 6: Størrelse på merd, plassering av skjul og ekstra lys (Idema Sub LED 100W)

av disse forsøkene var overlevelse og kondisjonsutvikling hos rensefisk i den kalde årstiden, og om kunstig lys hadde noen innvirkning på disse parameterne. Det var enkelte forskjeller i betingelsene i de to forsøkene, heretter nevnt som

## Merdforsøk 1 og Merdforsøk 2.

### Merdforsøk 1

Merdforsøk 1 ble utført i perioden 8. desember 2015 til 9. mars 2016. Det ble brukt laks (smolt) fra Alsaker Fjordbruk, berggylte fra Marine Harvest, rognkjeks fra HI sin forskningstasjon på Austevoll og lokalt villfanget bergnebb (tabell 1). Laks og rensefisk ble fordelt i 18 merder (2 behandlinger, 3 replikater og 3 arter rensefisk; figur 7). Laks ble satt i sjøen tre uker før tilsetning av leppefisk, rognkjeks satt i sjøen fire uker senere enn de andre rensefiskartene og forsøket ble forlenget tilsvarende (figur 8). Rensefisk

**Tabell 1: Oversikt over fiskemateriale til Merdforsøk 1 (2015-2016). I hver merd ble det satt ut 500 laks og 25 rensefisk.**

Art	Opprinnelse	Antall	Snittvekt (gram)	Snittlengde (cm)
Laks	Alsaker Fjordbruk	9000	130start-303slutt	
Berggylte	Marine Harvest - Labrus	150	28	12
Bergnebb	Villfanget	150	23,5	12
Rognkjeks	Havforskningsinstituttet	150	20	7,5

ble håndfôret med Skretting Labrus tre ganger ukentlig. All rensefisk ble veid, målt og individmerket med PIT- merker før de ble satt i merd. Et utvalg av laks ble målt i forkant og etterkant av forsøket. Død rensefisk ble, hvis mulig, erstattet med ny rensefisk underveis i forsøket.

### Merdforsøk 2

Merdforsøk 2 ble utført fra 1. november 2016 til 12. januar 2017. Det ble brukt laks (1 år) fra Alsaker Fjordbruk og lokalt villfanget bergnebb og grønnfylte (tabell 2). Rensefisk som skulle gå i merdene med lysbehandling ble i forkant av forsøksstart satt i 2x2x2 m merd med ekstra lys fra kl. 09:00 til kl. 21:00 (figur 8). Laks og rensefisk ble fordelt i 12 merder (2 behandlinger,



## Verden går fremover

**Føring er den viktigste oppgaven innen havbruk. Derfor skal du velge det beste og mest avanserte verktøyet.**

Vi i Steinsvik har holdt på med føringssystemer siden 80-tallet. Gang på gang har systemer som Are 126, MultiFeeder, GMT Feeder og Feed-Station satt standarden for hva som er mulig å oppnå med et sentralføringssystem. Verden rundt er våre løsninger i bruk både for matfisk og settefisk. Nå har vi hevet nivået nok en gang. Vi presenterer Next Generation FeedStation!

**Ta kontakt for mer informasjon.**

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



3 replikater og 2 arter rensefisk; figur 7). Fôr til rensefisken ble laget ved å blande oppmalt Vitalis Cal + reke i forholdet 1-1. Rensefisk ble håndfôret tre ganger ukentlig ved at fôret ble lagt i skjulet. All rensefisk ble veid, målt og individmerket med PIT- merker før de ble satt i merd. Et utvalg av laks ble målt i forkant av forsøket, og slakterapport etter forsøk ga tall på vekt etter forsøk (sløyd vekt). Død rensefisk ble, hvis mulig, erstattet med ny rensefisk underveis i forsøket.

**Hydrografi:** Temperatur, saltholdighet og siktedyp ble målt daglig. Figur 9 viser utviklingen i temperatur på 5 m i forsøksperiodene. Saltholdigheten var på ca. 32 ‰ og siktedypet lå på omtrent 13 m i begge periodene.

**Lusetelling:** Det ble talt lus i alle merder hver uke i merdforsøk 1 og annenhver uke i merdforsøk 2. Alle stadier av lus ble talt etter følgende inndeling copepoditter, chalimus 1 og 2, preadult 1 og 2, adulte hanner og hunner, men i den videre behandling av data ble de delt inn i fastsittende (cop, ch1, ch2), bevegelige (pre1, pre2, adm) og voksne hunnlus.

**Vektendringer, overlevelse og mageinnhold hos rensefisk:** Ved forsøksslutt ble all resterende rensefisk talt, veid og målt og eventuelt uregistrert dødelighet notert. Ved forsøksslutt ble rensefisk avlivet for mageanalyse (2016 – 10 fra hver merd, 2017 – all gjenværende rensefisk). Innholdet i magen ble kategorisert etter følgende kriterier: Tom, lakselus, fôrpellet, andre krepsdyr, annet og udefinert.

**Filming:** For å beskrive adferd og aktivitetsnivå på rensefisken ble det filmet jevnlig gjennom begge forsøkene.

## Effekt av kunstig lys på lusetall og rensefisk

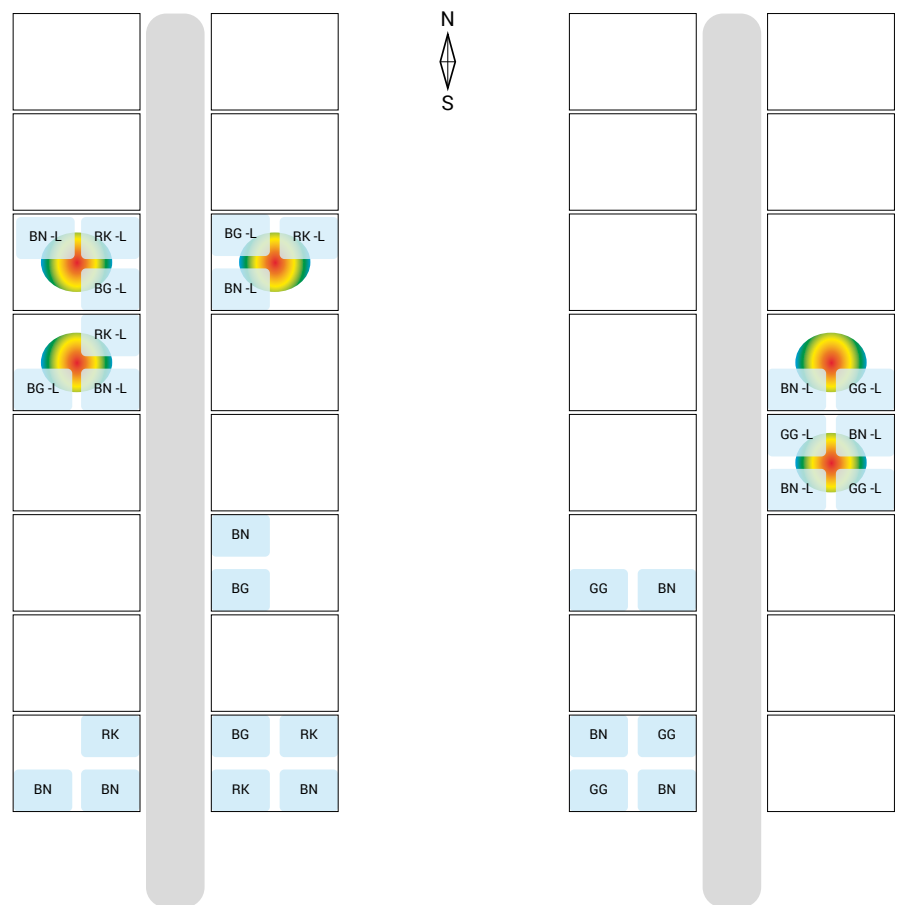
### Lusetall

#### Merdforsøk 1 (2015-2016)

Ved oppstart av forsøket ble laksen naturlig infisert med lus. Kun de minste stadiene av lus var til stede i starten av forsøket. I 2015 ble rognkjeks tilsatt fire uker etter bergnebb og berggylte og lusetellingene

**Tabell 2: Oversikt over fiskemateriale til merdforsøk 2 (2016-2017). I hver merd ble det satt ut 300 laks og 30 rensefisk. NB! Sluttvekt for laks er sløydvekt.**

Art	Opprinnelse	Antall	Snittvekt (gram)	Snittlengde (cm)
Laks	Alsaker Fjordbruk	3600	2922start- 3366slutt	
Bergnebb	Villfanget	215	27	12,8
Grønngylt	Villfanget	265	38	13,7



**Figur 7: Forsøksoppsett for Merdforsøk 1 (venstre) og Merdforsøk 2 (høyre).** De ulike artene rensefisken ble satt sammen med laks i total 18 merder (forsøk 1) og 12 merder (forsøk 2). Merdene lengst fra land, (nord) i anlegget hadde ekstra lys.

fortsatte derfor fire uker etter for rognkjeks (Figur 8). Det overordnede mønsteret sammenfalt i stor grad for de ulike artene, med en topp av fastsittende lus etter tre uker, mens bevegelige lus var høyest fra uke 4 til 6. Voksne hunnlus steg jevnt fra uke 4. Lysbehandlingen hadde noe effekt på bevegelige og voksne hunnlus i merdene med bergnebb. Under følger en detaljert beskrivelse av mønstrene for de

ulike artene:

**Berggylte:** Det var signifikant færre fastsittende lus i lysbehandlingen i uke 5 og 6, og færre bevegelige lus i uke 6. Det var mindre effekt på voksne hunnlus, hvor lysbehandlingen hadde høyere antall i uke 6.

**Bergnebb:** Det var det ingen framtreddende

mønster for fastsittende lus: høyere antall i lysbehandling i uke 3, mens lavere i uke 7. Antallet bevegelige lus var lavere i lysbehandlingen i 4 av ukene. For voksne hunn lus var det en trend til lavere antall i lysbehandlingen utover forsøket, men forskjellene var kun signifikante i uke 8.

**Rognkjeks:** Rognkjeks hadde lavere antall av både fastsittende og bevegelige lus i lysbehandlingen i 3 av åtte uker. Det var imidlertid ingen forskjeller på voksne hunn lus.

### Merdforsøk 2 (2016-2017)

Ved oppstart av forsøket ble laksen naturlig infisert med lus. Alle stadier av lus var til stede ved starten av forsøket. Det ble det foretatt lusetelling hver andre uke. Det var ingen tilsvarende faseforskjell i toppene av de ulike lusestadiene slik vi observerte i 2015. Lusepåslaget var også generelt mye kraftigere enn i 2015. Forskjellene på de ulike behandlingene var generelt sett mindre enn for 2015 – og merdene med lys hadde i hovedsak mer bevegelige og voksne hunn lus enn kontrollmerdene:

**Bergnebb:** Merdene med lysbehandling hadde lavere antall fastsittende lus i uke 8. For bevegelige og voksne hunn lus var antallet høyere i lysbehandlingen i de fleste av ukene.

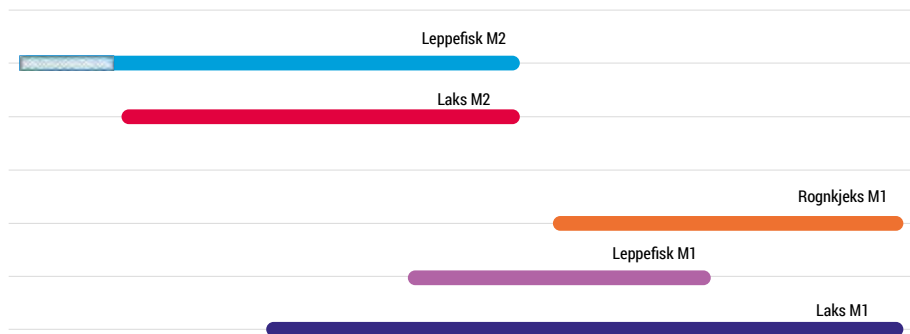
**Grønnfylte:** Trendene var i hovedtrekk lik som for bergnebb. Lavere antall fastsittende lus i lysbehandlingen (3 av 4 uker), mens antall bevegelige og voksne hunn lus var noe høyere i lysbehandlingen (2 av 4 uker for begge lusestadiene).

### Vektendringer

Individuelle vektendringer fra forsøksstart til slutt ble regnet ut. Det var store artsforskjeller og oppsummert under:

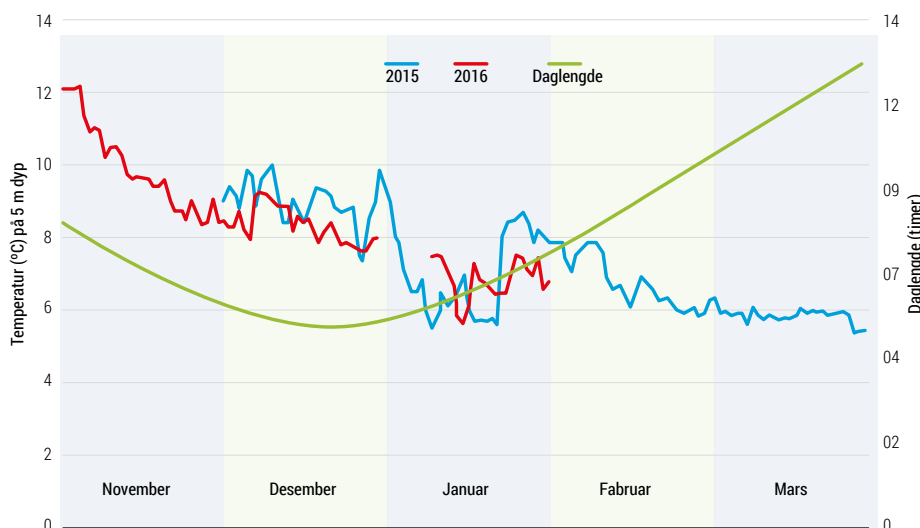
### Merdforsøk 1 (2015-2016)

**Bergfylte** (n=125) hadde all hovedsak reduksjon i vekt over forsøksperioden. Gjennomsnittlig prosentvis vektendring var -7.3 % i lysbehandlingen og -7.6 % i kontrollbehandlingen. Det var ingen signifikante forskjeller mellom behandlingene. Vektnedgangen økte med startvekt ( $p < 0.001$ ).



44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
November				Desember				Januar			Februar			Mars				

**Figur 8:** Tidslinje for forsøksperioden i merdforsøk 1 (2015-2016) og merdforsøk 2 (2016-2017). Skravert felt i starten av Leppeskjeks M2 indikerer at leppeskjeks gikk på lysbehandling 2 uker før de ble fordelt i merdene med laks.



**Figur 9:** Temperatur på 5 m i forsøksperioden. Data for daglengde er hentet fra timeanddate.no.

**Bergnebb** (n=99) viste i hovedsak en liten vektøkning. Et mindretall hadde vektendring. Gjennomsnittlig prosentvis vektendring var +3.2 % i lysbehandlingen og +5.4 % i kontrollbehandlingen, en forskjell som var statistisk signifikant ( $p = 0.03$ ) og uavhengig av startvekt ( $p = 0.8$ ).

**Rognkjeks** (n=145) hadde alle markante vektøkninger, i gjennomsnitt +224 % i lysbehandlingen og +196 % i kontrollbehandlingen (signifikant,  $p = 0.005$ ). Vektøkningen økte med startvekt ( $p = 0.01$ ).

### Merdforsøk 2 (2016-2017)

**Bergnebb** (n=136) viste i en lavere

vektøkning enn i 2015, gjennomsnittlig +1.0 % i lysbehandlingen og +2.7 % i kontrollbehandlingen, men denne forskjellen var ikke statistisk signifikant ( $p = 0.33$ ). Vektøkningen avtok med startvekt ( $p < 0.001$ ), noe som ikke var tilfellet i 2015.

**Grønnfylte** hadde et begrenset datagrunnlag (n=17) og ingen tydelige trender med relativt små individuelle vekt endringer (gjennomsnitt -0.1 % i lys og -1.2 % i kontroll).

### Overlevelse

#### Merdforsøk 1 (2015-2016)



Ingen av artene viste signifikante forskjeller mellom behandlingene. Rognkjeks hadde høy overlevelse uavhengig av startvekt (figur 10). Berggylte og bergnebb hadde et sammenfallende mønster, og overlevelse steg med økende startvekt for begge arter (berggylte:  $p=0.01$ ; bergnebb:  $p=0.02$ ; figur 10). Tabell 3 gir en oversikt over rensefiskenes overlevelse i merdforsøk 1.

### Merdforsøk 2 (2016-2017)

Bergnebb hadde et liknende overlevelsesmønster som i 2015, men startvekt hadde ikke en signifikant effekt ( $p=0.09$ ; figur 11). Grønnngylte hadde markant lavere overlevelse og her var også dødeligheten større i lysbehandlingen ( $p=0.004$ ; figur 11). Tabell 4 gir en oversikt over rensefiskenes overlevelse i merdforsøk 2.

### Mageinnhold

Mageinnhold på rensefisk ble undersøkt ved avslutning av merdforsøk (figur 12). Hver fisk ble dissekert, og mageinnhold klassifisert (tabell 5).

### Filming – adferdsobservasjoner

#### Merdforsøk 1 (2015-2016)

Det ble filmet på 8 datoer i forsøksperioden. I tabell 6 vises hvilke dager de ulike behandlinger ble filmet, og med adferd kategorisert som passiv, moderat og aktiv. **Bergnebb** ble observert utelukkende i nedre del av merden, og da som oftest i tilknytning til skjulet (figur 13). De svømmer mye inn og ut av skjulet, og beveger seg et stykke langs notveggen på siden eller langs bunn. Ofte mye aktivitet i hjørnet bak skjulet. Det ble ved flere anledninger observert bergnebb i området ved dødfiskhåven. På alle datoene aktiviteten på bergnebb ble kategorisert som aktiv i lys, ble den det samme i kontroll. Når det var lite eller ingen aktivitet i kontroll ble det dessverre ikke filmet i merder med lys. Det ble aldri observert interaksjoner med laksen. **Berggylte** ble observert på alle dyp i merden, og gjerne borte fra skjulet (andre siden av merden; figur 14). De svømmer

**Tabell 3: Oversikt over antall fisk, døde og prosentvis overlevelse for de ulike artene i merdforsøk 1 (2015-2016).**

Art	Behandling	Replikat	Antall fisk	Totalt n døde (svinn)	Overlevelse %
Berggylt	kontroll	1	30	7(1)	77
		2	26	10(8)	62
		3	26	5(2)	81
		Totalt	82	22	73
	lys	1	27	6(4)	78
		2	29	4(0)	86
3		32	12(3)	63	
	Totalt	88	22	75	
Bergnebb	kontroll	1	28	7(0)	75
		2	24	5(2)	79
		3	29	9(1)	69
		Totalt	81	21	74
	lys	1	25	8(3)	68
		2	30	12(3)	60
3		28	11(2)	61	
	Totalt	83	31	63	
Rognkjeks	kontroll	1	25	0(0)	100
		2	25	0(0)	100
		3	26	3(2)	88
		Totalt	76	3	96
	lys	1	25	2(2)	92
		2	26	1(0)	96
3		25	1(0)	96	
	Totalt	76	4	95	

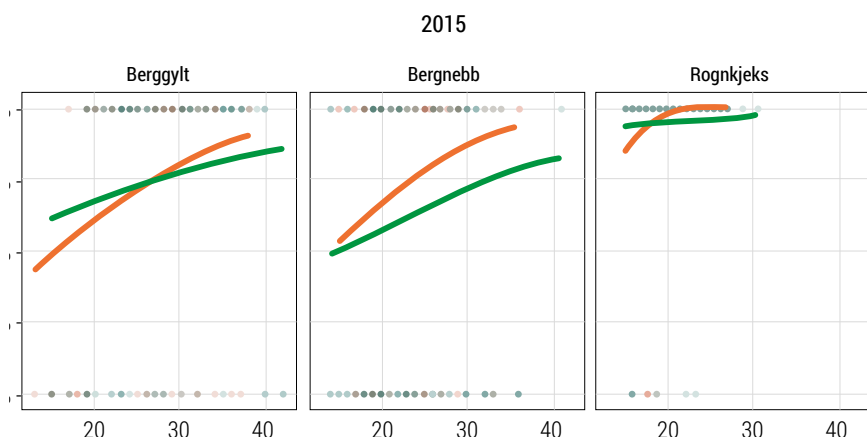
inn og ut av skjulet, og går mye på notveggen og i hjørner i hele merden. Mot slutten av forsøksperioden var det mindre berggylte i øvre del av merden. Det ble observert mer aktiv berggylte i merder med lys, også på dager det ble filmet samtidig i disse. Ved en anledning ble det filmet da lyset ble satt på om morgenen, da tok det ca 45 min før berggyltene kom fra skjulet. Ved en anledning ble det observert langvarig interaksjon med laks da en berggylte var ute og svømte blant laksen mens den tydelig inispiserte flere laks. Det var også et tilfelle av lusespising. Rognkjeks ble observert på alle dyp i merden, både i skjul og på notvegg (figur 15). Til tider stor aktivitet, der fisken svømmer ut av skjulet med stor fart. I perioder med føring viser rognkjeks stor interesse for føret. Ser ofte fisk som hviler inni skjulet i lange perioder. Det kan se ut som at det er mer aktivitet i merdene med

lys. Det ble aldri observert interaksjoner med laksen.

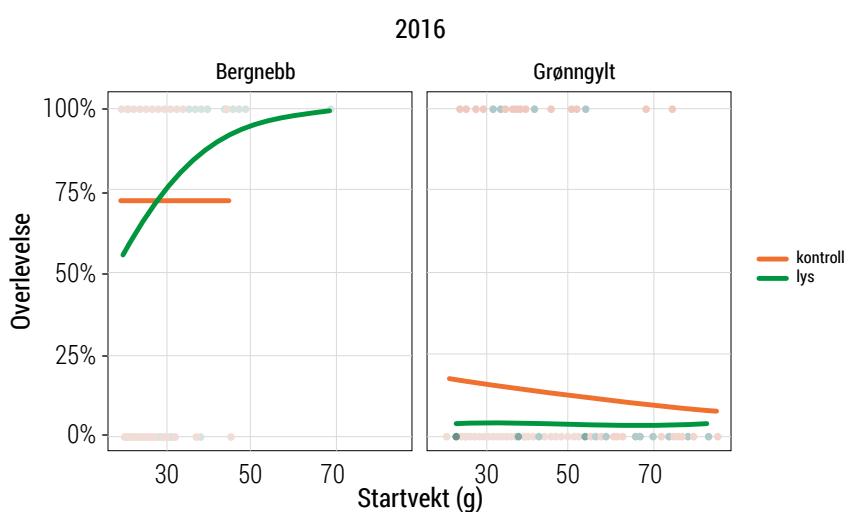
#### Merdforsøk 2 (2016-2017)

Det ble filmet på 4 datoer i forsøksperioden. I tabell 7 vises hvilke dager de ulike behandlinger ble filmet, og med adferd kategorisert som passiv, moderat og aktiv. Bergnebb ble observert kun i nedre del av nota, og da som oftest veldig nær skjulet (figur 16). De svømmer ut og inn av skjul og beveger seg langs notvegg, og oppholder seg mye i hjørnet bak skjulet. De er gjerne 4-5 individer sammen i «stim». En bergnebb som spiste fôr ble observert. Ingen interaksjoner med laks ble observert. Det var ingen forskjell på aktivitetsnivå mellom bergnebb i kontroll merder og lysmerder.

Grønnngylte observeres både i øvre og



Figur 10: Overlevelsessannsynlighet som en funksjon av startvekt for de to behandlingene i merdforsøk 1 (2015-2016), estimert ved logistisk regresjon.



Figur 11: Overlevelsessannsynlighet som en funksjon av startvekt for de to behandlingene i merdforsøk 2 (2016-2017), estimert ved logistisk regresjon.

**Tabell 4: Oversikt over antall fisk, døde og prosentvis overlevelse for de ulike artene i merdforsøk 2 (2016-2017).**

Art	Behandling	Replikant	Antall fisk	Totalt n døde (svinn)	Overlevelse %	
Grønnngylt	kontroll	1	49	41(12)	16	
		2	61	54(14)	11	
		3	43	35(18)	19	
		<b>Totalt</b>		153	130	15
	lys	1	52	48(18)	8	
		2	37	37(29)	0	
3		44	43(25)	2		
	<b>Totalt</b>		133	128	4	
Bergnebb	kontroll	1	38	12(7)	68	
		2	33	8(4)	76	
		3	37	10(1)	73	
		<b>Totalt</b>		108	30	72
	lys	1	37	10(4)	73	
		2	40	13(4)	68	
3		36	10(4)	72		
	<b>Totalt</b>		113	33	71	

nedre del av skjulet (figur 17). De svømmer langs notveggen i hele merden, men oftest i nærheten av skjulet. Fisk svømmer ut og inn av skjul og beveger seg langs notvegg, gjerne flere i «stim». Mot slutten av forsøksperioden går aktiviteten ned, og det observeres kun grønnngylte i nedre del av skjul, og i hjørnet bak skjul.

## Diskusjon

I første del av prosjektet ble rensefiskenes oppfattelse og adferdsrespons til lys av ulike farge og intensitet kartlagt. Disse forsøkene indikerte at blålig lys ville gi et godt kontrastpotensiale for de ulike artene rensefisk. Denne lyskvaliteten ble videre brukt i merdforsøkene hvor formålet var å undersøke om forlengelse av dagen med kunstig lys øker effekten av rensefisk som lusespisere.

## Effekt av kunstig lys på lusetall

Det var indikasjoner på at kunstig lys hadde en viss positiv effekt på mengden bevegelige lus i 2015. I noen av ukene var også tallene for fastsittende lus lavere i merdene med lys for berggylte og rognkjeks. Det forventes ikke at rensefisk kan detektere og beite på de minste lusestadiene, så om effekten på fastsittende lus representerer en økt beiting av rensefisk er usannsynlig. Det lite som tydet på at lys hadde virkning på antallet voksne hunnlus.

I 2016 ble kun villfanget bergnebb og grønnngylte undersøkt. Forsøket ble preget av et kraftig lusepåslag, og lusetallene økte veldig i både kontroll og lysmerdene. Forskjellene var generelt sett mindre enn i 2015, men for bevegelige lus og voksne hunnlus var det en indikasjon på noe høyere antall i merdene med lys.

Det var noen forskjeller på materialet i de to merdforsøkene som gjør at det er vanskelig å sammenligne resultatene direkte. I 2015 startet forsøket med smolt direkte fra produsent, altså liten laks. Året etter ble laks fra samme gruppe brukt til merdforsøk 2, altså adskillig større laks. I tillegg var det et uvanlig sterkt påslag av lus i midten av forsøksperioden i det siste merdforsøket.

Tabell 5: Oppsummering av analyser av mageinnhold i merdforsøk 1 (2015-2016) og 2 (2016-2017).

År	Behandling	Art	n	Mageinnhold (prosent)						
				Tom	Lakselus	Fôrpellet	Andre krepsdyr	Manet	Annet	Udefinert
2015/ 2016	kontroll	Berggylt	30	77	3	0	3	0	7	13
		Bergnebb	30	27	13	20	30	0	7	20
		Rognkjeks	30	0	3	77	0	10	0	60
	lys	Berggylt	30	80	3	0	7	0	3	7
		Bergnebb	31	26	3	35	39	0	0	13
		Rognkjeks	30	3	0	80	0	0	0	27
2016/ 2017	kontroll	Bergnebb	77	78	4	3	14	0	1	0
		Grønngylt	23	87	4	0	9	0	0	0
	lys	Bergnebb	80	59	1	9	24	0	8	0
		Grønngylt	5	80	0	0	20	0	0	0



Figur 12: Undersøkelse av mageinnhold på rensefisk.







(13 % i kontrollbehandling 2015), og var den eneste av leppefiskene som hadde i hovedsak en positiv vektendring. Berggylten gikk stort sett betydelig ned i vekt, og dette reflekteres i mageundersøkelsene hvor majoriteten var tomme. Grønngylten hadde så lav overlevelse at stress eller sykdom antageligvis hadde en sterk innvirkning på spiseaktiviteten og annen aktivitet. De andre leppefiskene, bergnebb og berggylte hadde en relativ høy overlevelse sammenliknet med grønngylte. Disse artsforskjellene speiler det som ofte oppdrettere rapporterer utover høsten. Grønngylte er muligens generelt mer sårbar for stresset som merdsituasjonen medfører og har også betraktelig kortere naturlig livslengde (Darwall *et al.* 1992; Halvorsen *et al.* 2016). Et annet interessant funn var at overlevelsen økte med kroppsstørrelse for bergnebb og berggylte. I de fleste tilfeller var de ingen effekt av lys på overlevelse, men for bergnebb i 2015 var overlevelsen signifikant lavere i merdene med lys. Årsaken til dette er uvisst, men vektøkningen var også lavere i merdene med lys, noe som kan tyde på at aktivitetsnivået og dermed energibruken økte med lys noe som kan påvirke kondisjonen negativt.

## Anvendelse og nytteverdi

Prosjektet har resultert i ny basiskunnskap om synssansen og adferdsresponser til lys for de viktigste rensefiskartene. I tillegg har vi fått ny innsikt i de ulike artenes kondisjonsutvikling, diett og overlevelse i den kalde årstiden. De tydelige forskjellene her er svært nyttig kunnskap i forhold til gjenbruk og overvintring av rensefisk. Grønngylte viste seg å ha svært lav overlevelse og er derfor mindre egnet som rensefisk på vinteren. De høye lusetallene i begge merdforsøkene uavhengig av art og lysbehandling tyder på at rensefisk har en begrenset effekt i vinterhalvåret. For leppefisk skyldes nok dette at metabolisme, aktivitetsnivå og appetitt er sterkt redusert ved kalde vanntemperaturer, og at tilleggslys ikke var nok til å bøte på dette. Rognkjeks er mer tilpasset lave temperaturer, noe som gjenspeiler seg i god vekst og overlevelse, men klarte heller ikke å holde lusenivået på et akseptabelt nivå.



Figur 15: Rognkjeks i kontrollmerd. 25. februar 2016



Figur 16: aktive bergnebb (indikert med ringer) bak nedre del av skjul. 3 januar 2017.



Figur 17: 3 aktive grønngylte (indikert med ring) i øvre del av skjul. 23. november 2016.



**Tabell 7: Filming av rensefisk i merdforsøk 2 (2016-2017). Bergnebb (BN), grønnfylte (GG) ble filmet i kontrollmerder og merder med lys. Ruter med skrå strek indikerer at det ikke ble filmet denne datoen.**

Dato	Uke	Kontroll		Lys	
		BN	GG	BN	GG
23. november	1	Aktiv	Aktiv	Aktiv	Aktiv
7. desember	3	Aktiv	Aktiv		Aktiv
20. desember	5	Aktiv	Aktiv	Aktiv	Moderat
3. januar	7		Moderat	Aktiv	

Det var indikasjoner på at kunstig lys gav en svak reduksjon av lusetallene. Dette er det mulig at en kan oppnå en større effekt av tilleggslys tidligere på høsten da temperaturer og appetitten er høyere da enn når disse forsøkene ble gjennomført. Bruk av denne typen lys på andre tidspunkt en vinter kan derimot ha ugunstig innvirkning laksens modning. Prosjektet er et av flere tiltak som søker å optimalisere rensefiskens miljø og forhold i oppdrettsmerden. Å forbedre dette er avgjørende for å kunne øke effektivitet, dyrevelferd og lønnsomhet ved bruk av rensefisk. I så måte er prosjektet en brikke i FHF sin visjon om bærekraftig og lønnsom sjømatnæring i vekst •

Halvorsen, K.T., Sørdalen, T.K., Durif, C., et al. (2016) Male-biased sexual size dimorphism in the nest building corkscrew wrasse (*Symphodus melops*): implications for a size regulated fishery. *ICES Journal of Marine Science*, fsw135.

Hansen, T., Stefansson, S.O., Taranger, G.L. (1992). Growth and sexual maturation in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., reared in sea cages at two different light regimes. *Aquacult. Fish. Manage.* 23, 275–280.

Sayer, M., Cameron, K. and Wilkinson, G. (1994) Fish species found in the rocky sublittoral during winter months as revealed by the underwater application of the anaesthetic quinaldine. *Journal of Fish Biology* 44, 351–353.

## Referanser

Darwall, W.R.T., Costello, M.J., Donnelly, R. and Lysaght, S. (1992) Implications of life-history strategies for a new wrasse fishery. *Journal of Fish Biology* 41, 111–123.

## Blir du bløt på jobben?

Vi har løsninger for tørking og desinfisering av arbeidsklær, hansker, støvler og hjelmer.



First Class

WINTERSTEIGER

Hygienic Drying Solutions

Ta kontakt i dag! Telefon: 64 95 95 95 E-post: [info@wintersteiger.no](mailto:info@wintersteiger.no)

Se alle våre løsninger på [www.drytech.wintersteiger.no](http://www.drytech.wintersteiger.no)