



Lys i kultiveringsanlegg



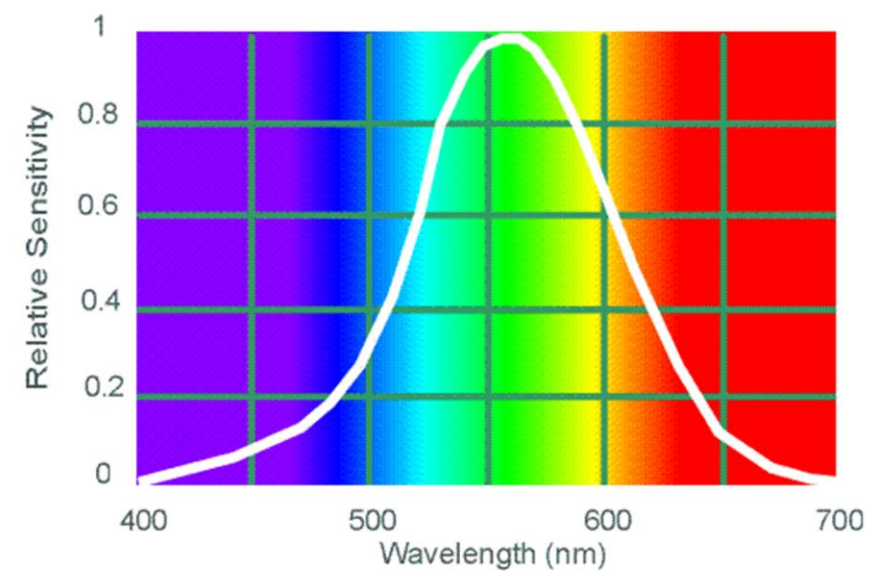
Disposisjon

- Hva er lys?
- Hvordan oppfatter fisk lys?
- Hvilke effekter har lys på fisk?
- Hvilke typer lys bør vi bruke i kultiveringssammenheng?

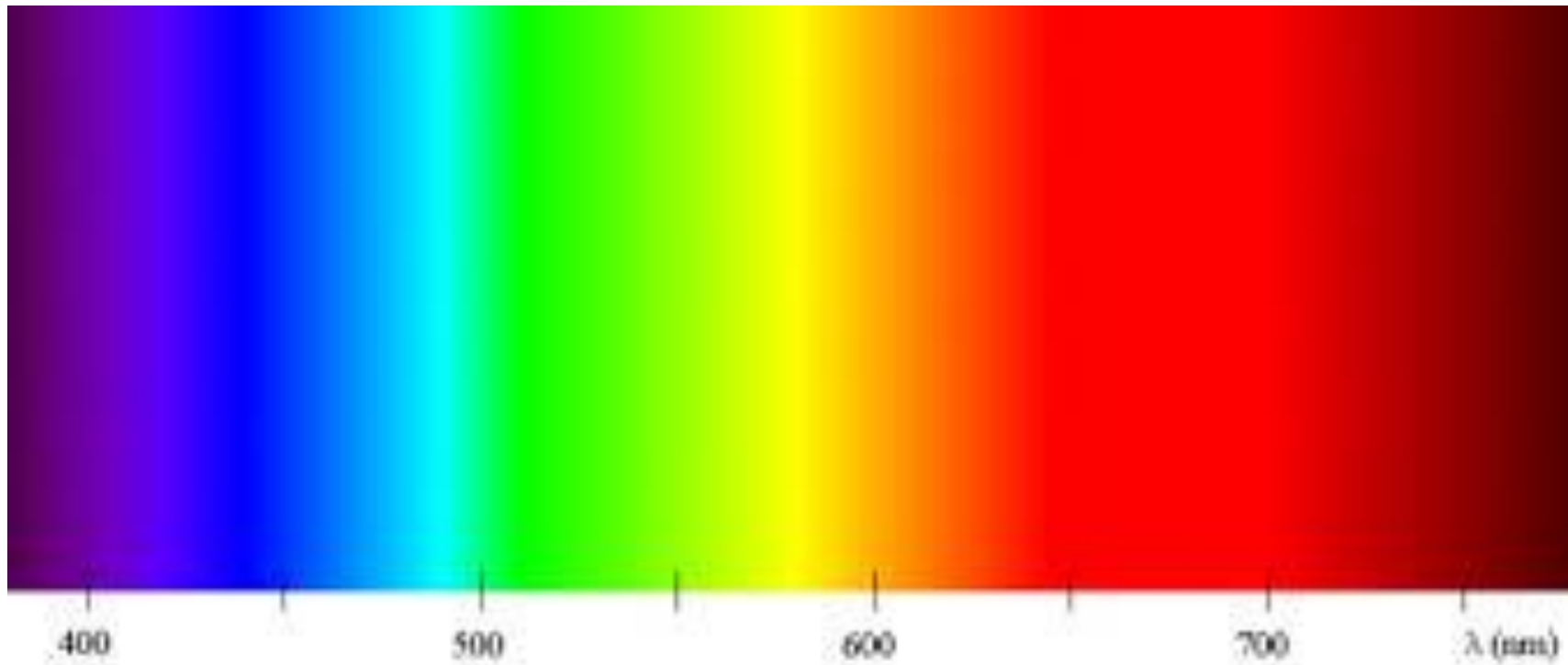


Hva er lys?

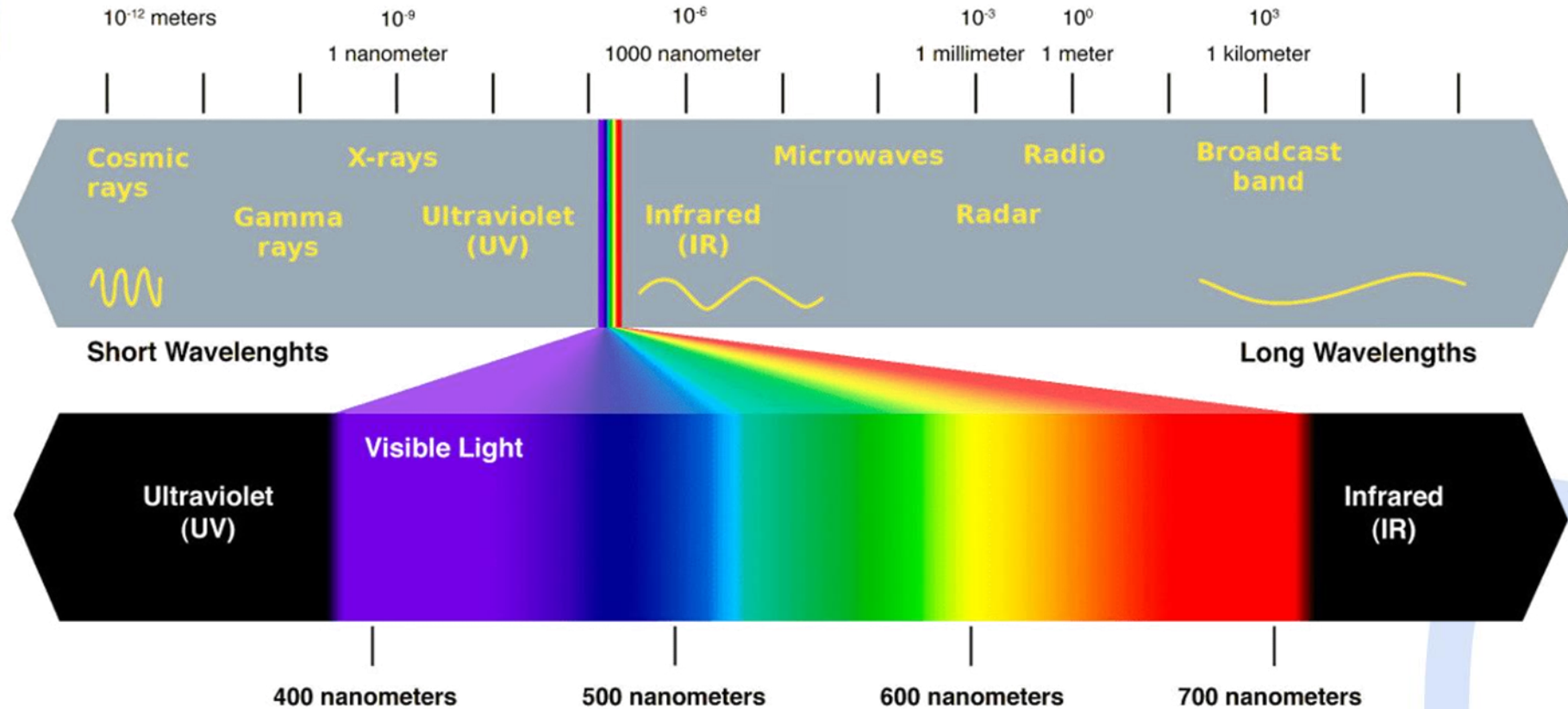
- Lys er en form for elektromagnetisk stråling.
- Det har både bølgeegenskaper og partikkelegenskaper.
- Lys består av fotoner.
- Synlig lys er visse bølgelengder av elektromagnetisk stråling som forårsaker synsinntrykk i det menneskelige øye.



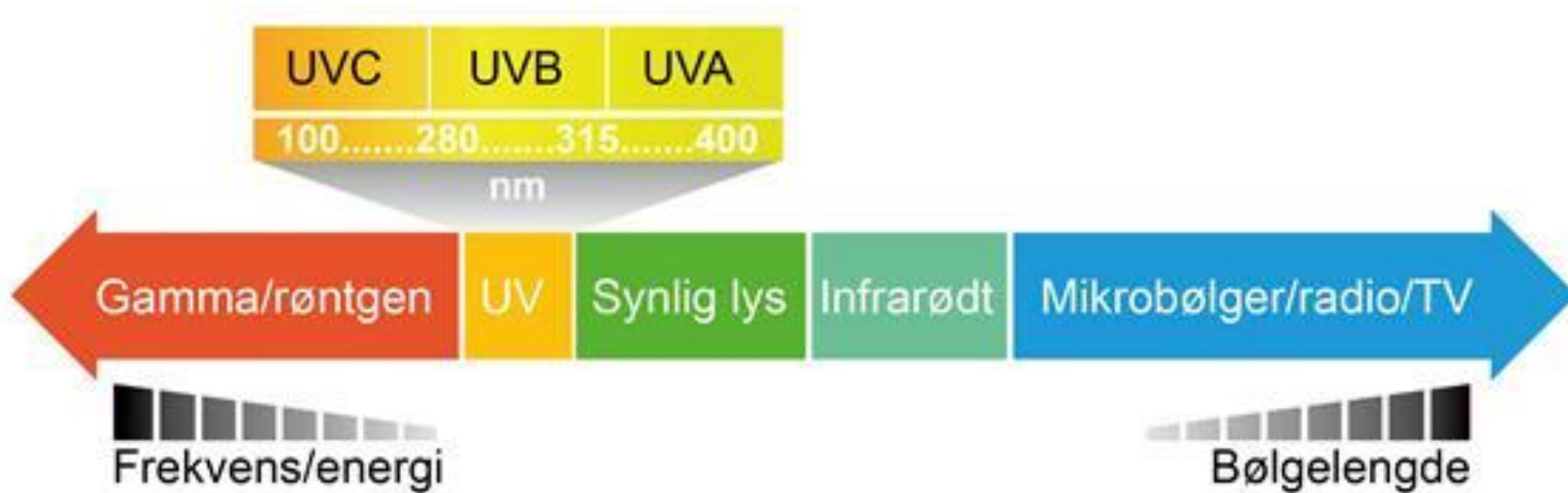
Isaac Newton, syv farger i spekteret: ROGGBIF (rødt, oransje, gult, grønt, blått, indigo og fiolett). Det er disse fargene vi ser



Lys er både partikler og bølger



I 1905 bygde Albert Einstein videre på forståelsen av lysets natur. Han utviklet en teori som sa at lys ikke bare er bølger som bukker seg gjennom luften, men at det samtidig også består av bitte små partikler, som kalles lyskvanter eller fotoner.



Noen viktige begreper

- Lux
- Kelvin
- Candela
- Lumen

Lux

«Belysningsstyrke»

- Lux sier ikke hvor mye en lampe lyser.
- Det er en betegnelse for belysningsstyrke og forteller hvor mye lys som faller på en flate.
- Lux er lumen per kvadratmeter og forteller hvor opplyst en flate er, f.eks. arbeidsområdet.

MarinHelse Belysningsstyrke

- Måles i lux
- For sterkt lys er ubehagelig for fisken:
 - ☐ Dagslys: 100 000 lux (direkte sollys)
 - ☐ Kontorlys 500 lux
 - ☐ Et talglys i et 10 m³ stort rom gir 1 lux
 - ☐ Måneskinn gir 1 lux
- ☐ Mye (Startfôring, 500 lux)
- ☐ Lite (< enn 10 lux)

Lumen

«Lysutbytte/virkningsgrad»

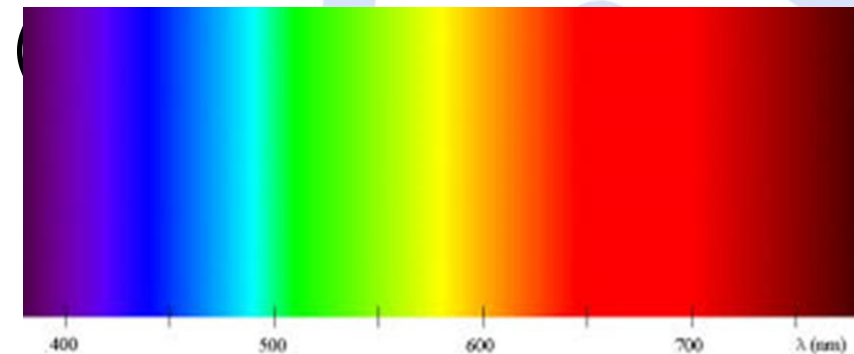
- Lumen forteller hvor mye lys som totalt strømmes ut fra kilden.
- Dette handler altså ikke om hvor intenst lyset er, men hvor mye lys som strømmes ut av en lyskilde i alle retninger.
- Lux og lumen måler styrken på de bølgelengdene som er synlige for det menneskelige øyet.
- 1 lumen vil gi en lysstyrke på 1 lux på en kvadratmeter, på to kvadratmeter vil den ha en lysstyrke på $\frac{1}{2}$ lux



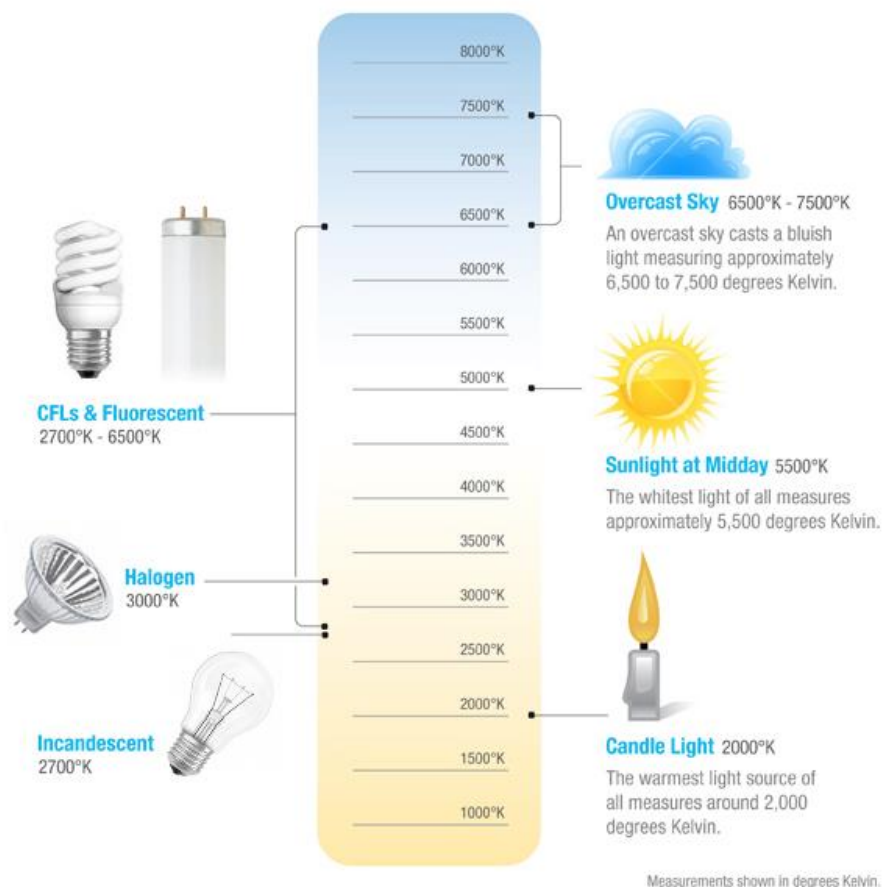
Menneskeøyet er mest følsomt for 556 nm

«Fargen på lyset»

- En annen måte å beskrive fargen i lyset på er i det som kalles for lystemperatur målt i kelvin grader, den indikerer sammensetningen av fargespekteret i lyset.
- For eksempel vil et fullspektrum lys med fargetemperatur 6500K gi lys over hele spekteret av synlig lys (ROGBIFF).
- Et fullspektrum lys inneholder lys i et nærmest uendelig antall av forskjellige bølgelengder .
- Bølgelende (nanometer = $3.000.000 / \text{fargetemperatur}$)
= $3.000.000 / 4500 = 666 \text{ nm}$. (rød).



Kelvin



Lysets fargetemperatur er svært viktig når vi velger belysning. Fargen på lyset angis i Kelvin. Lystemperatur deles ofte inn i hovedgrupper, hvor begrepene varm hvit, hvit og kald hvit er de vanligste betegnelse.



Se bildet av sveiseflammen, hvor høy temperatur gir et kaldt blålig lys, og lavere temperatur gir varmt, glødende lys.



Candela

«Lysstyrke»

- Candela (cd) betyr stearinlys på latin, og lysstyrken er 1 cd, som er enhetsbetegnelsen for candela, er omtrent den intensiteten som strømmer mot deg når du ser på et brennende stearinlys.

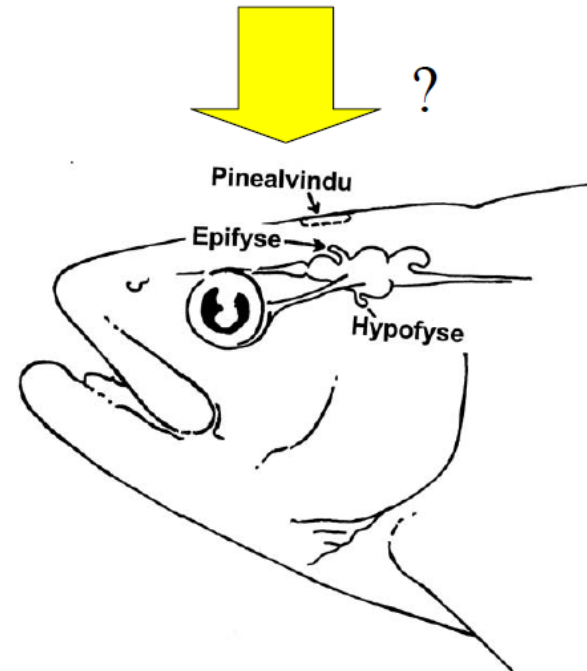
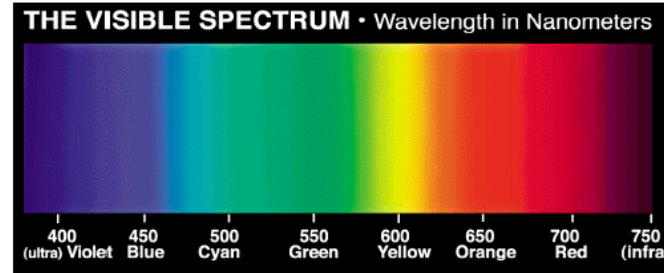
Disposisjon

- Hva er lys?
- **Hvordan oppfatter fisk lys?**
- Hvilke effekter har lys på fisk?
- Hvilke typer lys bør vi bruke i kultiveringssammenheng?



Hvordan leser fisk lys?

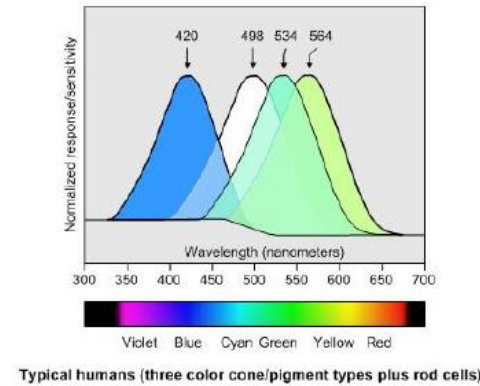
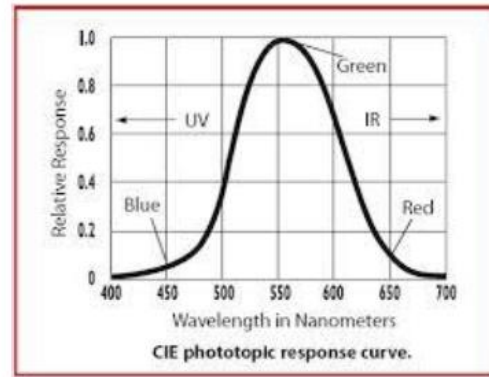
- Lysreseptorer finnes både i pinealorganet (epifyse) og øye (retina)
- Pinealorganet produserer (mesteparten av) ”mørkehormonet” melatonin
- Melatonin er med på å oversette lysperiodesignal til fysiologiske responser
- Innledende forsøk i merder tydet på at lyset var for svakt til å senke melatonin i torsk (Ø Karlsen, GL Taranger og M Porter)
- Fisk mest følsom for blått/grønt lys?





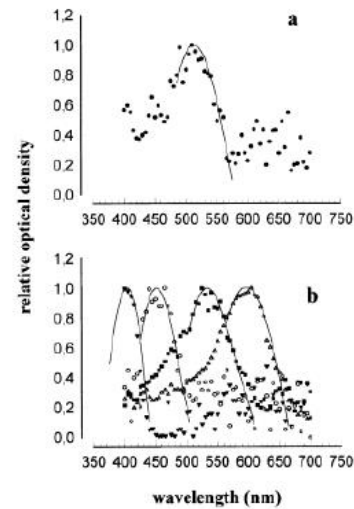
Lys-sensitivitet menneske/laks

Menneske

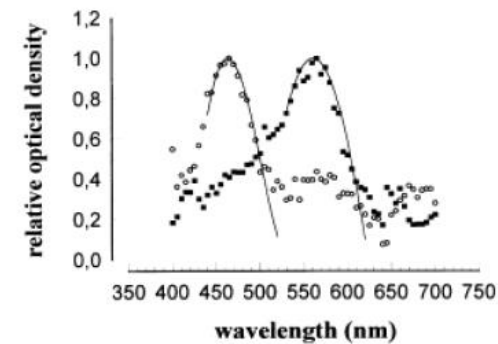


Laks

Visuell sensitivitet laks

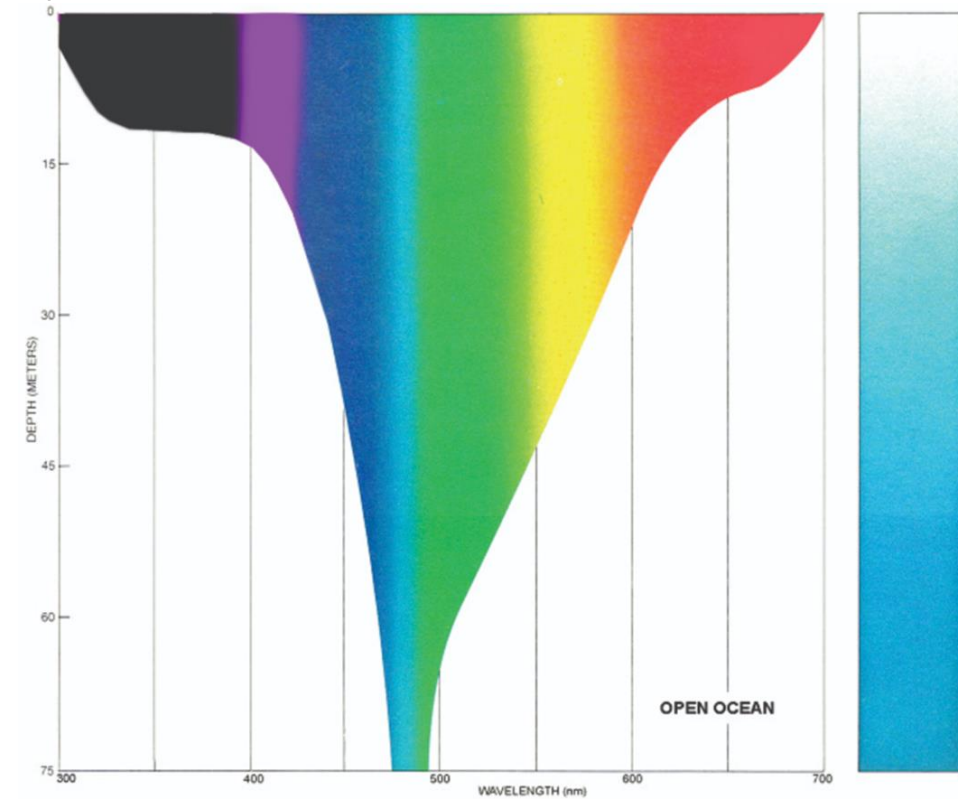


Pineal sensitivitet

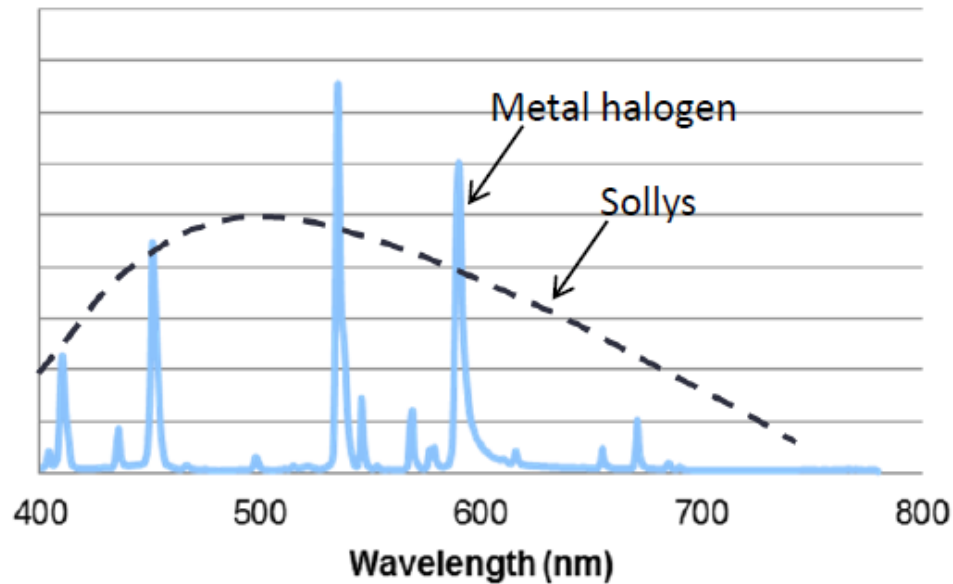


Lys og vann

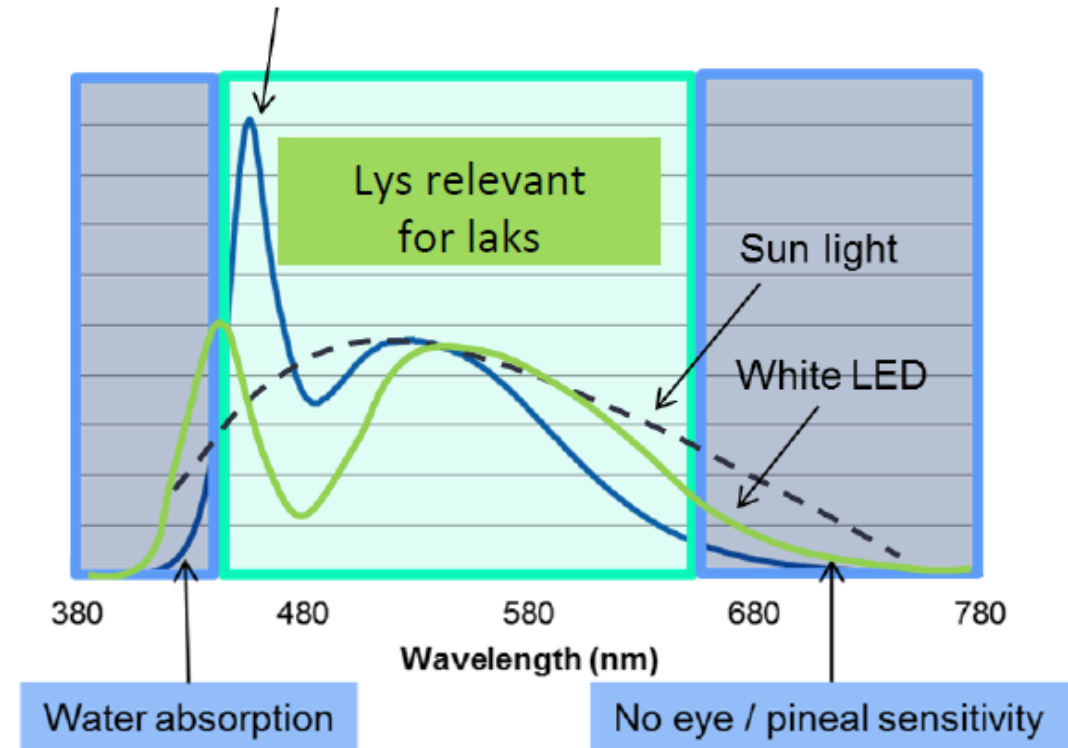
- ❖ Rent klart vann absorberer mye fiolett og rødt lys
- ❖ Maksimal gjennomtrengning gir blågrønt lys (460-490 nm)
- ❖ Rødt og fiolett betydelig dårligere
- ❖ Gulbrune humusstoffer absorberer blått.
 - ❖ Blått lys i rent vann
 - ❖ Grønt lys i gulbrunt vann (resirkulering)



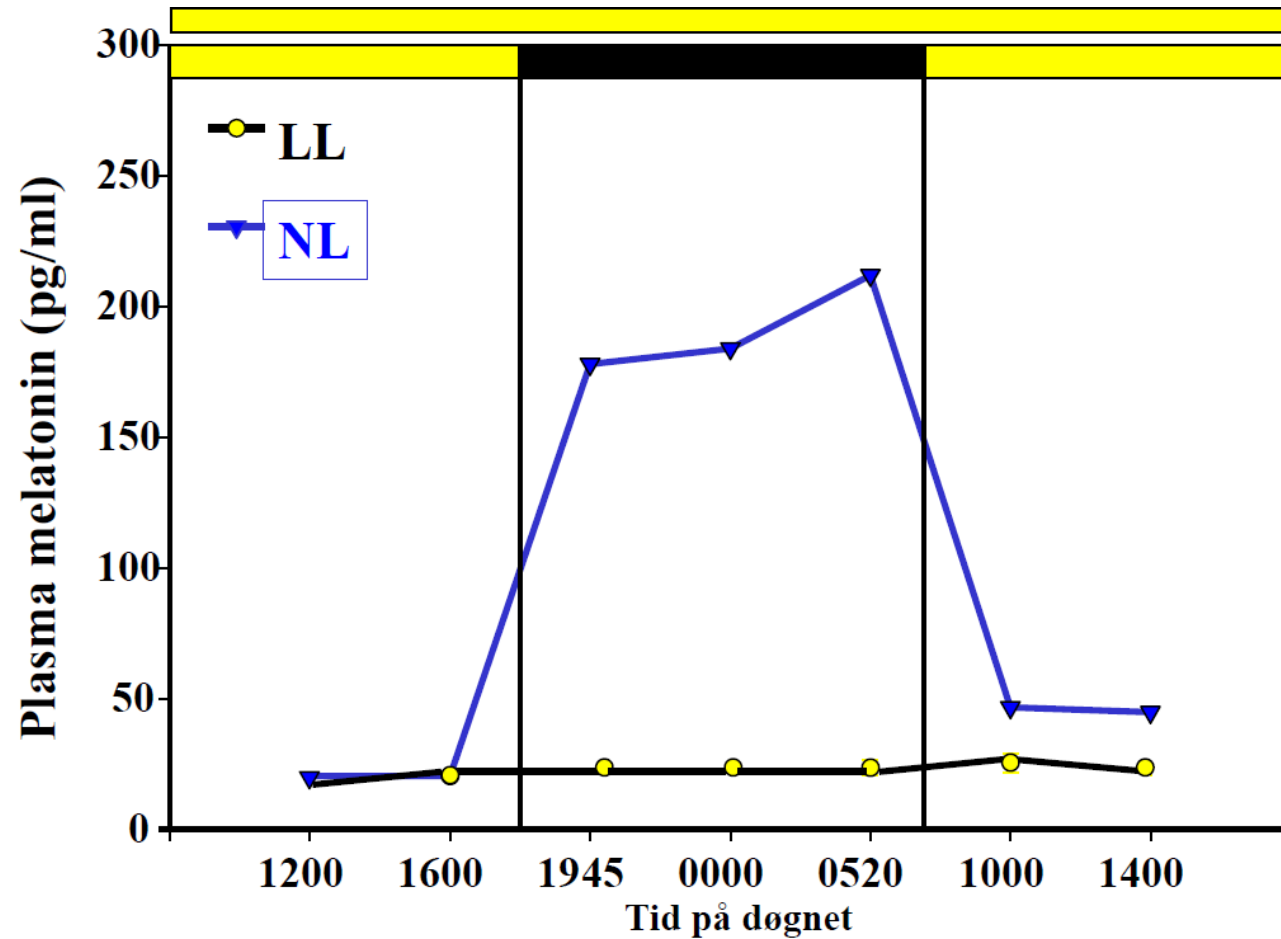
Metal halogen Spectral Power Distribution



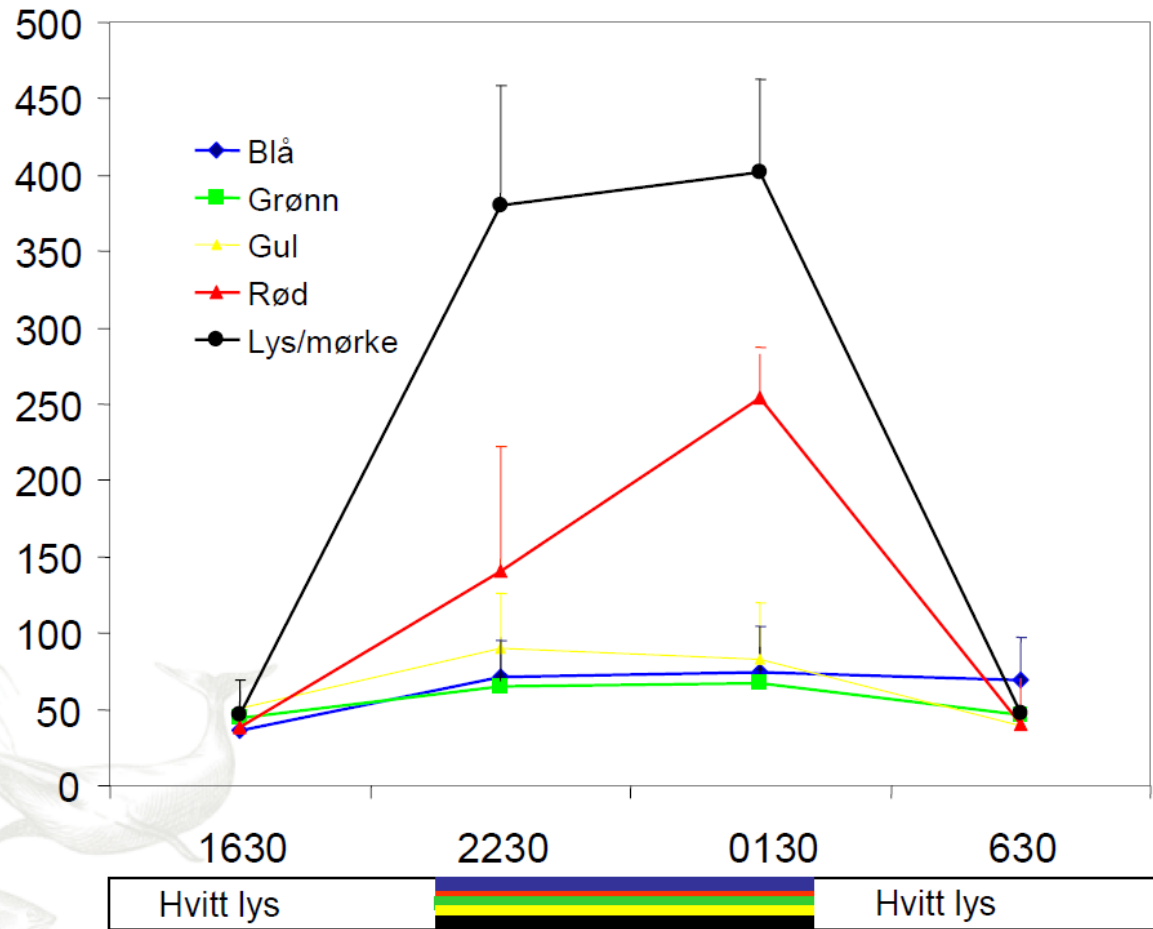
Philips Fish LED light



Melatoninprofil hos laks i innendørskar



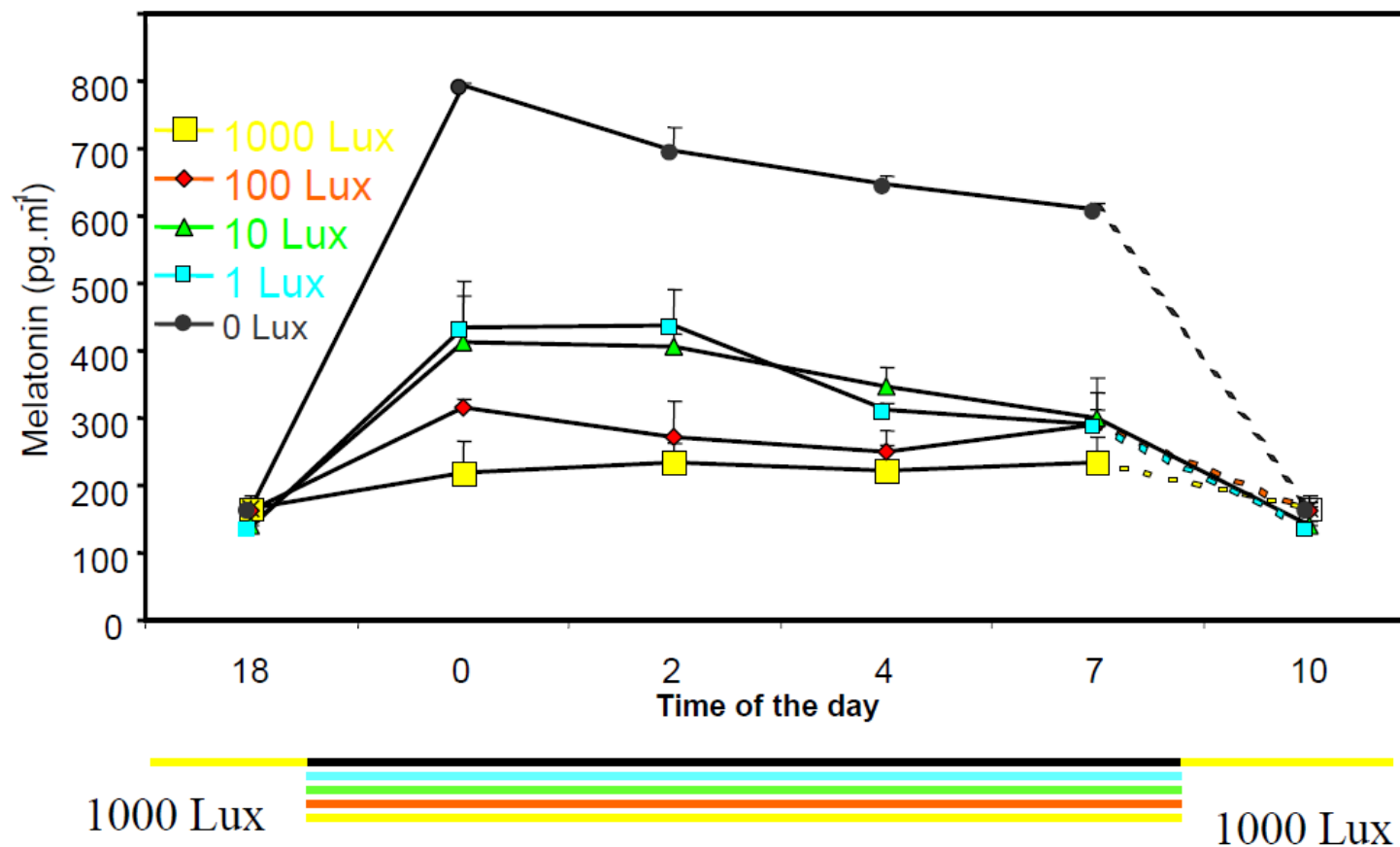
Melatoninproduksjon av lysfarge



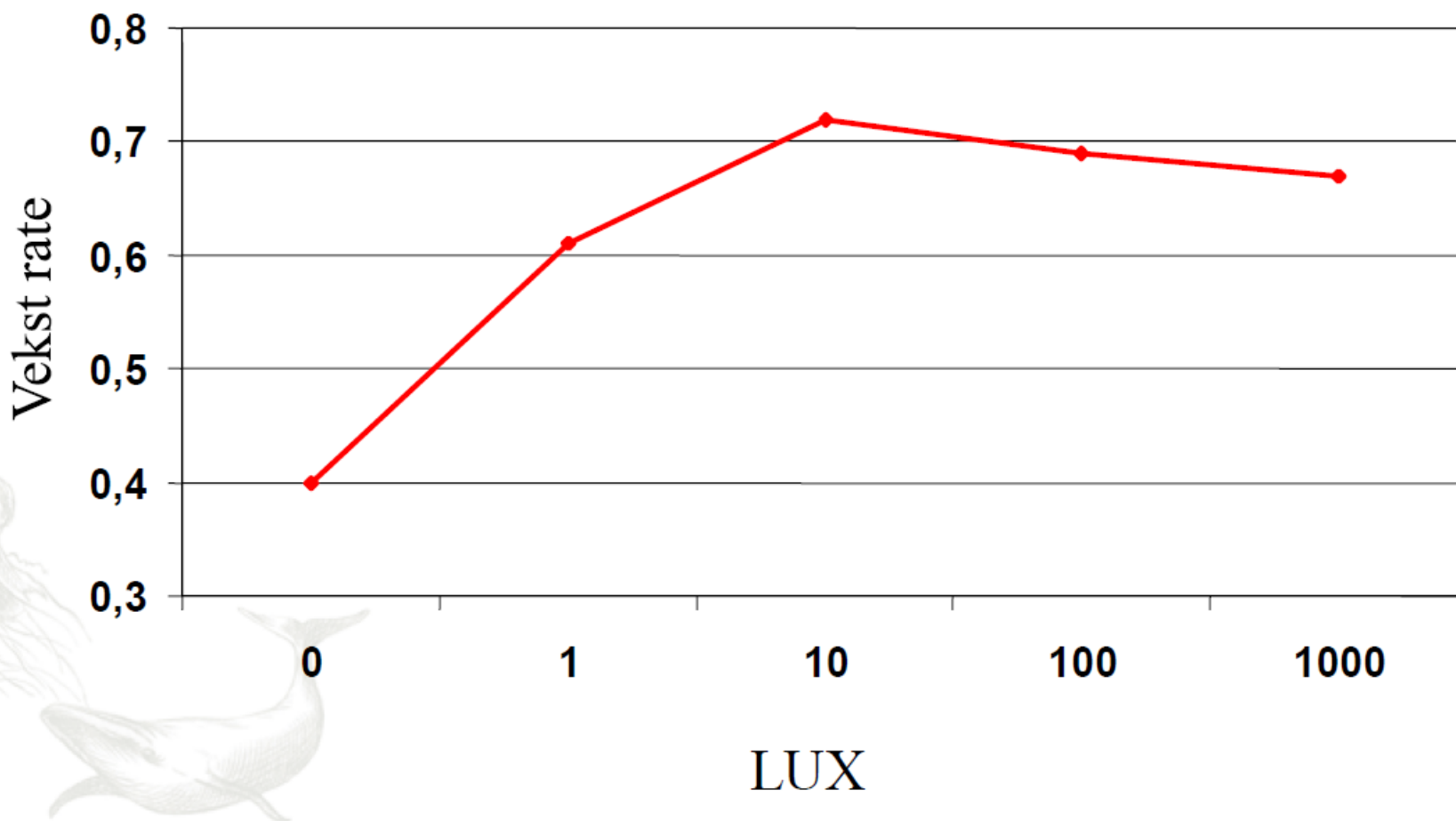
Taranger, Migaud og Hansen, upubl

MarinHelse KAF 2019

Melatoninprofil hos laks i kar med ulike lysintensiteter

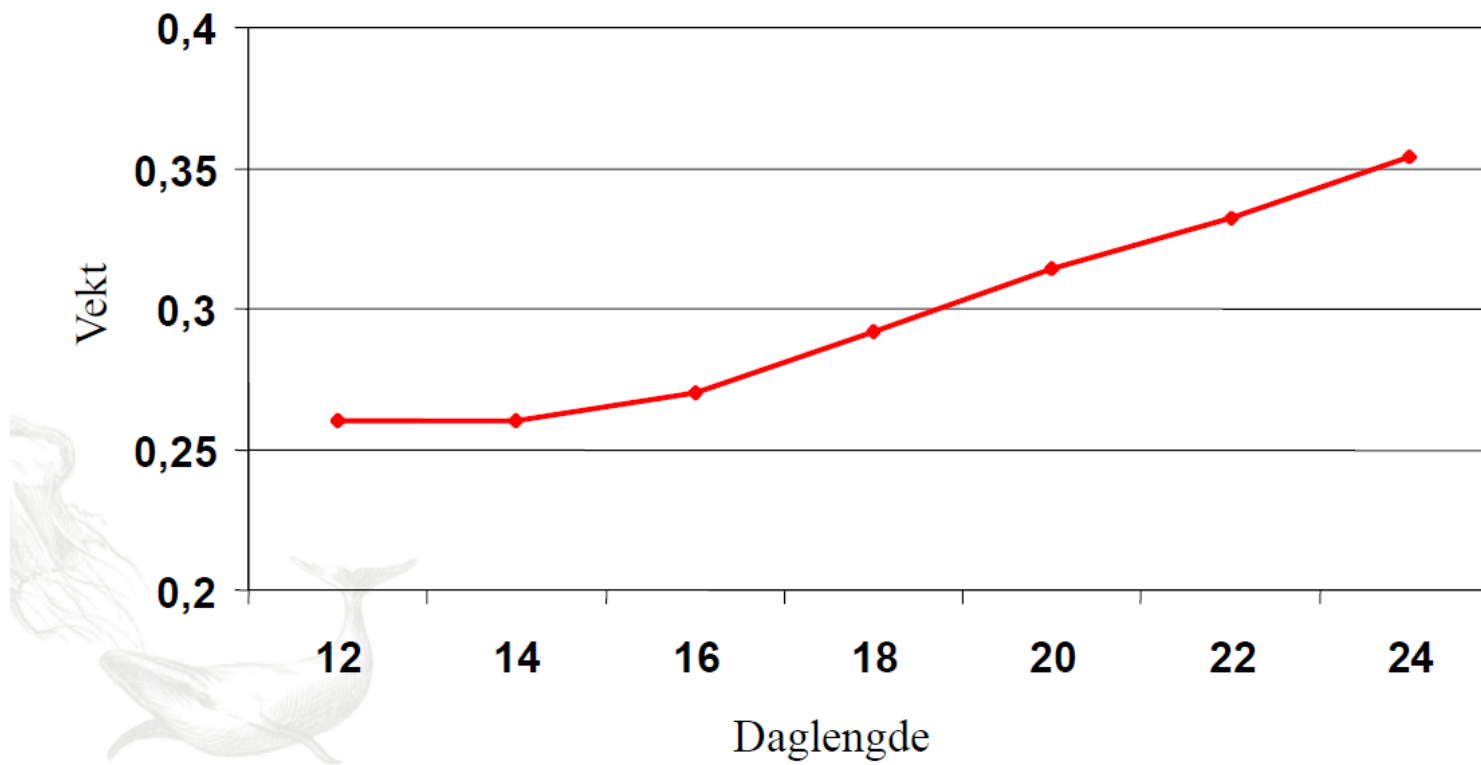


Effekt av lysintensitet på vekst hos parr



Effekt av daglengde på vekst hos parr

Vekt etter tre uker fôring

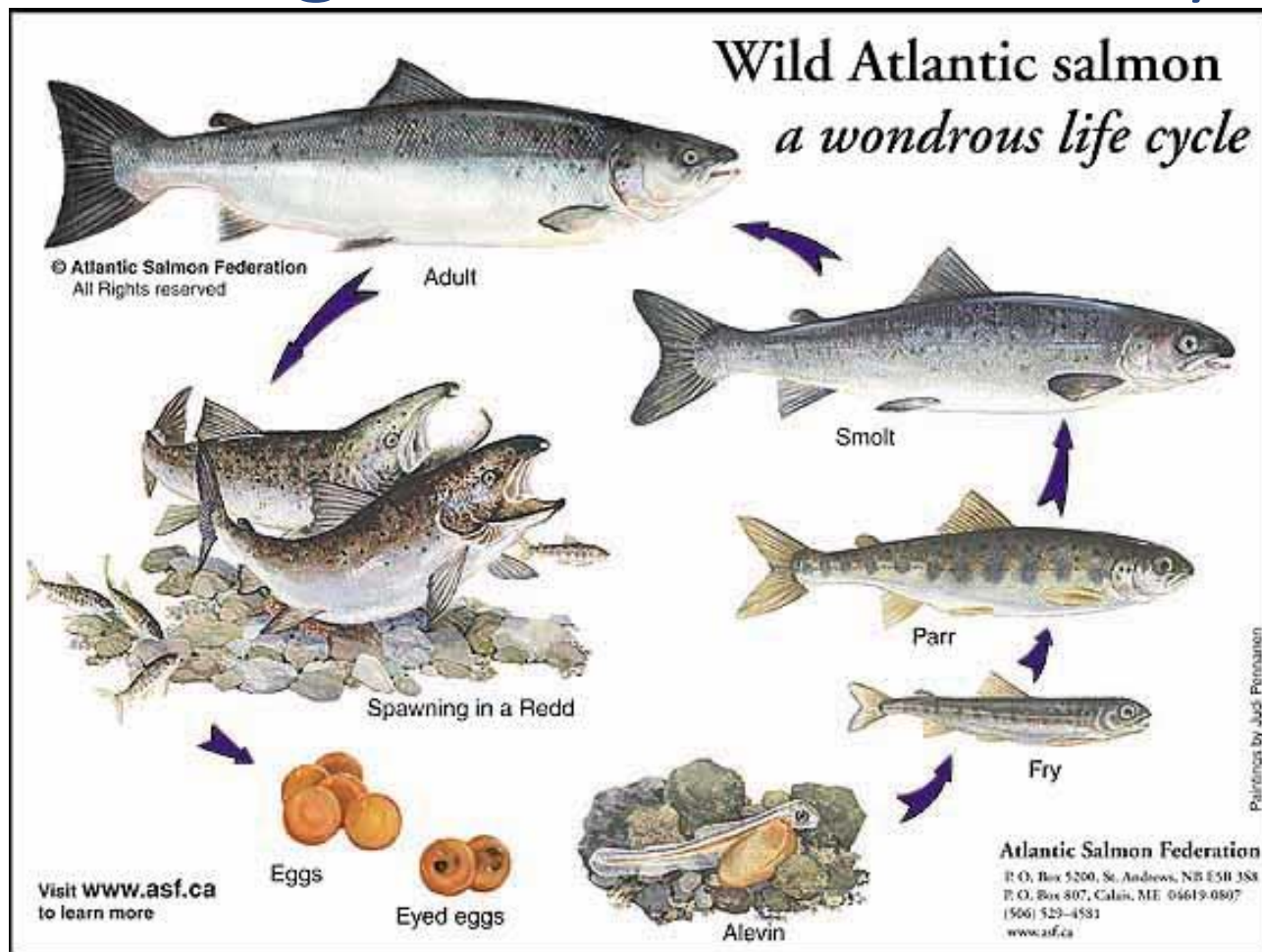


Disposisjon

- Hva er lys?
- Hvordan oppfatter fisk lys?
- **Hvilke effekter har lys på fisk?**
- Hvilke typer lys bør vi bruke i kultiveringssammenheng?

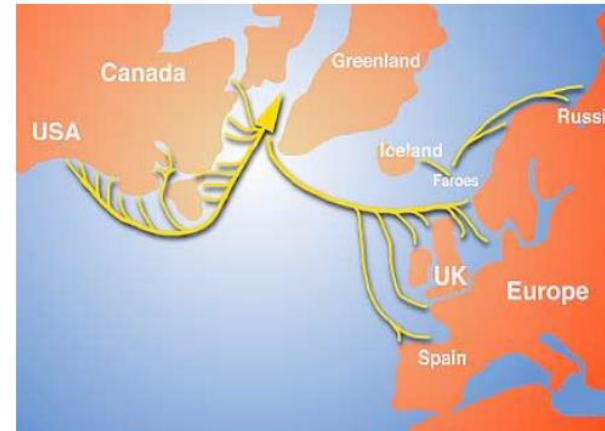


En utrolig fascinerende livssyklus



Anadromy – the best of two worlds

- ❖ Reproduction in Fresh Water, growth in Sea Water
 - ✓ The best from both worlds
- ❖ Freshwater (FW)
 - ✓ Low productivity (low potential for growth)
 - ✓ Few predators (low risk)
- ❖ Seawater (SW)
 - ✓ High productivity (high potential for growth)
 - ✓ Many predators (high risk)



To variasjoner er avgjørende i naturen

- ❖ -Temperatur
- ❖ -Daglengde

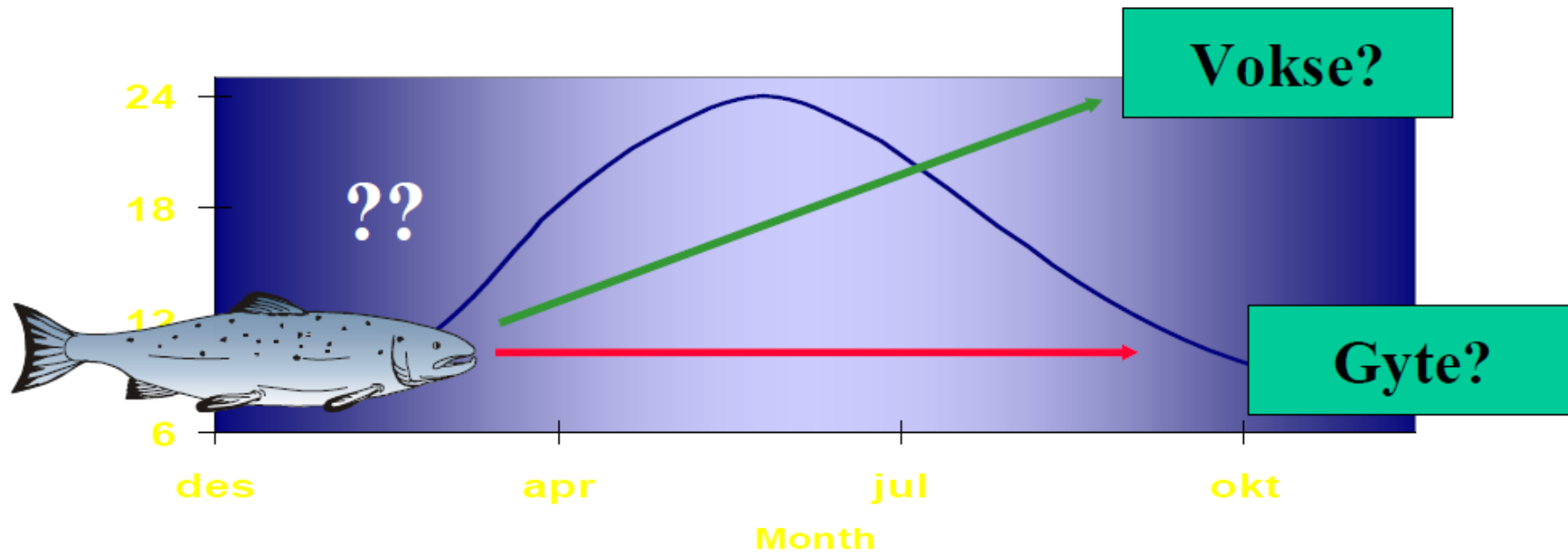
- Disse to avgjør fiskens tilgang på føde

- ❖ -Klekking og yngel/parr-vekst i ferskvann
- ❖ -Smoltifisering i ferskvann for vekst i sjø
- ❖ -Retur til ferskvann for gyting



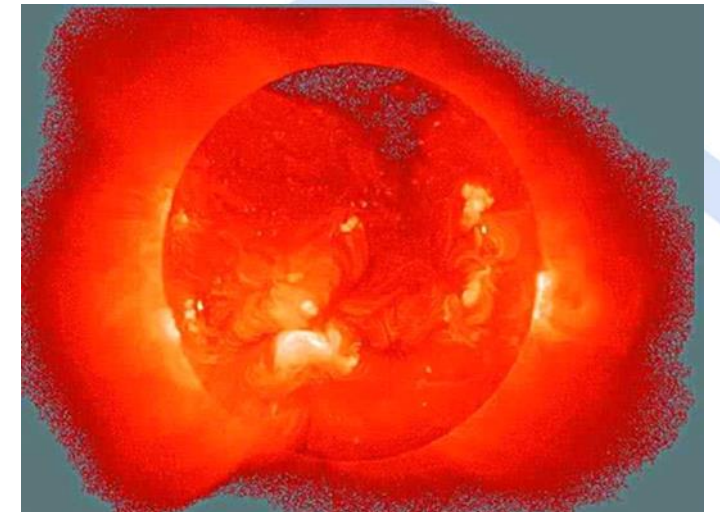
Laksen har lært seg å forutse disse
sesongmessige endringene

Daglengde er viktig for laksens biologi

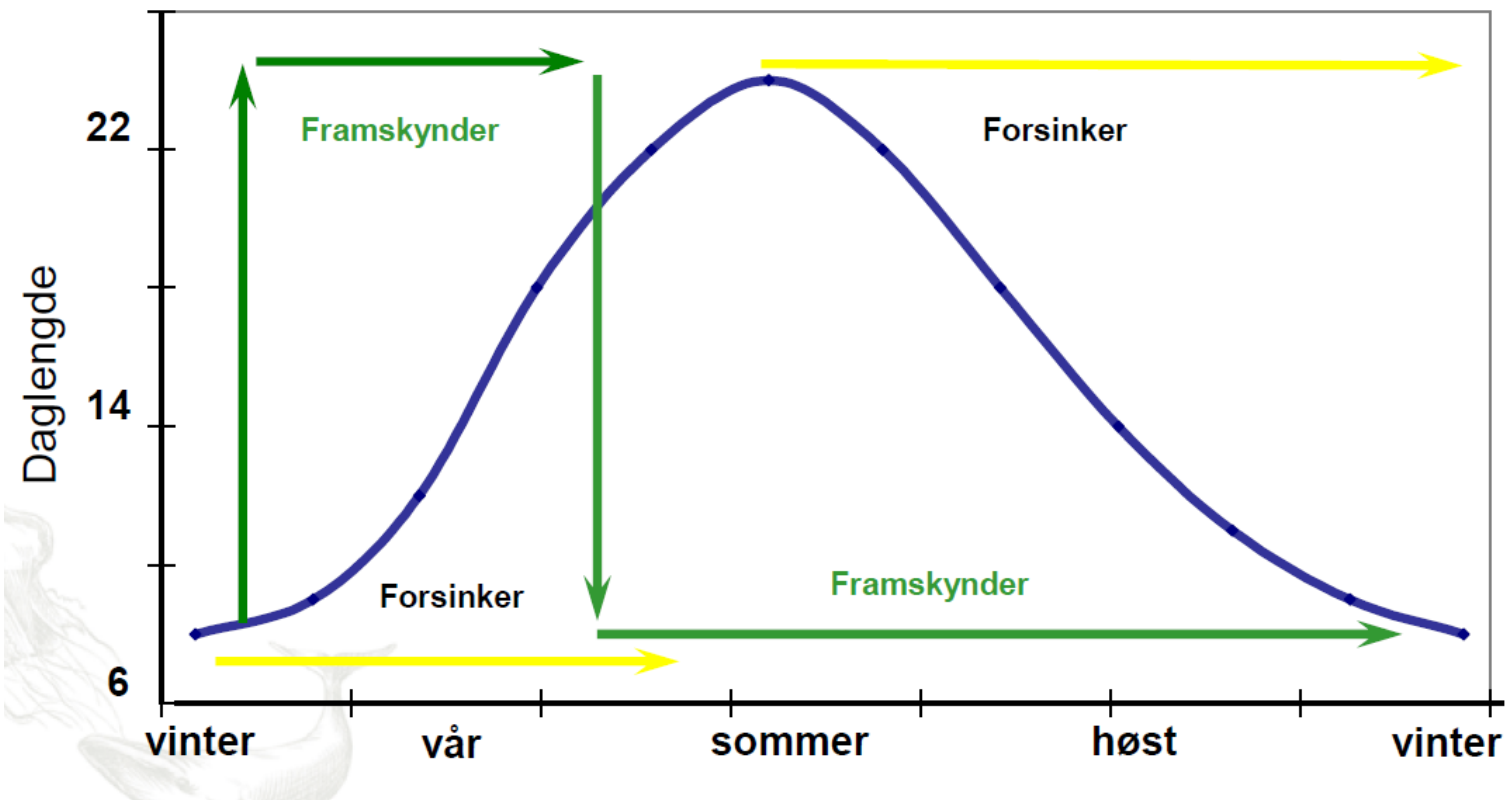


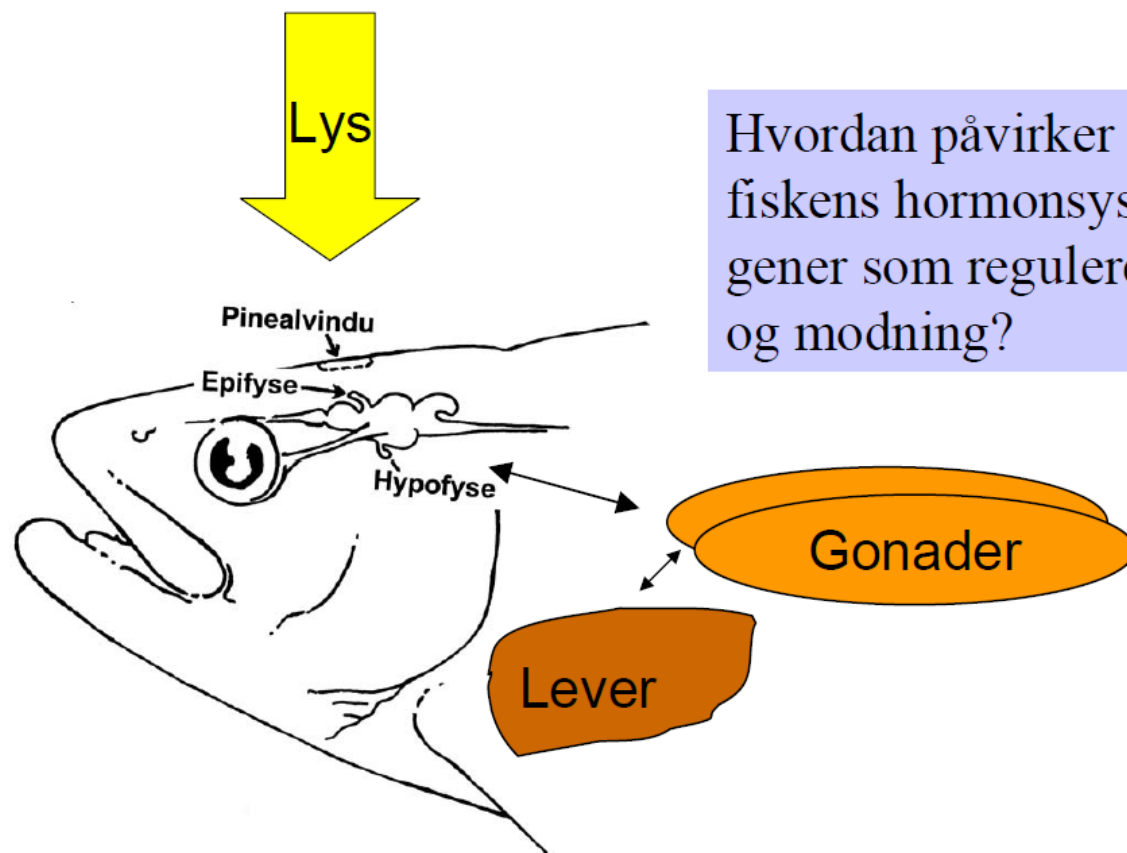
Biologiske rytmer

- Hos dyr finner vi rytmer av ulike varighet
 - Døgnrytmer (A og B-mennesker)
 - Månedstrytmer (f.eks. menstruasjon)
 - Årsrytmer



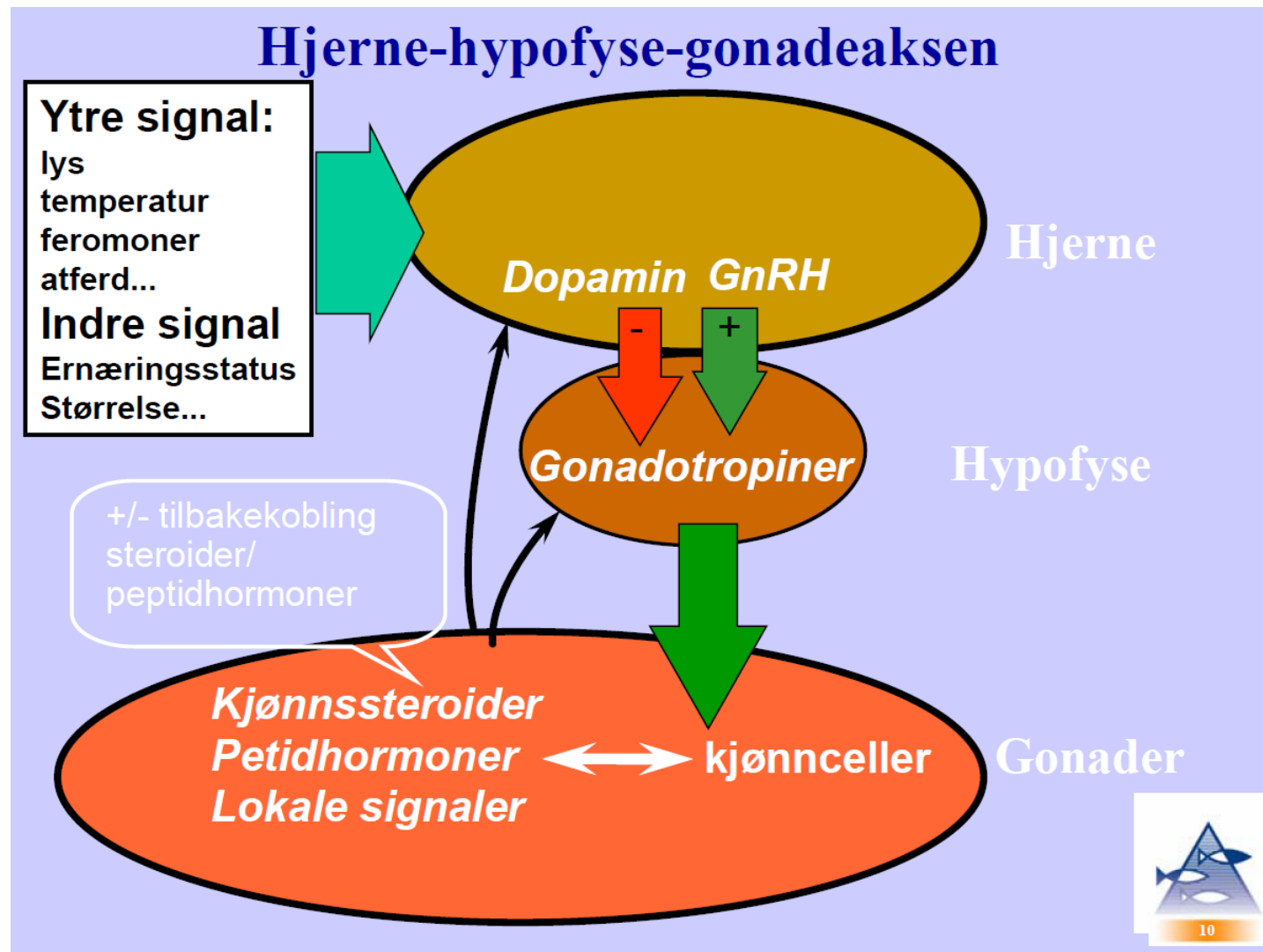
Daglengde og biologiske rytmer styrer veksthastighet og tidspunkt for kjønnsmodning og smoltifisering



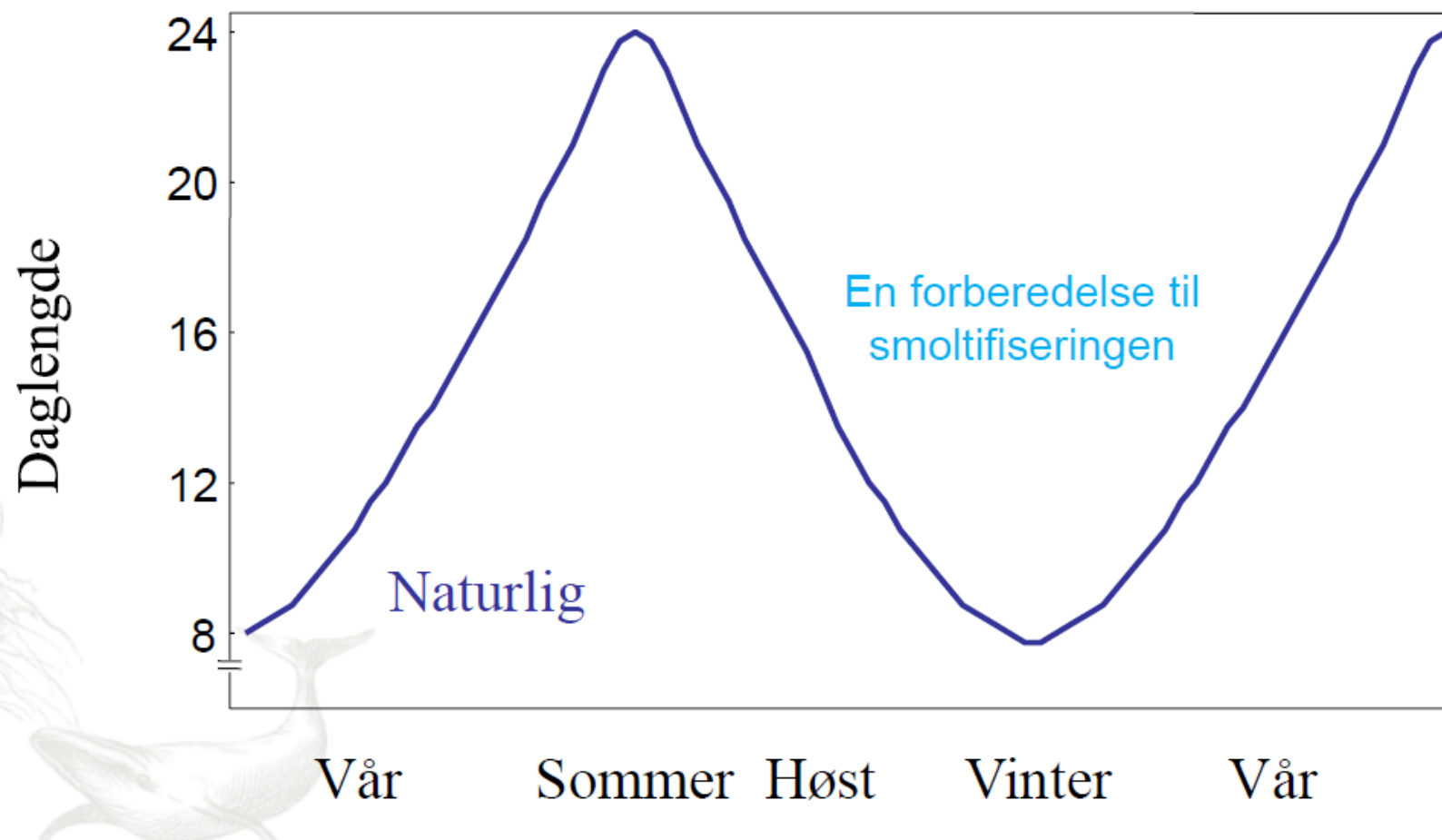


Hvordan påvirker lys
fiskens hormonsystem og
gener som regulerer vekst
og modning?

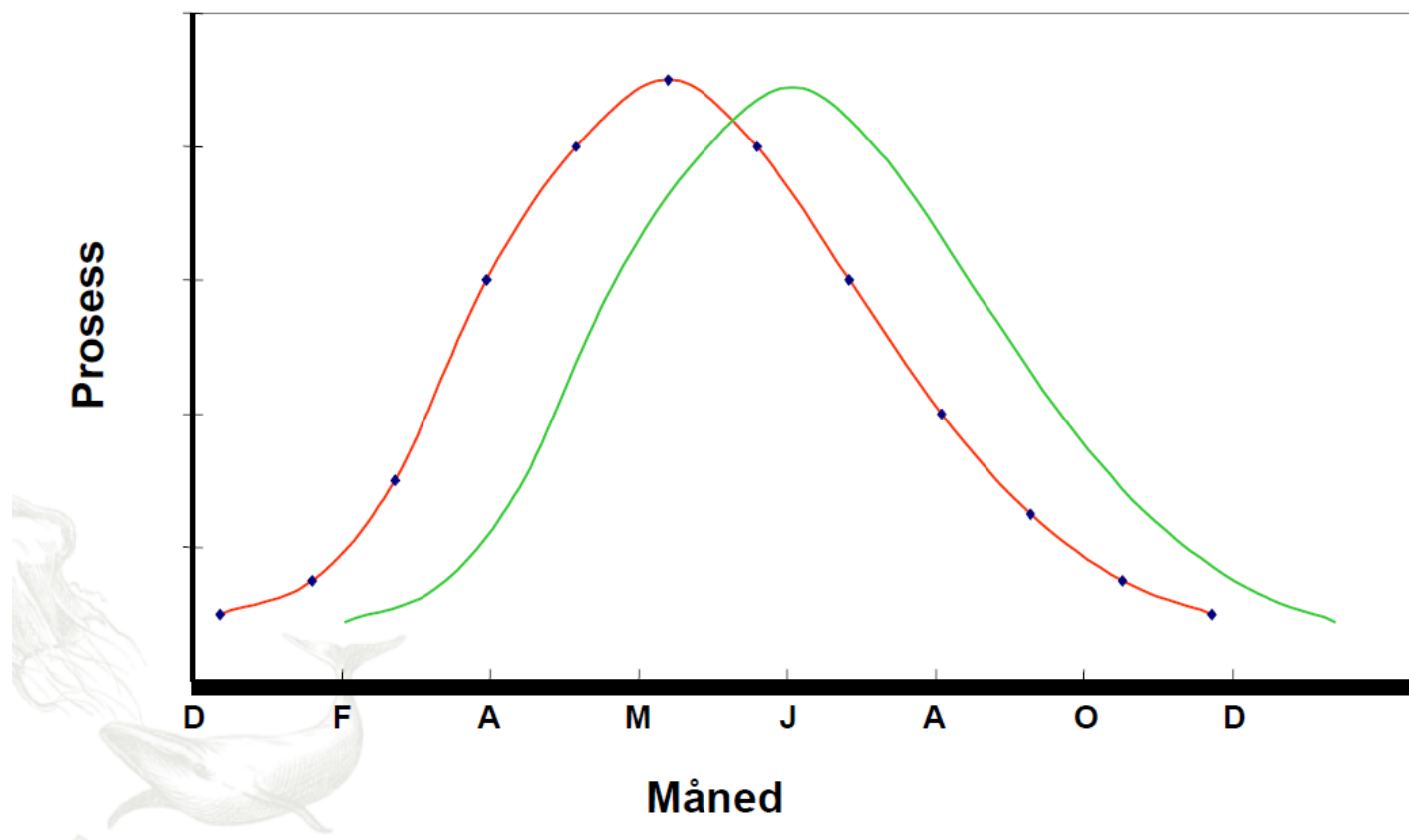




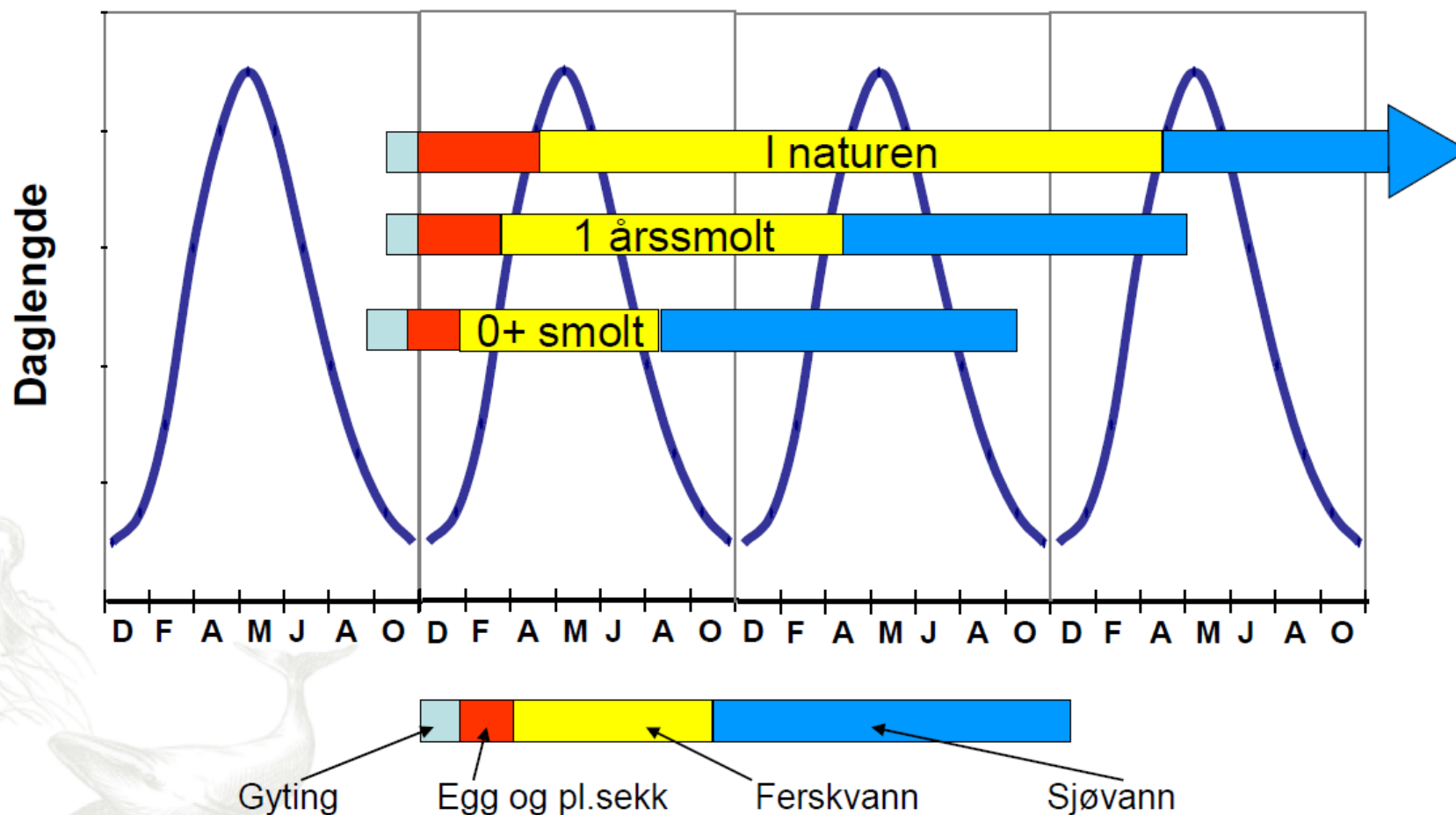
Høsten er nøkkelperioden



Endring av daglengde kan forskyve rytmene



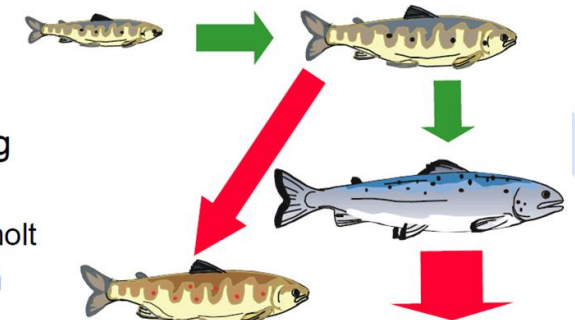
Vi manipulerer



Kjønnsmodning –Smoltifisering

- Starter begge høsten før kommende vår hvis hovedforutsetningen er tilstede.
- Smoltifisering: Stor nok, over 7,5 til 8 cm
- Kjønnsmodning: Stor nok og feit nok og nok utviklede gonader når lyset (våren) kommer (vi gir lys st. lucia og lurar fisken....)

- Vekst
- Smoltifisering
- Kjønnsmodning
 - som parr
 - som postsmolt
 - som voksen



Lys/ Smoltifisering

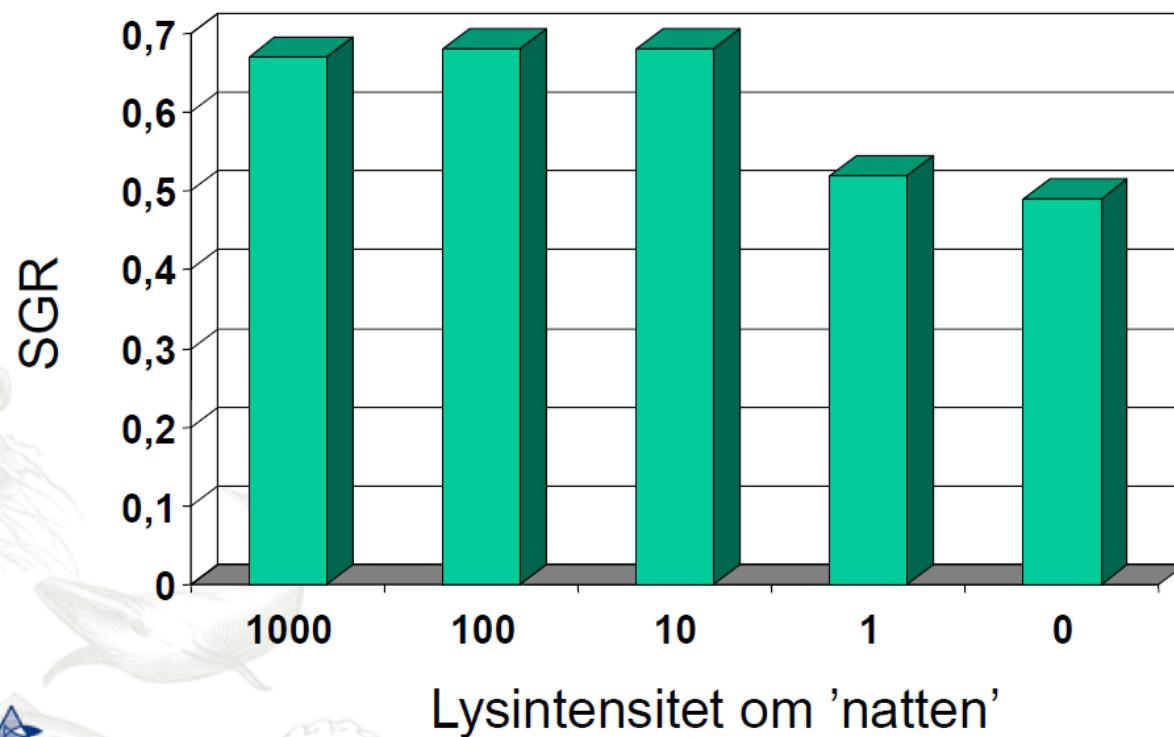
- Et tydelig vintersignal starter smoltifiseringen
- Fullt lys igjen kompletterer og avslutter smoltifiseringen
- Bruk lys og temperatur sammen
 - ❖ Under naturlige forhold
 - ❖ Fisk stående ute under åpen himmel om høsten
 - ❖ Sammenfall mellom fallende daglengde og fallende vanntemperaturer
 - ❖ Under oppdrettsbetingelser innendørs
 - ❖ Etterlign naturen

Vinterkjøring

- Minimum varighet 6 uker
- ❖ Ulike lysnivå gir liten forskjell (s. Handeland et al)(MHN, Tveitevågen)
- ❖ Lys fra 10-650 Lux ga alle full smoltifisering. Endring i daglengde er viktigere
- ❖ Ulike spektralfordelinger gir liten forskjell
- Forskjell mellom dag og natt 1:100 (Havforskningsinstituttet)
- Aldri helt mørkt
- Fôring døgnet rundt
- Alltid gradvise overganger fra dag til natt og motsatt (30 min. varighet)
- Ingen fôring siste 30 min. før lyset «slukkes»
- Stabilt fokus på måltidsfôring, særlig på lave vanntemperaturer
- Alltid hurtigere utfôring på morgen når lyset slås på
- Størstedelen av dagsrasjonen gis om morgenen

Lys om 'natten'

Alle grupper ble holdt på 1000 lux om dagen (8 timer)



Fôring under lysstyring

- ☐ Det behøver ikke å være helt mørkt under lysstyringen
- ☐ Fisken trenger ikke mye lys for å se fôret (måneskinn, 1 lux)

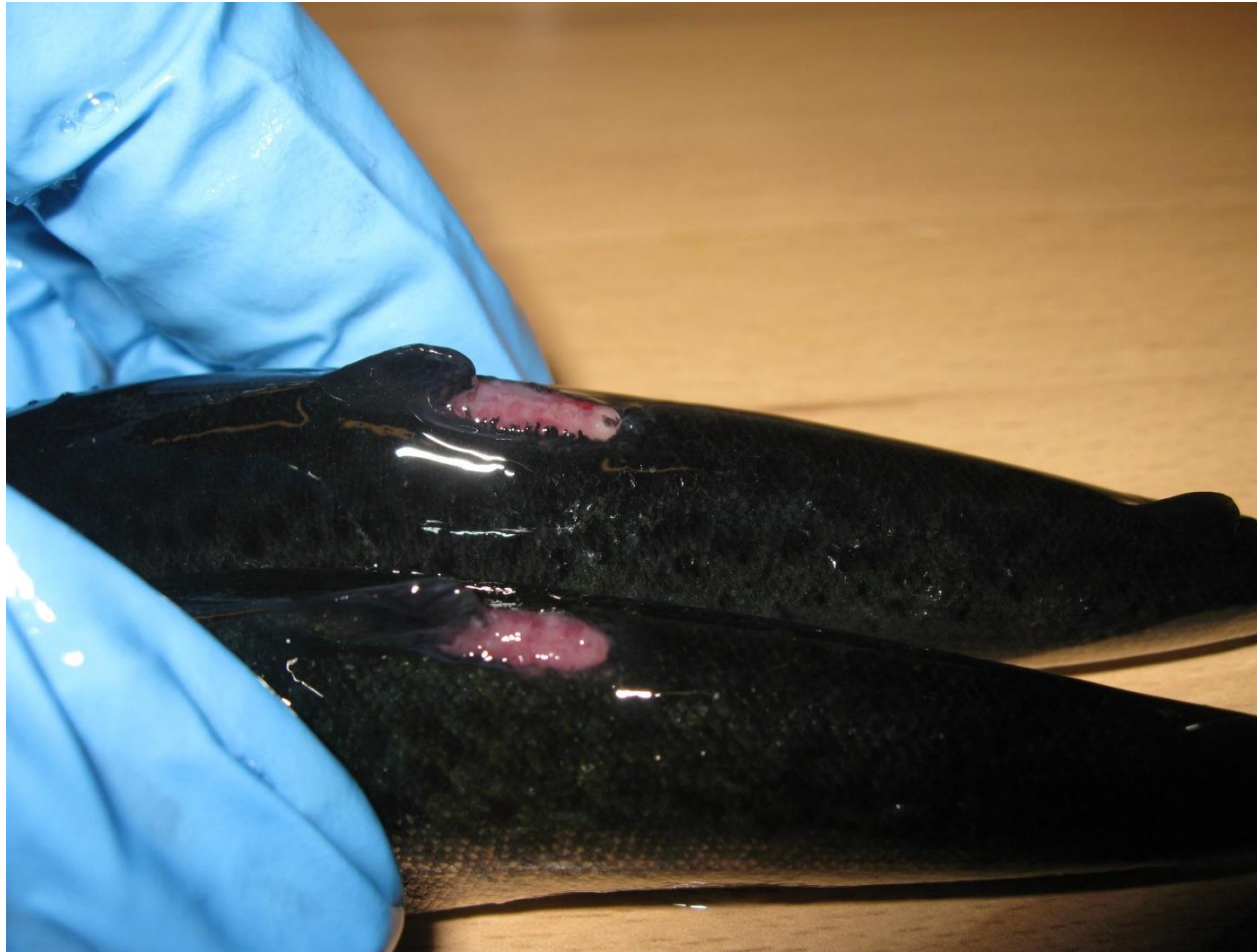
- **Fôringsregime under vinterperioden: (12:12)**

- ☐ Lystimer : 6 % av dagsrasjon i timen
- ☐ Nattetimer : 3 % av dagsrasjonen i timen
- ☐ Ekstra håndfôring når lys slås på
- Unngå aggresjon: Optimal fôring, dimming av lys
- Lite eller intet veksttap, bedre finnekvalitet, jevnere oksygenforbruk

Ryggfinneslitasje ?

- ☐ Et ord som aldri burde brukes i forbindelse med oppdrett av laksefisk i kar
- ☐ Det er som regel snakk om kannibalisme utløst av aggresjon på grunn av utilfredsstillende tilgang på fôr
- ☐ Mikrobobler og nitrogenovermetning kan føre til lignende vevsforandringer på finner

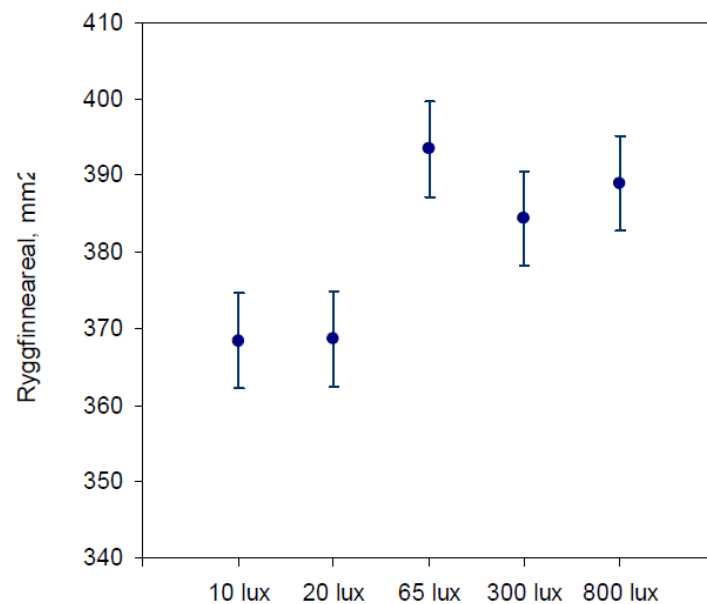




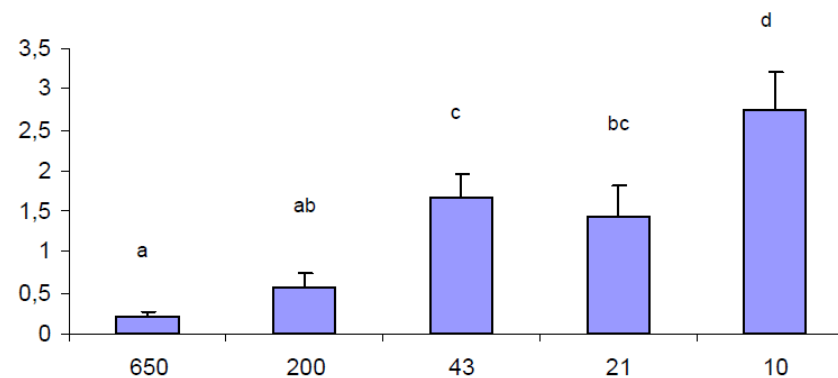


Lysstyrke - Aggresjon

- 10-650 lux i forsøk (LDN) (Ref.: S. Handeland, S. Stefanson, UNI research)
- ☐ Klart høyere aktivitet og bevegelse på fisken ved lux under 40-50, dette ga mer ryggfinnebiting
- ☐ Ved høyere lux 50-650 lux) lavere aktivitet og færre snubevegelser
- ☐ Ved sterk strøm og godt lys > lavere aktivitet og færre snubevegelser
- ☐ Ved lite lys og lite strøm > høyere aktivitet og flere snubevegelser



1. Ryggfinne areal i forhold til behandling for ulike lysstyrke i 17 uker.



ur 2. Antall snubbevegelser (y-akse) hos smolt per 10 sekunder under ulike lysforhold.

Finnebiting

- Aktivitet = Aggressivitet ?

- ☐ Manglende fôrtilgang = Økt aggresjon = Finnebiting
- ☐ Redusert lysstyrke = økt beitemotivasjon = Økt aggresjon (hvis fôr ikke blir tildelt)
- ☐ Sterkt lys = Økt aggresjon
- Unngå aggresjon gjennom tilpasset fôring !
- Melatonin er en vekstbooster !

Gjellelokkforkortelse en deformitet ?

- ☐ Skyldes også kannibalisme
- ☐ Oppstår oftest fra 0,5-2 grams størrelse
- ☐ Kan gro hvis fisk er liten og den gis gode betingelser







25.03.2019

MarinHelse KAF 2019

Disposisjon

- Hva er lys?
- Hvordan oppfatter fisk lys?
- Hvilke effekter har lys på fisk?
- **Hvilke typer lys bør vi bruke i kultiveringssammenheng?**





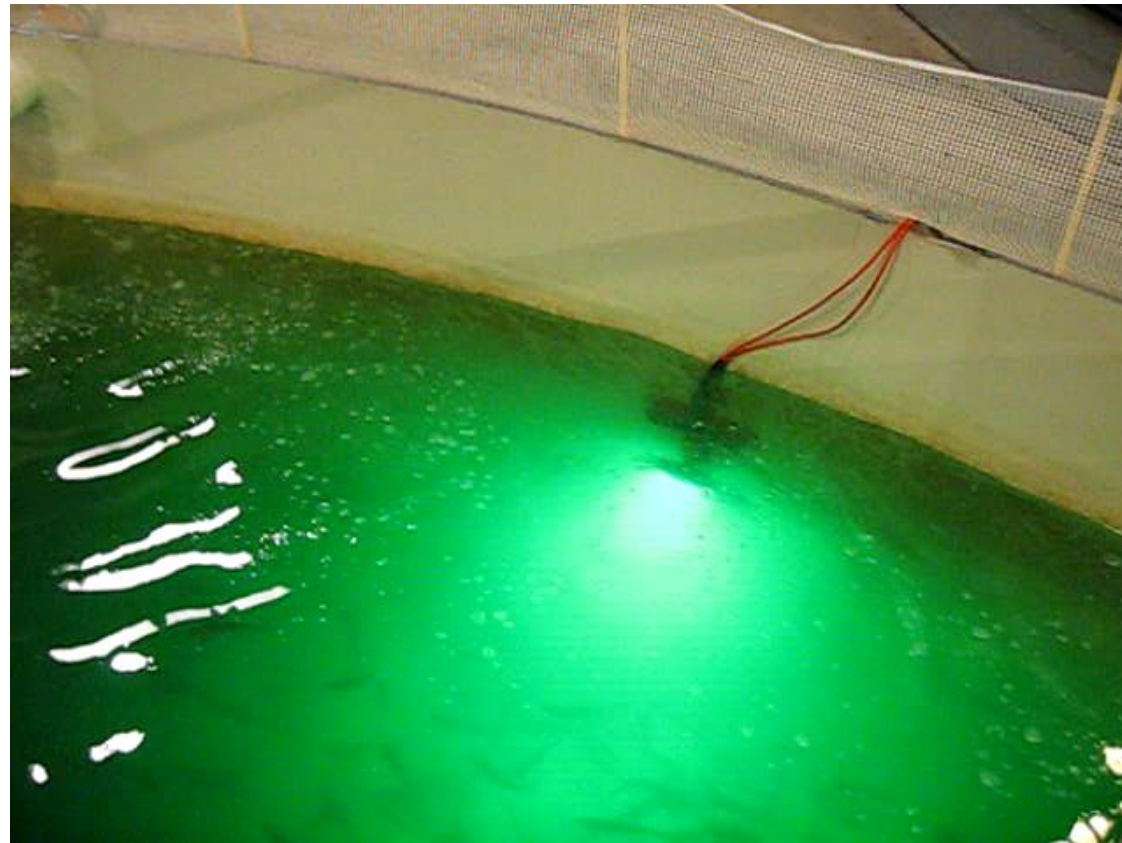


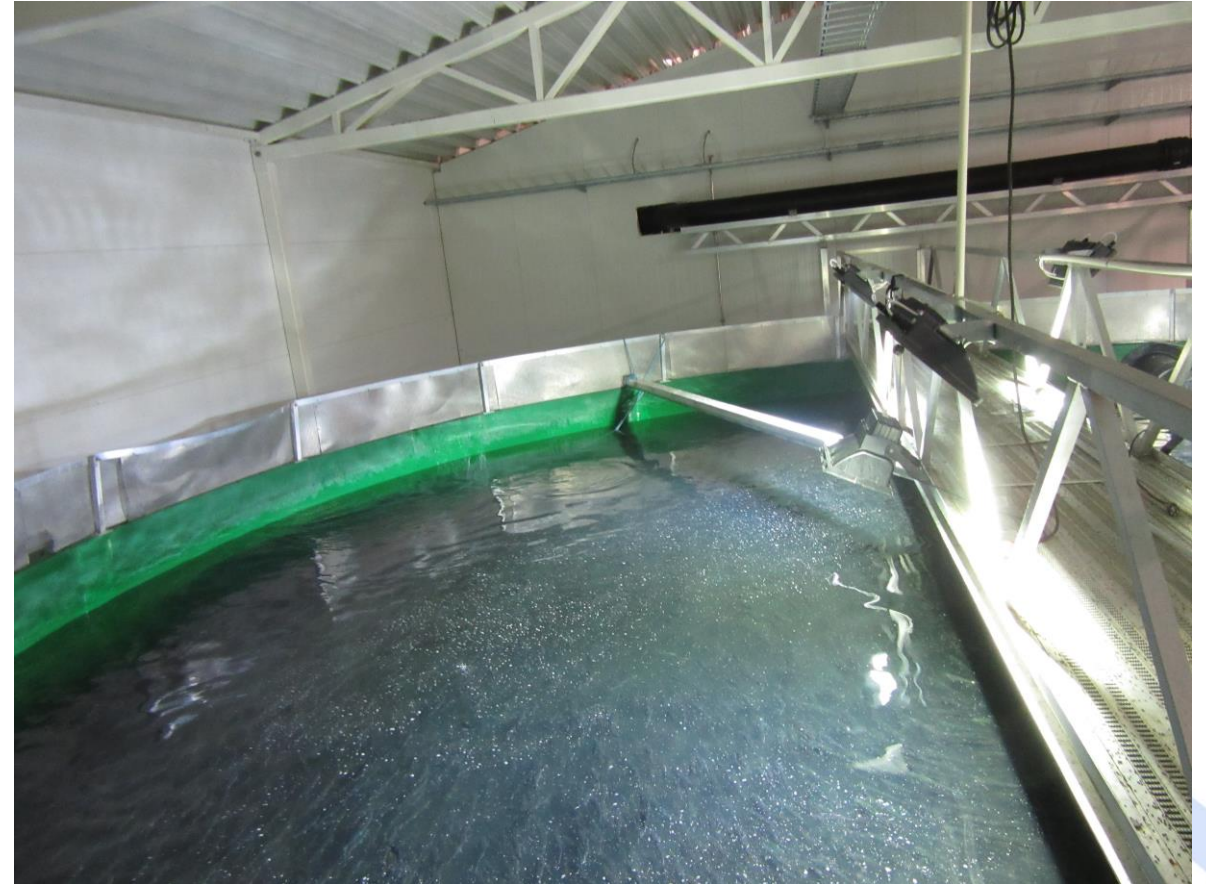


Vi har prøvd det meste og det meste går...



men...





Vår anbefaling

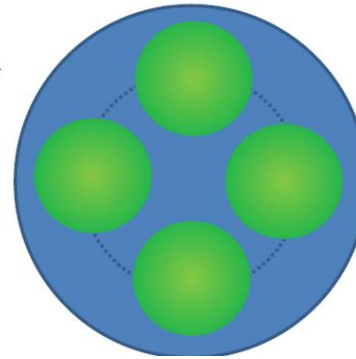
- Lys over karkanten
- Bredspektret lys med full dagslys
- Led-basert
- Dimmbare
- Totalt mørke aldri nødvendig
- Fôr døgnet rundt i måltider, færre måltider og større måltider

Lys fordeling

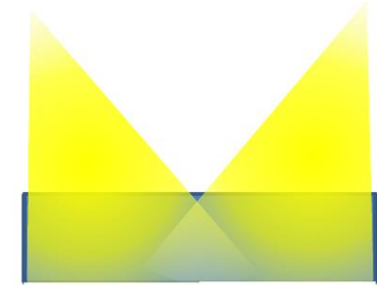
Undervannsbelysning



Kar



Tilpasset optikk

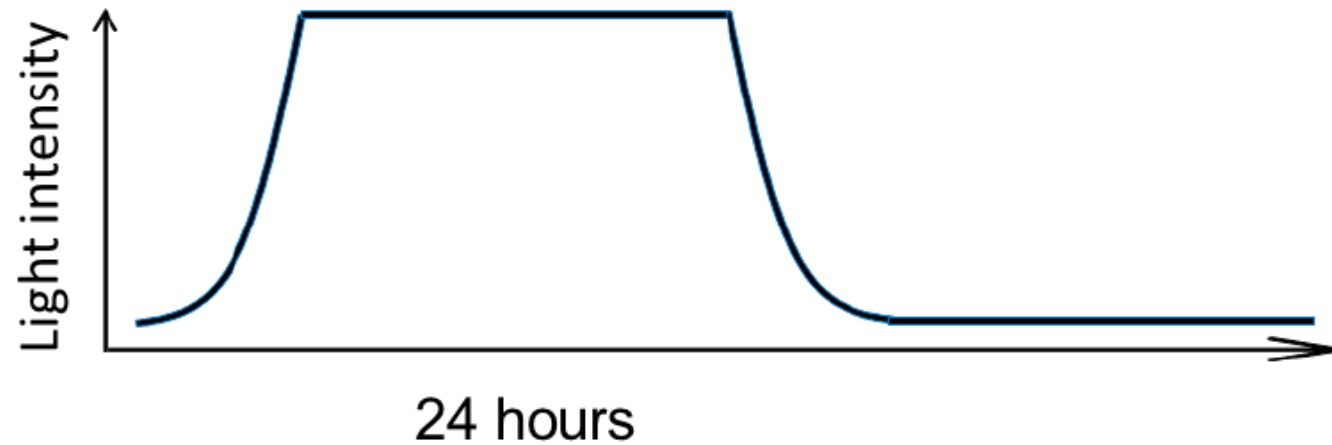


Egen optikk for settefisk sørger for at alt lyset dekker så mye som mulig av karet og gir best mulig penetrering av vannflaten

Reduser stress

Full dimming

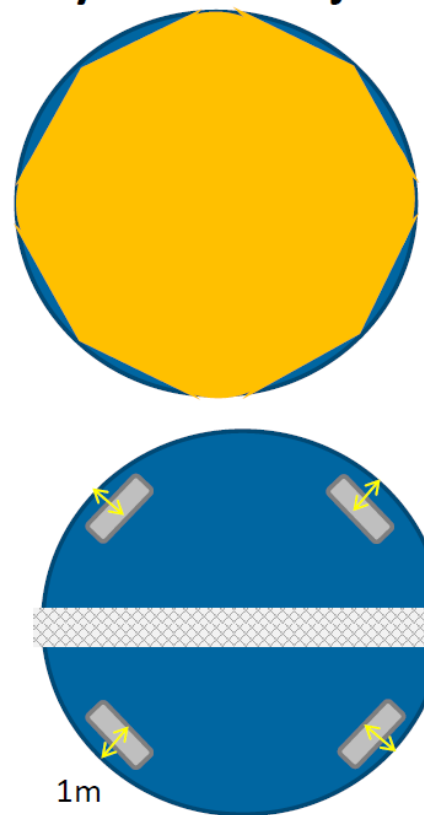
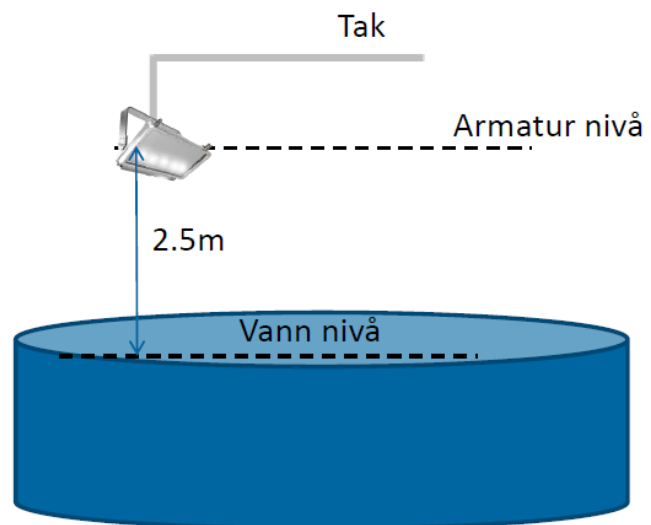
Når lyset går på og av vil veldig rolig endringer i lys styrke som sørge for at fisken ikke blir stresset.
Dimmenivå til 1% av lys styrke.



Eksempel Installation: 12 m ø kar

Lys distribusjon

4 x 300W armaturer/ kar
(20 graders helning fra vertikal)



Dagslys bedre enn ensporet lys ?

- High Bay LED «Bøttelys» fra 30-280W. Henges i krok og leveres med symmetrisk optikk (120o) og er støvtett/vanntett opptil IP65. Lysfarge 6000K

- Lerøy, Phillips, UiB



LED Floodlight



LED High Bay



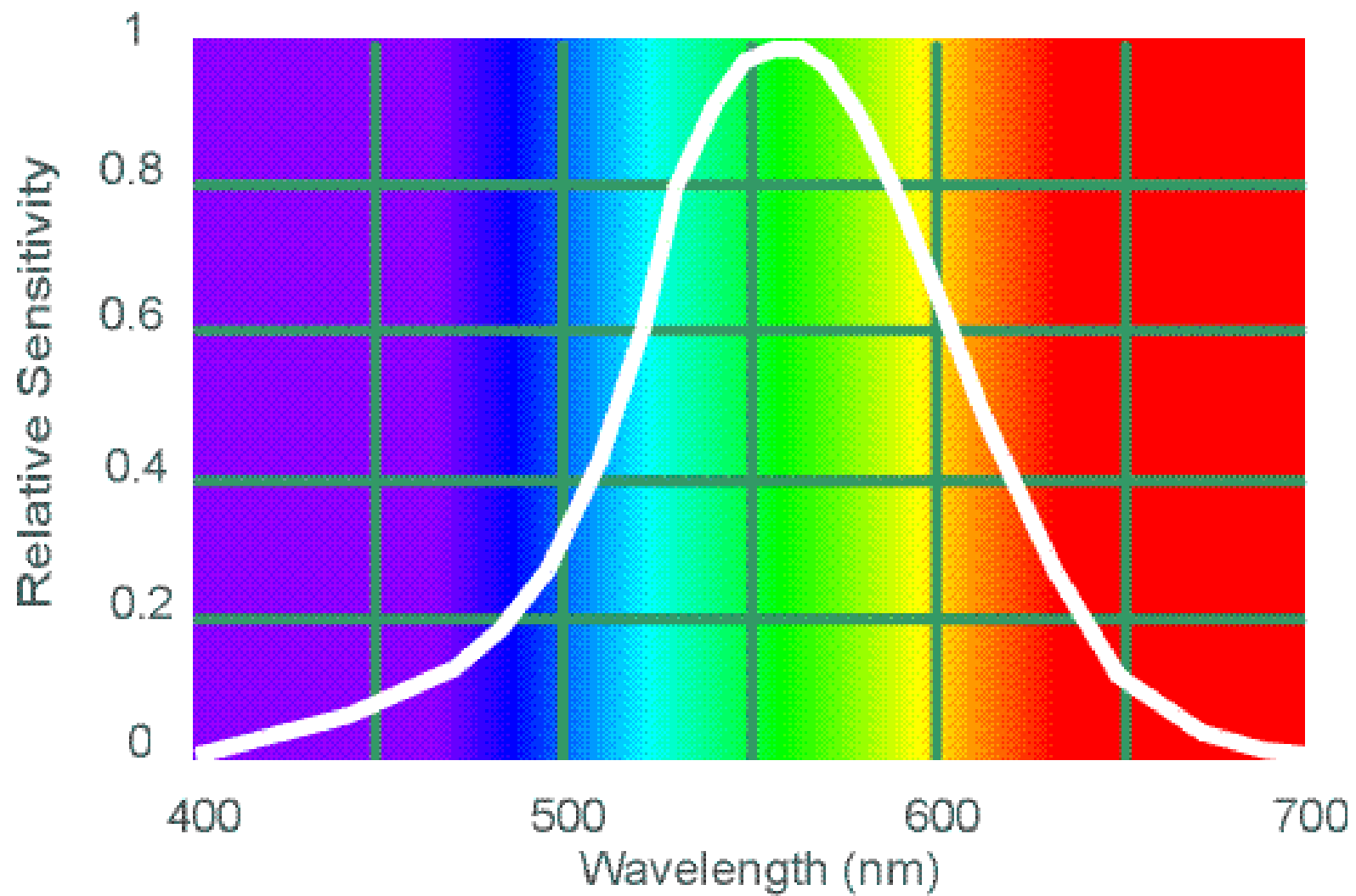
LED High Bay i oppdrettsanlegg for laks

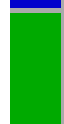
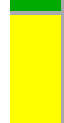
MarinHelse Lystyper

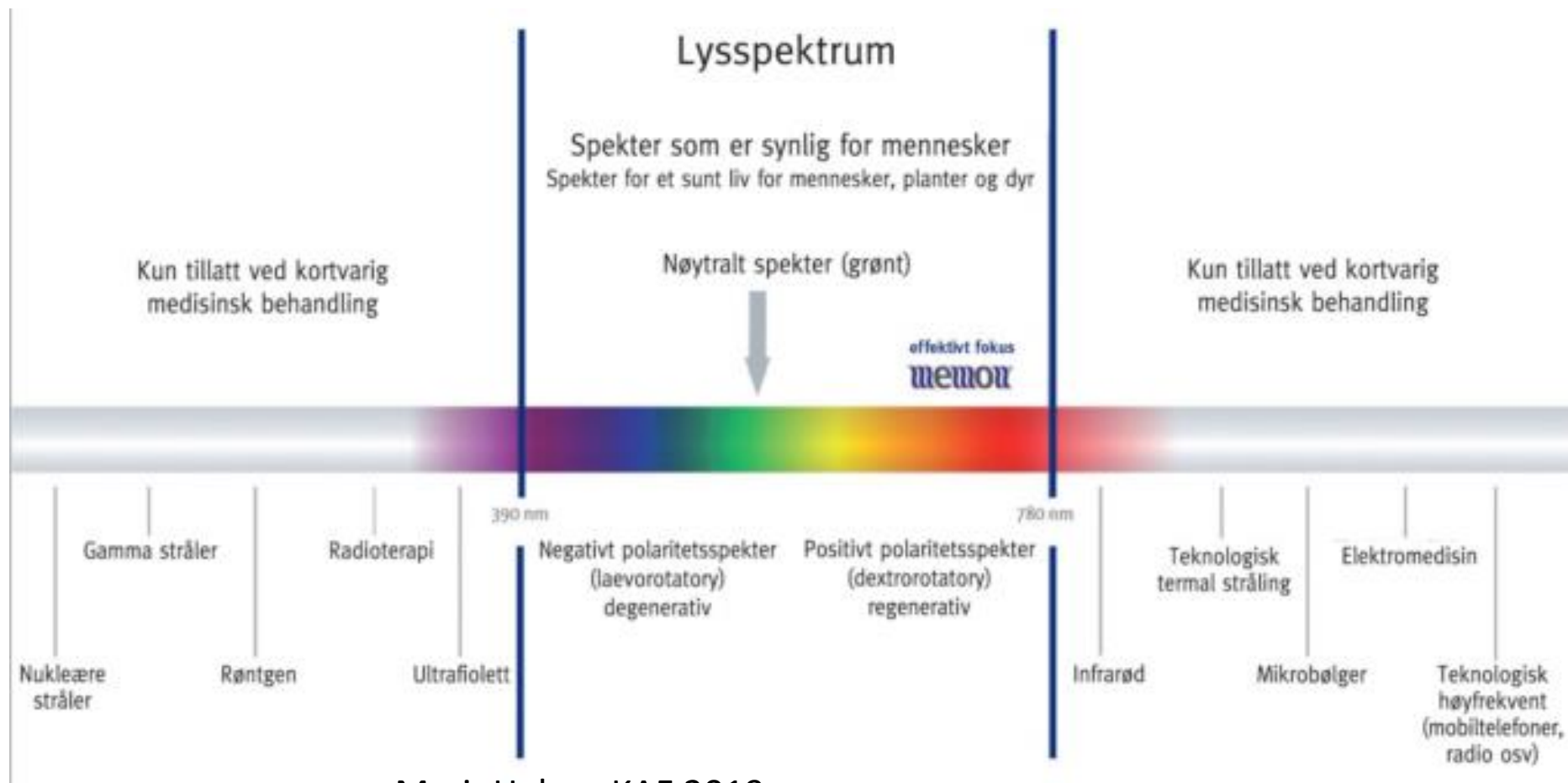
- Takbelysning
 - ❖ Hvitt lysrør 865/ 6500 K Cool daylight skal være perfekt til settefiskanlegg
 - ❖ Hvitt lysrør 840/850 , Cool daylight Master LT
 - ❖ PHILIPS MASTER TL5 HE 28W/865 (Cool Daylight 6500K)
- Karbelysning
 - ❖ Metall Halogen
 - ❖ Fupe Systems
 - ❖ Ledlys på skinner

- **Lys består av elektromagnetisk stråling**
- Lys er ikke bare det vi kan se med det blotte øye. Ordet omfatter hele det elektromagnetiske spektrum, som går fra radiobølger i den ene enden til gammastråling i den andre.
- Alle former for lys sendes ut som elektromagnetisk stråling. Selv om lysets partikler i seg selv verken er elektrisk ladede eller magnetiske, danner en bølge av lys allikevel både et elektrisk felt og et magnetisk felt omkring seg. Det skyldes at lys, elektrisitet og magnetisme er en del av den samme naturkraften kalt elektromagnetisme.
- Alle de ulike formene for lys blir i dag brukt i utallige teknologier, bl.a i radioer, mobiltelefoner, røntgenapparater, solceller og mikrobølgeovner. Les mer om hva de forskjellige formene for lys kan brukes til, i vårt klikkbare elektromagnetiske spektrum.

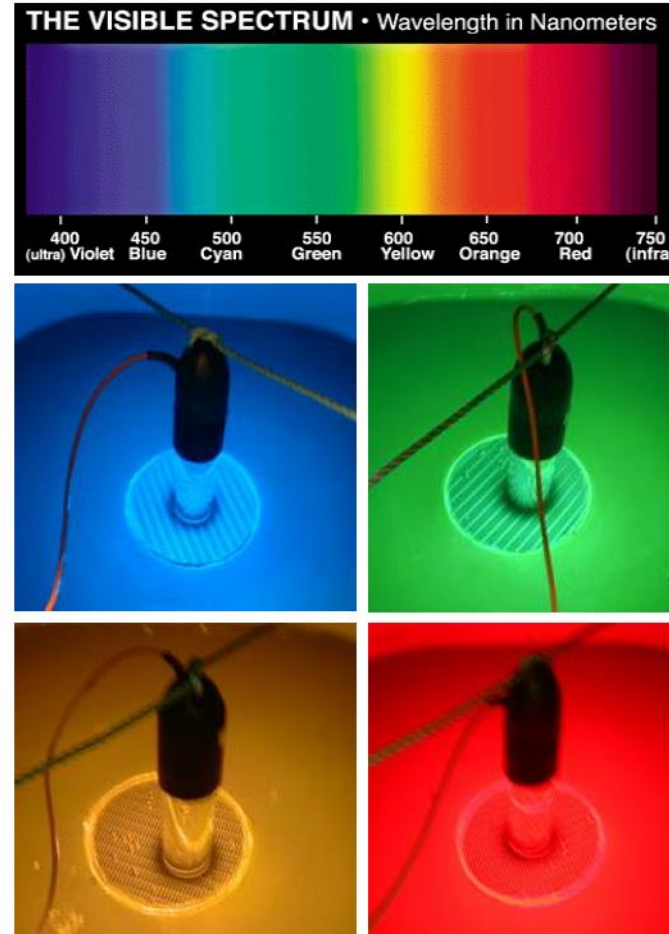
- **Lys sprer seg ved hjelp av atomer**
- Når lyset blir sendt ut fra en lyskilde, f.eks. en lyspære, spres det idet lyspartiklene støter inn i atomer.
- Lyset kan treffe atomet og sendes så videre, akkurat som når to billiardkuler støter sammen.
- Men lyspartiklene kan også bli absorbert og endret av atomet. Når lyspartikkelen treffer atomet, endrer den atomets tilstand. I grunntilstanden vil atomets elektroner være i en bane som er så nær atomets kjerne som mulig, men lyset overfører så mye energi til et elektron når det treffer, at elektronet blir slått ut i et elektronskall lenger vekk fra kjernen.



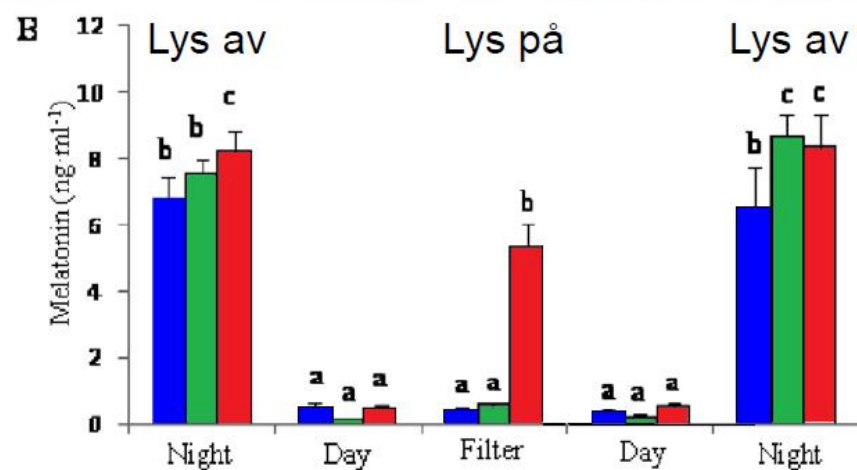
	Farge	Bølgelengde	Bølgefrekvens	Energi per foton
	Fiolett	380–420 nm	789,5–714,5 THz	3,26–2,955 eV
	Blått	420–490 nm	714,5–612,5 THz	2,95–2,535 eV
	Grønt	490–575 nm	612,5–522,5 THz	2,53–2,165 eV
	Gult	575–585 nm	522,5–513,5 THz	2,16–2,125 eV
	Oransje	585–650 nm	513,5–462,5 THz	2,12–1,915 eV
	Rødt	650–750 nm	462,5–400,5 THz	1,91–1,655 eV



- Testet blå og grønne lysdiodelys i kar - gir mye lys pr kW
- Blått-grønt lys går langt i sjøvann
- Hvordan virker smalspektret lys inn på mealtoninprofil?
- Effekt på modning?



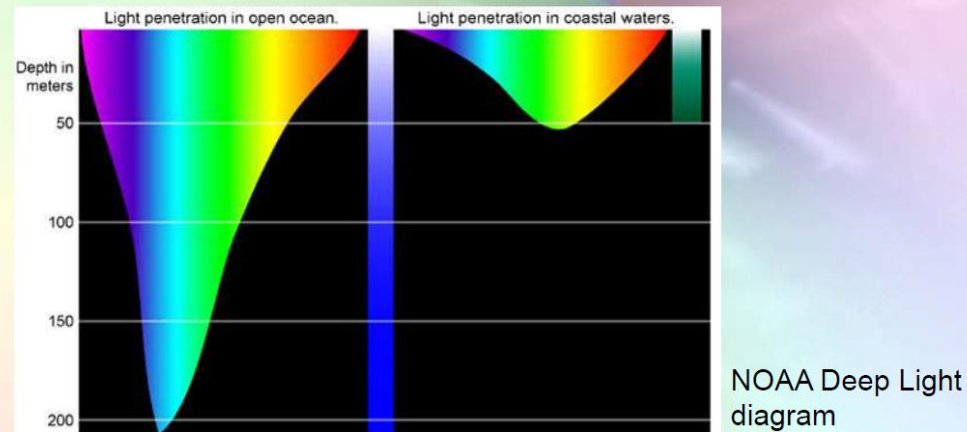
- Kjønnsmodning styres av pinealkjertelen som er lyssensitiv og produserer melatonin når det er mørkt.
- Dette signalet reduseres med økt lysintensitet om natten.
- Lave lysintensiteter ($\sim 0.01 \mu\text{E}$) har ingen reduserende effekt.
- Nedre terskel for når pinealkjertelen ikke lenger blir stimulert har sammenheng med bølgelengden(e) på lyset.



Vera et al., 2010. Differential light intensity and spectral sensitivities of Atlantic salmon, ... General and Comparative Endocrinology 165, 25–33.

Lyskvalitetens betydning for å holde laksen dypt

- Lave lysintensiteter ($\sim 0.01 \mu\text{E}$) har ingen reduserende effekt.
- Nedre terskel for når pinealkjertelen ikke lenger blir stimulert har sammenheng med bølgelengden(e) på lyset.
- Lys med ulik bølgelengde blir absorbert forskjellig i vann.



Lyskvalitetens betydning for å holde laksen dypt

- Lave lysintensiteter ($\sim 0.01 \mu\text{E}$) har ingen reduserende effekt.
- Nedre terskel for når pinealkjertelen ikke lenger blir stimulert har sammenheng med bølgelengden(e) på lyset.
- Lys med ulik bølgelengde blir absorbert forskjellig i vann.
- I en merd vil fiskens pinealkjertel bli utsatt for ulik intensitet etter
 - Vinkel til lyskilde
 - Avstand til lyskilde
 - Fisk mellom lyskilde
 - Hvor ofte den passer
 - Svømmehastighet
 - Turbiditet
 - ...



Lyskvalitetens betydning for å holde laksen dypt

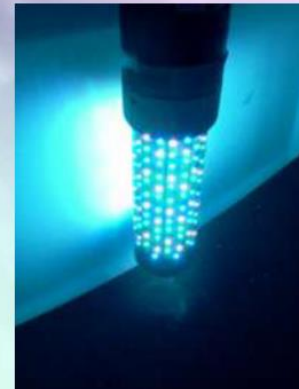
- Kan lys med lav lysintensitet bli brukt til å styre laksen til å stå dypere i merden?



Lavintensitets LED lys laget av
AKVA Group ASA

Hvilken farge og intensitet er nødvendig?

- Lavintensitetslys (10.0, 1.0 and 0.1 μE) kan brukes til å få laksen til å dypere i merden.
- Temperaturstratifikasjon forsterker effekten hvis det er varmest nær lampene, og reduserer effekten hvis det er varmest nær overflaten.
- Andelen fisk som svømmer dypt synker med lysintensitet på lampene.
- Alle fargene, utenom mørke rødt, påvirket fiskens svømmedyp.
- Lysene med lav bølgelengde (fiolett, blå og grønn) fungerte bedre enn lysene med høy bølgelengde (gul, rød og mørke rødt).



Tidlig kjønnsmodning hos postsmolt ?



25.03.2019



Ka e probleme me kjønnsmodning?

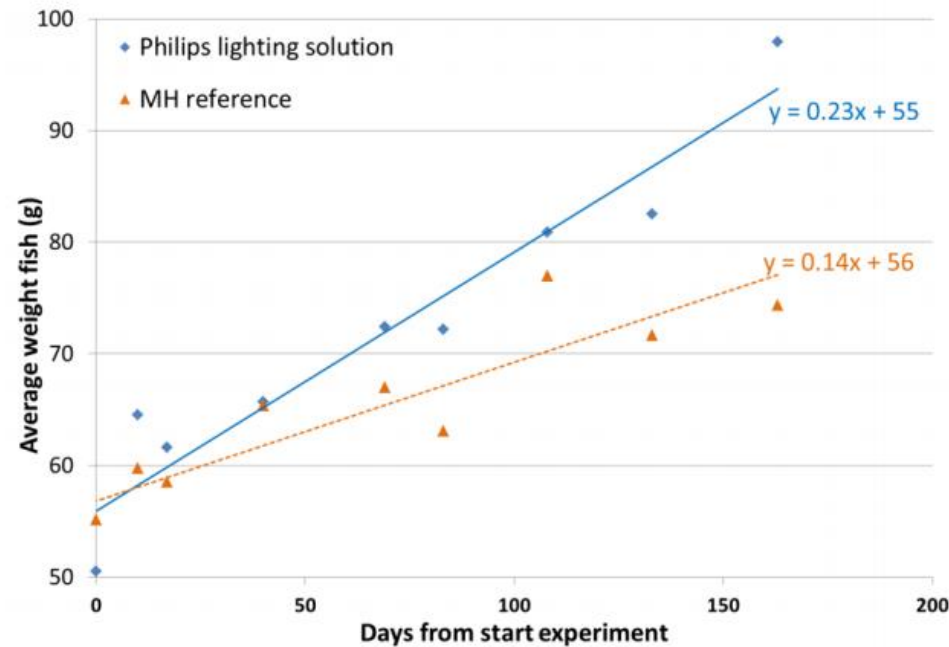
- Kjønnsmoden laks er uønsket i oppdrettsnæringen fordi:
- Den går ned i vekt og mister den fine rosa fargen på kjøttet
- Skinnet blir brunlig
- Fiskekjøttet endrer konsistens
- store økonomiske tap for oppdrettsselskapene.



25.03.2019



Økt vekst



- Økt daglig tilvekst (SGR) på 42%
- Økt vekt ved sjøsetting på 18%

- Dødelighet etter sjøsetting (både 30 og 60 dager) relatert til ufullstendig smoltifisering var 2,7% med metallhalogen og 0,1% med Philips lys system