

Tekniske spesifikasjoner

	Aqualux 600	Aqualux 2500
Effekt	600 W	2500 W
Vekt armatur	5 kg	13,5 kg
Vekt kabel	5 kg	5 kg
Lysutbytte	130 LM/W	130 LM/W
Dimensjoner	160x360 mm	160x730 mm

Felles:

Input: 200-260 volt

Strålingsvinkel: 360 grader

Funksjonstemperatur: 20 – 80 grader C

Forventet levetid: 50 000 timer

Kapsling: Syrefast stål, opphengsdeksel av HDPE

Kapslingsgrad: IP68

Maks dybde: 100 m

Effektfaktor: 0,95

Materialer: POM + SMD + akryl

Standard kabellengde: 50 meter



Er det nok med ett lys per merd ?

I dagens merdanlegg er det mye teknisk utstyr som må fjernes og monteres på nytt ved gjennomføring av nødvendige operasjoner i merdene, eksempelvis ved lusebehandling. Dette er tidkrevende og kostbare arbeidsoperasjoner. Et aktuelt tiltak er å redusere antallet lyskilder i merdene. Oxyvision engasjerte Havforskningsinstituttet for å måle lysspredning og -styrke i en 160 m merd med hhv. ett stort LED-lys (2500 W) og 4 små LED-lys (600 W).

Asbjørn Bergheim, forskningsleder Oxyvision og Tore S. Kristiansen, seniorforsker, Havforskningsinstituttet asbjorn@oxyvision.com

Oppdrettsnæringen har siden tidlig på 1990-tallet benyttet kunstig lys for å styre eller forsinke kjønnsmodning og for å øke tilveksten hos laksefisk. Slike lys har i hovedsak vært basert på metallhalogen-teknologi med et lysspekter fra 400 til 700 nm og med størst lysstyrke i den blå-grønne del av spekteret (Hansen et al. 2017). De siste årene har LED-baserte undervannslys hvor lysfargenes sammensetning lettere kan bestemmes, og som har langt lavere energiforbruk, kommet på markedet (f.eks. Steinsvik 2019, AkvaGroup 2019).

Tidlig kjønnsmodning er et stort potensielt problem i lakseoppdrett som resulterer i nedsatt vekst og redusert kjøttkvalitet, men manipulering av den naturlige lyssyklusen ved bruk av kunstige lysprogram blir rutinemessige anvendt for å redusere problemet (Migaud et al. 2007). I en studie gjennomført av Porter et al. (1999) ble kun 6,1 % av laksen kjønnsmoden ved bruk av kunstig lysregime (tilleggslys om natta) sammenlignet med 61,5 % kjønnsmodning ved naturlig lys. Bruk av høyintensitetslys fra midtvinters og 4-6 måneder framover i tid kan redusere forekomsten av kjønnsmodning (Kolarevic et al. 2018), mens bruk av lys med høy intensitet i løpet av høsten har en motsatt virkning og kan dermed indusere kjønnsmodning (Oppedal et al. 2006). Kommersiell testing med LED-lys ved norske merdanlegg har vist 10 % raskere

tilvekst og 10 % forbedret biologisk førfaktor (Philips Lightning Aquaculture).

Fleire studier har vist at kunstig belysning også kan benyttes for å påvirke oppdrettsfiskens atferd. Omfattende studier ved Havforskningsinstituttet (HI) som kombinerer anvendelse av lyskilder på dypt vann med undervannsføring i merder har vist at dette kan bidra til økt svømmedyp nattestid og dermed redusert risiko for lusepåslag (f.eks. Oppedal et al. 2011). Frenzl et al. (2014) viste at infeksjonsnivået av lakselus er betydelig lavere hos fisk i forsøksmerd med undervannslys som tiltrekker seg laks ved plassering av lyskilde på 10 m dyp sammenlignet med lys på 1,5 m dyp. Nyere observasjoner (Bui et al. 2018, 2019) syner at for å oppnå en lusreduserende effekt med dype lys er det viktig å tiltrekke laksen et stykke unna haloklinen (overgang mellom brakkvann og sjøvann).

Andre forsøk har vist at laks reagerer ulikt på ulike lysfarger (bølglengder), men at den er sensitiv for selv svake lysmengder (Stien et al. 2014) og følger svake lyskilder som beveges opp og ned i merden (Wright et al. 2015). Normalt fungerer en slik tiltrekning bedre i den mørke perioden av døgnnet. Om dagen er det naturlige lyset ved overflaten mye sterkere enn de kunstige lysene slik at effekten av undervannslys reduseres. Bruk av blått lys (spekter 420 – 560 nm) for å lede laks bort

fra overflatesjiktet med høy lusetetthet viste lite effekt på fiskens fordeling i merdene i et nylig gjennomført prosjekt (FHF 901456).

Kunstig lysregime er rutinemessig anvendt i norske merdanlegg der hovedformålet er å redusere/forhindre tidlig kjønnsmodning hos fisk. Det benyttes flere lyskilder i hver merd, vanligvis 4–6 stk, for å sikre god lysdekning i hele merdvolumet. Veiledende effekt for å oppnå tilstrekkelig belysning er 1–2 W/m² merdoverflate. Vanligvis er lyskildene plassert på 3–5 m dyp. Mange lys sammen med øvrige komponenter i merdene, som skjul for leppefisk, sensorer for måling av vannkvalitet og kamera, blir påpekt å være til hinder for generell drift av merdene og å medføre betydelig ekstraarbeid ved gjennomføring av arbeidsoperasjoner som lusebehandling. Derfor er det et generelt ønske om at antallet lyskilder i merdene om mulig kan reduseres.

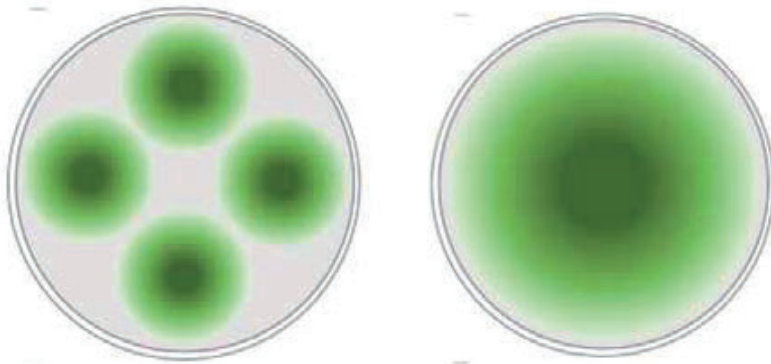
Artikkelen beskriver en nylig utført test ved Havforskningsinstituttets forsøksstasjon

på Austevoll der lysstyrken i varierende avstand i sjøen fra en enkel kraftig lyskilde ble sammenlignet med lysstyrken fra 4 tilsvarende svakere lyskilder (Kristiansen et al. 2020).

Metodisk gjennomføring

Testen ved Austevoll Havbruksstasjon besto i å sammenligne lysstyrken fra en kraftig 2500 W lampe (Aqualux 2500 W) med en normal 600 W lampe (Aqualux 600 W) (se også **bilde 1**). Testen ble gjennomført rundt midnatt 28–29. mai 2020 på oppdrag for Oxyvision som har utviklet de LED-baserte undervannslampene. Lysene ble hengt på 5 m dyp og lyset ble målt horisontalt ut fra lampene på 1-2-3-4-5-10-15-20 m avstand.

Det ble benyttet en Li-Cor quantum sensor lysmåler (Li-193SA, Li-Cor, Lincoln, NE, USA) som registrerte photon flux rate (mikroE/m²/s) innen spekteret 400–700 nm. For å gi mer forståelige verdier er de avleste måleverdiene omregnet til «belysningsstyrke» som er synlig lys for

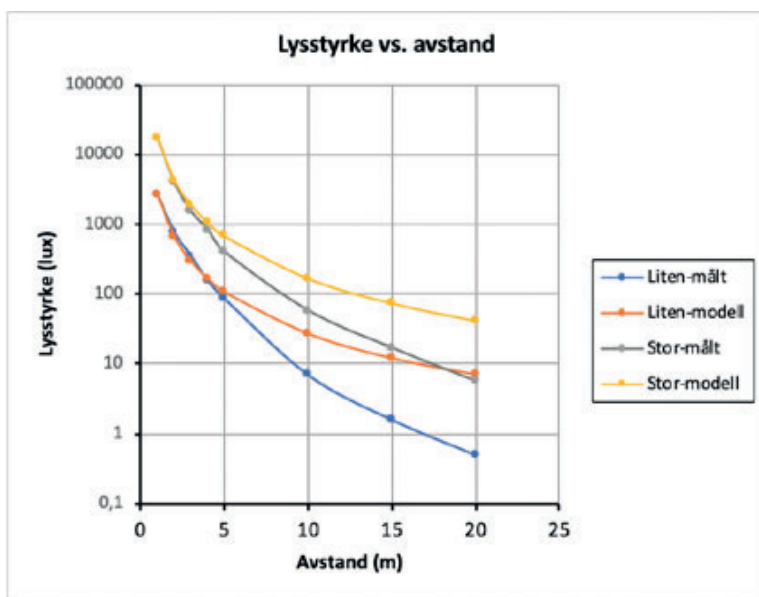


Bilde 1. Illustrasjon av lysspredning i en 160 m merd med hhv. 4 små lys (å 600 W) og ett stort lys (2500 W), Kristiansen et al. (2020)

Tabell 1. Målinger av lysstyrke (lux) på 5 m dyp i 1 – 20 m avstand fra Liten lyskilde (600 W) og Stor lyskilde (2500 W). Austevoll Havbruksstasjon, 28 – 29. mai 2020 (midnatt)

Avstand fra lys (m)	Liten lyskilde (lux)		Stor lyskilde (lux)	
	Målt verdi	Modellert verdi*	Målt verdi	Modellert verdi*
1	2668	2668	16849	16849
2	778	667	3927	4212
3	354	296	1523	1872
4	157	167	832	1053
5	87	107	400	674
10	7,0	27	57,5	168
15	1,6	12	16,8	75
20	0,5	7	5,6	42

*: modellerte verdier i luft basert på at lysstyrken svekkes med kvadratet av avstanden



Figur 1. Målt og modellert lysstyrke (lux) basert på tallverdier i Tabell 1 (Omregningsfaktor (1 mikroE/m²/s = 55 lux). Liten-målt: Liten lyskilde – målt verdi. Liten-modell: Liten lyskilde – modellert verdi. Stor-målt: Stor lyskilde – målt verdi. Stor-modell: Stor lyskilde – modellert verdi

mennesker med enhet lux (lumen/m²) ved å bruke omregningsfaktor 55 (som for sollys). Dette blir ikke 100 % riktig siden laks og menneske har noe ulik lysfølsomhet for ulike bølgelengder slik at lysstyrken ikke vil oppleves likt, samt at lysene har en annen sammensetning av bølgelengder enn sollys, men de relative forskjellene mellom lampene vil fortsatt være riktig. På måletidspunktet var det ekstremt mye zooplankton i sjøen som førte til redusert lysspredning.

Resultater og diskusjon

Resultatene fra lysmålingene på 5 m dyp 1 – 20 m fra 600 W lampen og 2500 W lampen er vist i Tabell 1 og Figur 1. Videre er beregnet såkalt modellert verdi som uttrykker graden av lysvekkelse med økende avstand i luft (lysstyrken fra en kuleformet lyskilde avtar med kvadratet av avstanden, $E = I/d^2$). Partikler og bobler i vannet vil imidlertid spre lyset i alle retninger slik at vi må regne med at lyset svekkes raskere med økende avstand enn denne «best case» modellen.

På 5 m avstand var målt lysstyrke ca. 5 ganger sterkere fra den store lampen sammenlignet med den minste lampen, mens det tilsvarende forholdet var ca. 10 ganger sterkere lysstyrke 15 – 20 m fra lysene. Den store lampen (Stor-målt) ga nesten like mye lys på 20 m avstand som den minste (Liten-målt) på 10 m avstand.

På grunn av svært mye dyreplankton i sjøen svekket lysstyrken seg mer enn hva som hadde vært tilfelle i helt klart vann (Figur 1). Lysene er mest i bruk om vinteren når turbiditeten i vannet som oftest er lavere enn den var under testen og det antas at målt lysmengde blir mer likt modellerte verdier når lysene er i bruk på sein høst og tidlig vinter.

Målingene viste at lysstyrken var omtrent lik på 20 m avstand fra stor lampe og på 10 m fra liten lampe. Ved et enkelt regnestykke kan en beregne arealet med lysstyrke over 10 lux:

Stor lampe (2500 W): $3,14 \times 20^2 = 1256 \text{ m}^2$
 Liten lampe (600 W): $3,14 \times 10^2 = 314 \text{ m}^2$
 ($1256 \text{ m}^2 / 4 = 314 \text{ m}^2$).

Dette tyder på at en stor lampe (2500 W) vil kunne erstatte fire små lamper (å 600 W) og gi tilstrekkelig lysintensitet/-dekning i merdene.

Ved å plassere et kraftig lys sentralt i merden vil trolig lyseffekten på fisken i ytterkant av merden svekkes av fiskebestanden nærmere lyskilden og dermed oppleve mindre lys enn med 4 - 6 lamper spredt i merden. Samtidig vil jo fisken kunne oppleve betydelig mere lys ved å svømme nærmere lampen, så det er ikke mulig å si sikkert om lyseffekten på fiskebestanden vil bli større eller mindre. Lysstyrken 1 m fra 2500 W lampen ble funnet å tilsvare sterkt sollys på 2 m dyp i sjøen, og det kan også tenkes at fisken vil unngå så vidt sterkt lys og at det dermed vil kunne oppstå en annen fordeling av fisken i merden.

Foreløpig konklusjon

Målinger foretatt ved Havforskningsinstituttet viser at ett kraftig undervannslys kan gi omtrent samme lysmengde i merder som fire tilsvarende mindre lys. Oppdrettere som har prøvd ett lys i merdene har gode erfaringer, men det er behov for ytterligere dokumentasjon for å oppnå tilstrekkelig faglig grunnlag for å konkludere effekten på kjønnsmodning og vekst. Flere problemstillinger må vurderes ytterligere ved bruk av en enkel lyskilde, særlig:

- vil det oppstå større skyggeeffekter fra fiskebestanden?
- vil fisken fordele seg annerledes i merdene og dermed påvirke lys- og skyggeeffekt?

Referanser

- Akvagroup 2019. Blått undervannslys. <https://www.akvagroup.com/merdbasert-oppdrett/lys/bl%C3%A5-led-400w>
- Bui, S., Oppedal, F., Nilsson, J., Oldham, T., Stien, L., 2019. Summary and status of deep lights and deep feed use in commercial settings: welfare, behaviour and infestation at three case study sites - End report from the FHF project 901154 "Dype lys og føring". Rapport fra Havforskningen, 2019-4. 33p. https://www.hi.no/hi/nettrapporter/dypelysogforing_kunnskapssammenstilling_sluttrapport.docx
- Bui, S., Stien, L., Nilsson, J., Oppedal, F., 2018. Assessment of long-term implementation of sea lice prevention technologies: efficiency in reducing infestations and impact on fish welfare. Rapport fra Havforskningen, 45-2018. 38p.
- Frenzl, B., Stien, L.H., Cockerill, D., Oppedal, F., Richards, R.H., Shinn, A.P., Bron, J.E. & H. Migaud. 2014. Manipulation of farmed Atlantic salmon swimming behaviour through the adjustment of lightning and feeding regimes as a tool for salmon lice control. *Aquaculture*, 424/425, 183-188.
- Hansen, T.J., Fjellidal, P.G., Folkedal, O., Vågseth, T., Oppedal, F., 2017. Effects of light source and intensity on sexual maturation, growth and swimming behaviour of Atlantic salmon in sea cages. *Aquacult. Environ. Interact.* 9, 193-204.
- Kolarevic, J., Stien, L.H. et al. 2016. Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd – Del B. Bruk av operative velferdsindikatorer for ulike oppdretts- og produksjonssystem. Nofima, 2016/06.
- Kristiansen, T.S., Fosseidengen, J.E. & V. Nola. 2020. Måling lysstyrke fra Aqualux 2500W og Aqualux 600W undervannslys. Notat Havforskningsinstituttet, 05.06.2020. 3 s.
- Migaud, H., Cowan, M., Taylor, J. & H.W. Ferguson. 2007. The effect of spectral composition and light intensity on melatonin, stress and retinal damage in post-smolt Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 270, 390-404.
- Oppedal, F., Berg, A., Olsen, R.E., Taranger, G.L. & T. Hansen. 2006. Photoperiod in seawater influence seasonal growth and chemical composition in autumn sea transferred Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) given two vaccines. *Aquaculture* 254, 396-410.
- Oppedal, F., Dempster, T. & L.H. Stien. 2011. Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311, 1-18.
- Philips Lightning Aquaculture. 10 % raskere tilvekst med LED-lys – Fremdeles mye å hente <https://www.kyst.no/article/10-raskere-tilvekst-med-led-lys-fremdeles-mye-aa-hente/>
- Porter, M. J. R., Duncan, N. J., Mitchell, D. & A.N.R Bromage. 1999. The use of cage lighting to reduce plasma melatonin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and its effects on the inhibition of grilising. *Aquaculture*, 176, 237-244.
- Steinsvik 2019. Undervannslys https://steinsvik.no/no/produkter/n/aquaculture/havbruksutstyr/lys?gclid=Cj0KCQjw4fHkBRDcARIsACV58_G0vKUrCyReoAHwwt8BnNQ27KM008EMeK1YEXud85pPV6wgye9974aAtitEALw_wcB
- Stien, L.H., Fosseidengen, J.E., Malm, M., Sveier, H., Torgersen, T., Wright, D.W. , Oppedal, F. 2014. Low intensity light of different colours modifies Atlantic salmon depth use. *Aquacultural Engineering*, 62, 42-48.
- Wright, D.W., Glaropoulos, A., Solstorm, D., Stien, L.H. & F. Oppedal. 2015. Atlantic salmon *Salmo salar* instantaneously follow vertical light movements in sea cages. *Aquacult. Environ. Interact.* 7, 61-65.