
VEDLEGG NR. 10
RAPPORT LYSSTYRING KJØNSMODNING
HOS OPPDRETTSTORSK

TENNSKJÆRET



MØRHUA AS

Rapport nr. 2303 | Thomas Hagby Dahl og Ingebrigt Bjørkevoll

LYSSTYRT KJØNNSMODNING HOS OPPDRETTSTORSK

Studium av oppdrettstorsk fra lokaliteten Svartekari i perioden 2022-2023

TITTEL	LYSSTYRT KJØNNMODNING HOS OPPDRETTSTORSK
FORFATTERE	Thomas Hagby Dahl og Ingebrigt Bjørkevoll
PROSJEKTLEDER	Ingebrigt Bjørkevoll
RAPPORT NR.	2303
UTGIVELSEÅR	2023
SIDER	17
PROSJEKTNUMMER	55284
PROSJEKTITTEL	LuxCod
OPPDRAKSGIVER	Ode
ANSVARLIG UTGIVER	Møreforskning
ISSN	0806-0789
ISBN	978-82-7830-370-2
DISTRIBUSJON	www.moreforskning.no
NØKKEWORD	Lysstyring, oppdrettstorsk, kjønnsmodning

SAMMENDRAG

Hovedmålet med LuxCod var å dokumentere effekten av kontinuerlig lysstyring i merd med oppdrettstorsk for å hindre tidlig kjønnsmodning før utslakting av anlegget. Gjennom 6 uttak på slutten av produksjonssyklusen inn mot den naturlige gytesesongen, ble det registrert ulike parameter som gonadeindeks (GSI), leverindeks (HSI), kjønnsmodningsstadium og rognkornstørrelse. På bakgrunn av den samlede vurderingen av de ulike parameterne konkluderes det med at lysstyringen har en god forsinkende effekt på utvikling av gonader og at en i stor grad kan hindre kjønnsmodning i den naturlige gytesesongen på fisk som har stått over 20 måneder i sjø, selv om utviklingen ikke stoppes fullstendig. Det ble registrert to gytende individer i forsøket, av totalt nærmere 600 analyserte fisk.

Engelsk sammendrag

The main objective of the project LuxCod was to document the effect of continuous light treatment in sea cages to postpone sexual maturation of farmed cod until after planned harvest. During 6 individual sampling days at the end of the production cycle and prior to the natural spawning season, different parameters like GSI, HSI, maturation state and egg diameter were measured. On basis of the collective evidence from the different parameters, it is concluded that intensive light treatment does effectively postpone sexual maturation in farmed cod and that it is possible to prevent sexual maturation during the natural spawning season on fish that has been in the sea for 20 months, although the development does not stop completely. Two spawning individuals were registered during the experiment of a total of close to 600 registered individuals.

Forord

Møreforskning vil takke Ode for godt og lærerikt samarbeid i prosjektet som omhandlet kartlegging av effekten av lysstyring i merd som et tiltak for å hindre kjønnsmodning hos oppdrettstorsk fra lokaliteten Svartekari i Bremanger.

Forsker Thomas Hagby Dahl

Møreforskning

Ålesund, Mai 2023



Ingebrigt Bjørkevoll
Prosjektleder



Linn K. Akslen-Hoel
Forskningssjef

IG FORFATTAR/MØREFORSKING

Forveienne i Åndverklova gjeld for materialet i denne publikasjonen. Materialet er publisert for at du skal kunne lese det på skjermen eller framstille eksemplar til privat bruk. Utan særskilt avtale med forfatter/Møreforskning er all annan eksemplarfremstilling og tilgjengeliggjøring borte tilfate så langt det har heimel i lov eller avtale med kopieringsinteresseorgan for rettshavere til lydverk.

Innhold

	Sammendrag	3
1	Bakgrunn	6
2	Målsetning	7
3	Metode og gjennomførelse	8
4	Resultater og diskusjon	9
5	Konklusjon	16
6	Referanser	17

1 BAKGRUNN

Atlantisk torsk (*Gadus morhua*) er historisk sett en svært viktig og verdifull kommersiell art for norsk fiskeri og tilgrensende næringsliv, med marked over hele verden [1]. Populasjonsnedgang og reduserte kvoter har på ny økt interessen for kommersielt oppdrettet torsk. Dette mulighetsrommet ble forsøkt utnyttet tidlig på 2000-tallet med begrenset suksess. Det forekom store biologiske utfordringer knyttet til yngelproduksjon, fôr, dødelighet og kjønnsmodning, i tillegg til produksjonsmessige utfordringer som rømming og et ustabil marked [1]. Til tross for disse utfordringene har det nasjonale avlsprogrammet for torsk fortsatt å jobbe med å avle frem mer robuste og egnede generasjoner av atlantisk torsk for oppdrett, og produserte i 2019 en sjette generasjon med oppdrettstorsk [1]. Dette arbeidet har forbedret kvaliteten og ytelsen til torsken som nå produseres.

Torskeoppdrett er nå en næring i vekst med et bedre utgangspunkt, men det er fremdeles rom for forbedring og ny kunnskap. Samtidig stilles det strenge krav fra forvaltningen i forhold til dokumentasjon av produksjonsforholdene og mulige effekter på omliggende miljø. I et markedspektiv foreligger det krav om dokumentasjon av ulike kvalitetsparametere, velferd og miljøpåvirkning med mer.

Prosjektet LuxCod tar for seg en av disse utfordringene, tidlig kjønnsmodning og gyting i merd. Villfisk gyter typisk etter 5-6 år. Oppdrettsfisk kan gyte tidligere på grunn av tilgang på næringsstoffer.

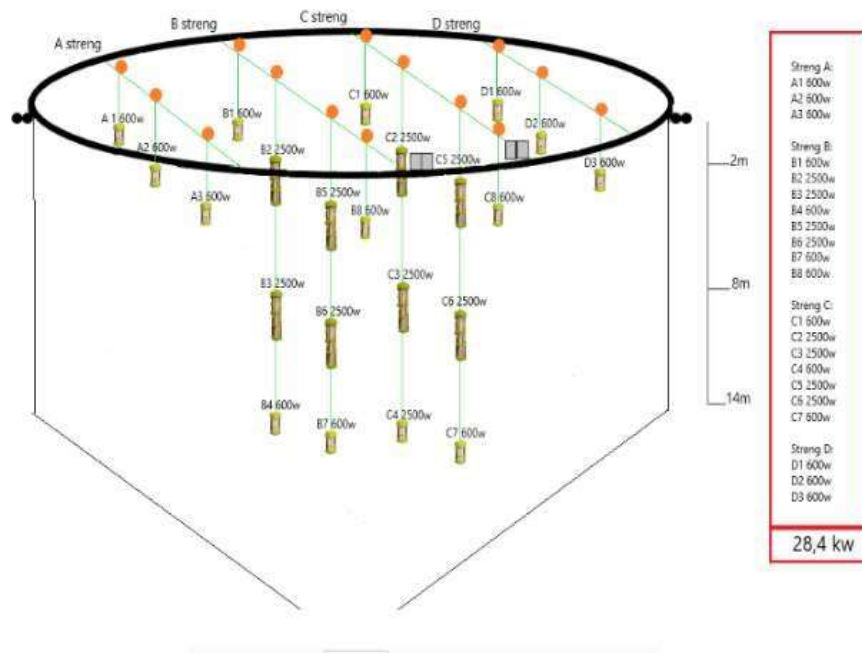
Et av hovedargumentene mot at nye konsesjoner for oppdrettstorsk blir gitt er potensiell risiko for gyting i merden og at befruktete egg fra torsk i oppdrett skal spre seg i vannmassene utenfor anlegget og klekke i nærliggende gytedefelt og dermed påvirke villtorsk i samme område.

Torskeoppdrettsselskapet Ode bruker lysstyring for å hindre/ redusere at gyting forekommer i merd. Tidligere studier har vist god effekt av lysstyring på forsinkelse av kjønnsmodning [2]. Selskapet bruker et spesielt oppsett med lys med ulik intensitet i forskjellige dybder i merden. De har tatt et strategisk valg om å dimensjonere lysstyringen med antatt for mye lys i starten for å sikre og dokumentere effekten av lysteringsen, før en eventuelt forsøkte å redusere lysintensiteten i merdene (samtidig som en beholder kontroll på kjønnsmodning).

Lokaliteten Svartekari har til sammen fem merder med omkrets 120 m og not med blyline på 15 m dyp. Merdene er kontinuerlig belyst 24 timer i døgnet gjennom hele syklusen fra utsett til slakt. Det blir anvendt lamper av typen Aqualux 2.500 W og Aqualux 600 W.

Tre av fem merder på lokaliteten er belyst med 28,4 kW pr. merd, mens de to øvrige er hver tilført 24,2 kW lys. Lysoppsettet i merd (med 28,4kW) er fordelt på 8 lamper á 2.500 W og 14 lamper á 600 W (Figur 1). Lysene henger i tre ulike dybdenivå (2, 8 og 14 m) langs fire

horisontale rekker (A-, B-, C- og D-streng) for å oppnå effektiv belysning i hele merdvolumet. Videre er lysene plassert for å unngå og komme i veien for øvrig utstyr i merden. Det øverste nivået (2 m) har kraftigst belysning med totalt 16kW fordelt på 4 lamper á 2.500 W og 10 lamper á 600 W. Neste nivå på 8 m dyp har 4 lamper á 2.500 W, mens nederste nivå på 14 m dyp har 4 lamper á 600W.



Figur 1. Plassering av undervannslamper (2.500 W og 600 W) i forsøksmerder, lokalitet Svartekari.

2 MÅLSETNING

Oppdrettet torsk vil i kontrollerte omgivelser gå tidligere i kjønnsmodning enn villtorsk. Dette gjør at man uten risikoreduserende tiltak, som lysstyring, vil kunne få kjønnsmodning hos deler av populasjonen i et anlegg før planlagt utslakt. For oppdretter er dette ønskelig å unngå som følge av redusert fiskevelferd, lavere kvalitet på kjøttet og risiko for genetisk påvirkning ved kjønnsmodning. Utfordringene med kjønnsmodning pekes også på av Havforskningsinstituttet i deres risikorapport av norsk fiskeoppdrett 2022 [3].

Selskapet utviklet derfor et omfattende lysstyringsregime basert på tilgjengelig forskning, erfaringer fra tidligere torskeoppdrett og dialog med Havforskningsinstituttet. Dette for å kontrollere tidlig kjønnsmodning frem til slakt. Målet med prosjektet er å validere effekten av dette regimet for å sikre at en kan utsette tidlig kjønnsmodning til etter planlagt utslakting av anlegget.

Hensikten med prosjektet var å dokumentere effekten av høy lyspåvirkning på kjønnsmodning og modningsgraden av gonader (gonadeindeks, GSI) i oppdrettstorsk. Dette for å undersøke om lysstyringsregimet benyttet av Ode gjør at en har kontroll på kjønnsmodningen og kan utsette en eventuell gyting i merd til etter at fisken er planlagt slaktet ut av anlegget.

3 METODE OG GJENNOMFØRELSE

Oppdrettstorsk ble satt ut i sjø 17.6.21 med en snittvekt på ca. 300 gram. Ved slakting ble fisken fraktet fra Ode sin lokalitet Svartekari.

Det ble plukket fisk tilfeldig fra slaktelinja etter bløgging, men før maskinsløyting. Per uttak ble det tatt ut mellom 60 og 100 fisk fra alle størrelser som vist i tabell 1.

Tabell 1. Prøvetakingsplan under slakting ved Western Sea Produkts (WPS) på Vartdal og slakteriet til Hofseth Aqua (HA) i Steinvågen.

	Uttaksdager for prøvetaking					
Uke	46	47	48	50	1	8
Slakteri	WPS	WPS	WPS	WPS	WPS	HA
Antall til analyse	60	100	100	86	100	100
Merd	4	4	4	4	5	3
Snittvekt	3.9	4.6	4.4	4.4	5.2	4.2
Måneder i sjø	17	17	18	18	19	21

Målingene ble opprinnelig planlagt gjennomført fra november 2022 til januar 2023 i forbindelse med utslakting av hele fiskegruppen – dvs. etter 18-20 mnd. i sjø som er normal produksjonstid i sjø i henhold til produksjonsplanen til Ode. Etter positive observasjoner med lav utvikling i gonadeindeks gjennom november og desember ble det imidlertid besluttet å holde igjen en del av fiskegruppen for også å gjennomføre målinger av kjønnsmodning inn mot gytesesongen (utover planlagt produksjonstid i sjø) for å samle ytterligere informasjon om effekten av lysesstyringsregimet – derav måling også i slutten av februar (dvs. etter 21 måneder i sjø).

Lengde (cm) og vekt (kg) ble registrert før fisken videre ble sløyd for hånd. Gonader (både rogn og melke) ble tatt ut og veid (g). Levervekten (g) ble også registrert. Alle data ble registrert og lagret på et elektronisk målebrett (SCANTROL, FishMeter FM100). Basert på registrert data ble kondisjonsfaktor (K faktor), gonadeindeks (GSI) og leverindeks (HSI) kalkulert. Modningsgrad/stadium ble beregnet etter visuell bedømmelse etter en 5-punkts skala som vist i tabell 2 (Håndbok for prøvetaking, HI).

Tabell 2. Skala for modningsgrad på gonader.

Kode	Beskrivelse
1	Umoden. Godandene er små. Ikke synlig egg/melke.
2	Modnende. Gonadene er større i volum. Synlig egg/melke, men ikke rennende.
3	Gytende. Rennende gonader. Lett press på buken fører til at egg/melke kommer ut.
4	Utgytt/hvilende. Gonadene små, slappe og blodsprenge. Regenerering tar til, gonadene noe større og fyldigere enn stadium 1. Ikke synlig egg/melke.
5	Usikker. Brukes bare dersom det er usikkerhet mellom stadium 1 og 4.

I tillegg ble størrelsen på rognkornene bestemt for et utvalg fisk (8-10 stykker per uttak) som hadde kommet lengst i modningsprosessen basert på visuell vurdering. Mikroskopering ble brukt for å beregne diameteren (mm) på rognkornene etter publisert metode [2, 4] (tabell 3).

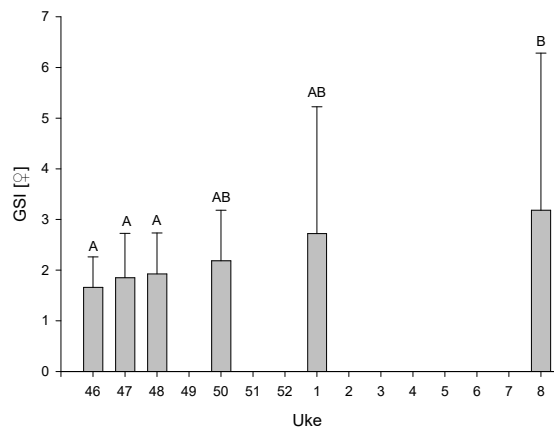
Tabell 3. Skala for modningsgrad på rognkorn ved måling av rognkorndiameter (μm).

μm	Beskrivelse
<200	Umoden (prevetiellogenic)
400	Tidlig modnende (cortical alveoli)
600	Modnende (vitellogenic oocytes)
>900	Gytende (hydrated oocytes)

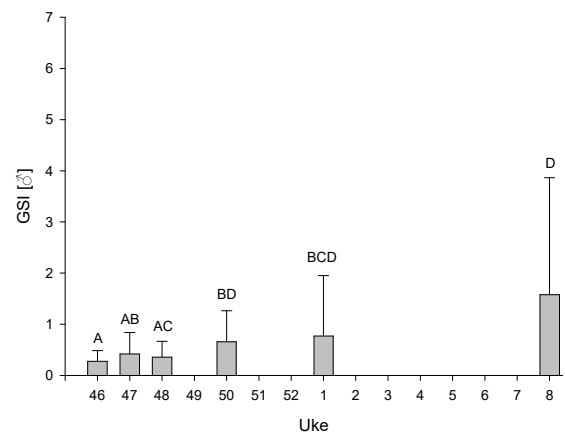
4 RESULTATER OG DISKUSJON

Resultatene viser en gradvis økning i gonadeindeks hos både hunnfisk (figur 1) og hannfisk (figur 2) fra første uttak (16.11.22) til siste registrerte uttak (23.02.23). Til tross for betydelig forskjell i gonadeindeks mellom hunn- og hannfisk, forekommer det et felles mønster der gonadeindeksen i uttak 6 er signifikant forskjellig fra uttak 1, 2 og 3 ($P < 0,05$), men er også gjennomført med større avstand i tid. Forskjellen i gonadeindeks mellom kjønnene er sammenfallende med lignende studier [2].

Det har blitt rapportert gyting blant oppdrettstorsk uten lysstyring med GSI på henholdsvis $21.1 \pm 0.8\%$ og $8.4 \pm 0.7\%$ for hunn and hannfisk [2]. Til sammenligning ble det i denne studien i uttak 6 kun registret to individer med rennende gonader (gytende), én hunn med GSI på 17,2 og én hann med GSI på 7,24.

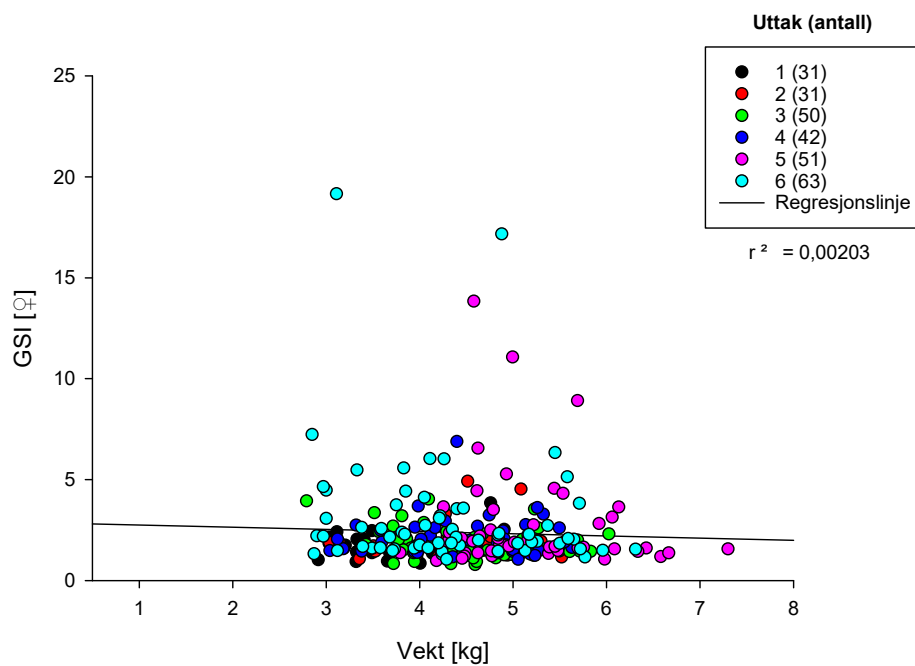


Figur 1. Utvikling i gonadeindeks (hunner) fra uttak 1-6. Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller ($P < 0,05$).

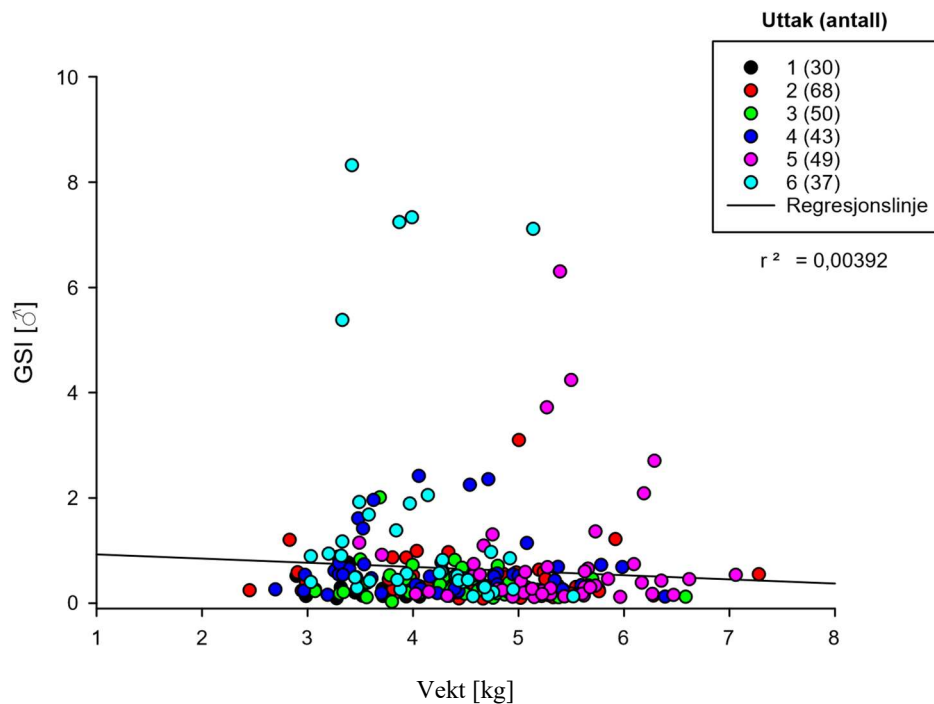


Figur 2. Utvikling i gonadeindeks (hanner) fra uttak 1-6. Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller ($P < 0,05$).

Det ble ikke funnet noen korrelasjon mellom GSI og vekten på verken hunn- ($r^2 = 0,00203$) eller hannfisk ($r^2 = 0,00392$) som henholdsvis vist i figur 3 og 4. Figuren viser at enkelte individer fra uttak 5 og 6 nærmer seg de GSI-verdiene som er forventet ved gyting.



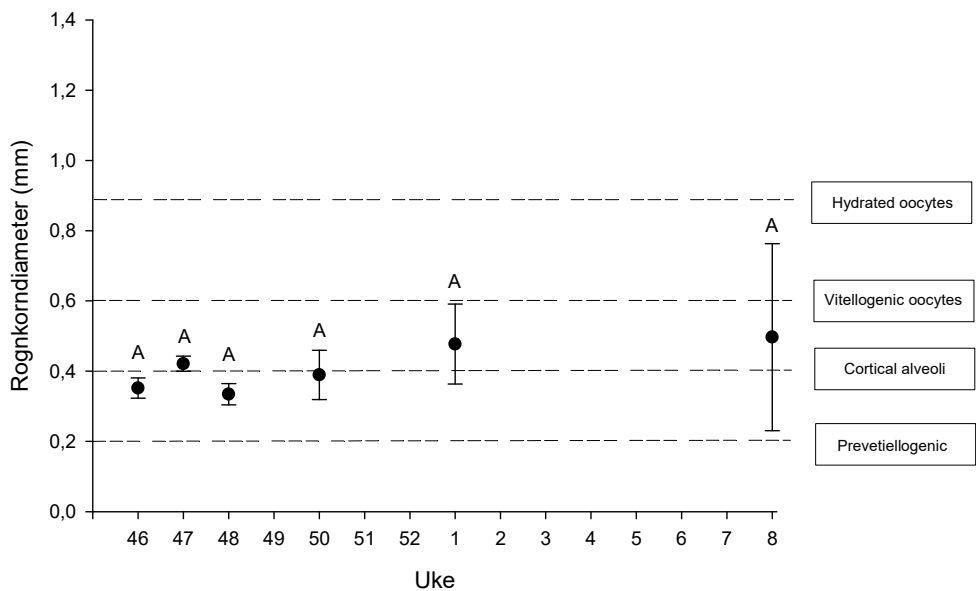
Figur 3: Sammenheng mellom vekt (kg) og gonadeindeks (GSI, hunn). De respektive uttakene er fargekodet med antall fisk i parentes.



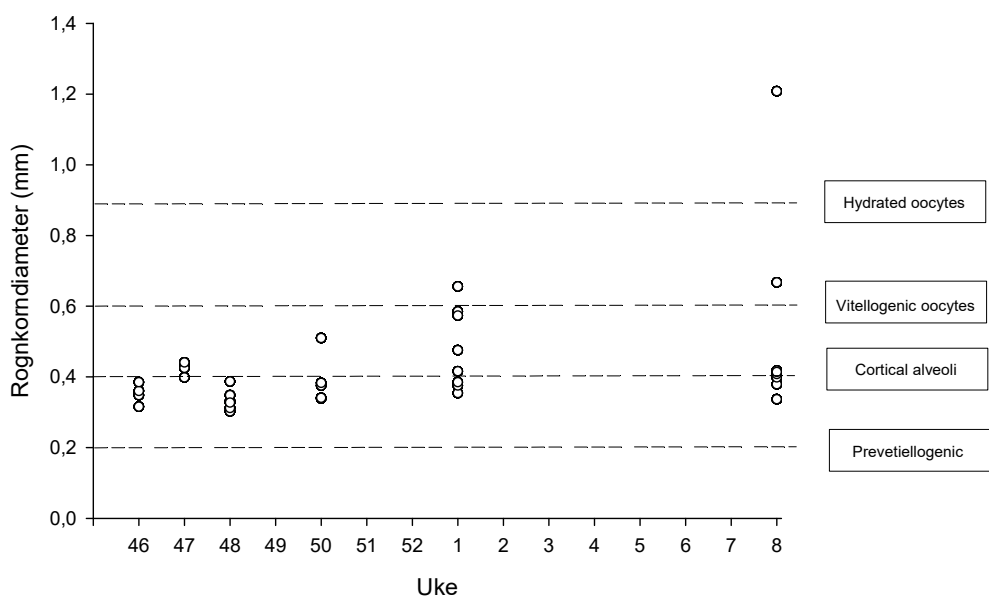
Figur 4: Sammenheng mellom vekt (kg) og gonadeindeks (GSI, hann). De respektive uttakene er fargekodet med antall fisk i parentes.

Rognkornstørrelsen ble analysert på et utvalg av rogn som etter visuell bedømmelse ble vurdert som å ha kommet lengst i modningsprosessen i hvert enkelt uttak. Den gjennomsnittlige rognkorndiameteren lå på rundt 0,4 mm for samtlige grupper (figur 5). Det forekom ingen statistisk signifikante forskjeller på rognkorndiameteren mellom de ulike uttakene ($P < 0,05$).

Det ble i uttak 6 registret én rogn der rognkornene hadde en gjennomsnittlig diameter på 0,67 mm og én rogn med rognkorndiameter på 1,2 mm. Alle de individuelle rognkorndiameterne er presentert i figur 6. Dette representerer således ikke gjennomsnittet i gruppen, kun gjennomsnittet blant individene som har kommet lengst i modningsprosessen.

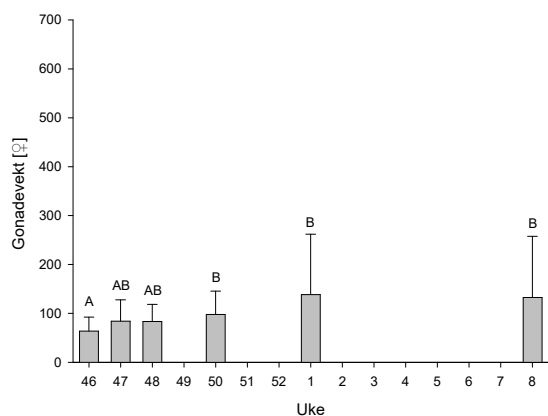


Figur 5: Endring i rognkorndiameter [mm] over tid. Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller ($P < 0,05$).

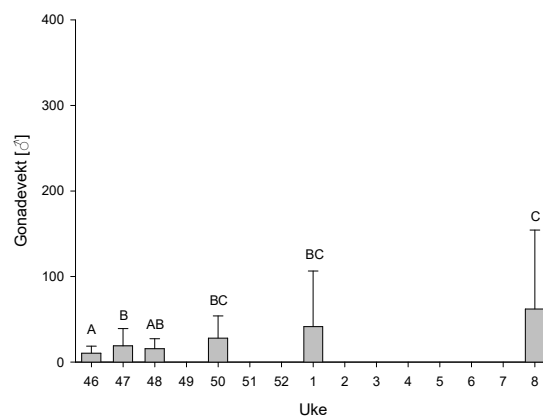


Figur 6: Individuell rognkorndiameter (mm) på et utvalg (n) av rogn som scoret høyest på visuell vurdering av modningsgrad. Uttak 1 (4), uttak 2 (3), uttak 3 (6), uttak 4 (5), uttak 5 (8) og uttak 6 (10).

Tidligere studier av kjønnsmodning blant oppdrettstorsk viser en nedgang i levermengde og somatisk vekst i takt med kjønnsmodning og gyting [5]. Figur 7 og 8 viser en innledningsvis svak økning i gonadevekt etter de tre første uttakene. Deretter ble det registrert gradvis større økning i gonadevekt. Den gjennomsnittlige vekten på gonade var fremdeles relativt lav ved siste uttak, men det ble registrert større variasjon mellom fiskene i de to siste uttakene.

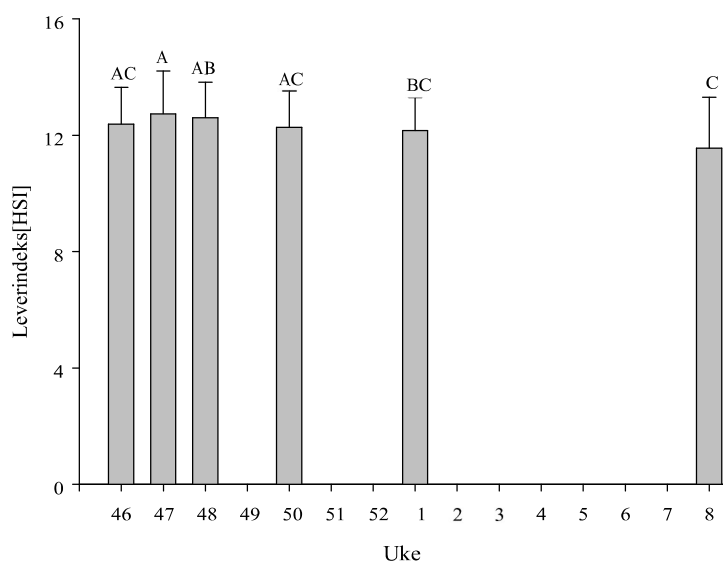


Figur 7: Gjennomsnittlig gonadevekt (hunner) gjennom uttaksperioden. Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller ($P < 0,05$).

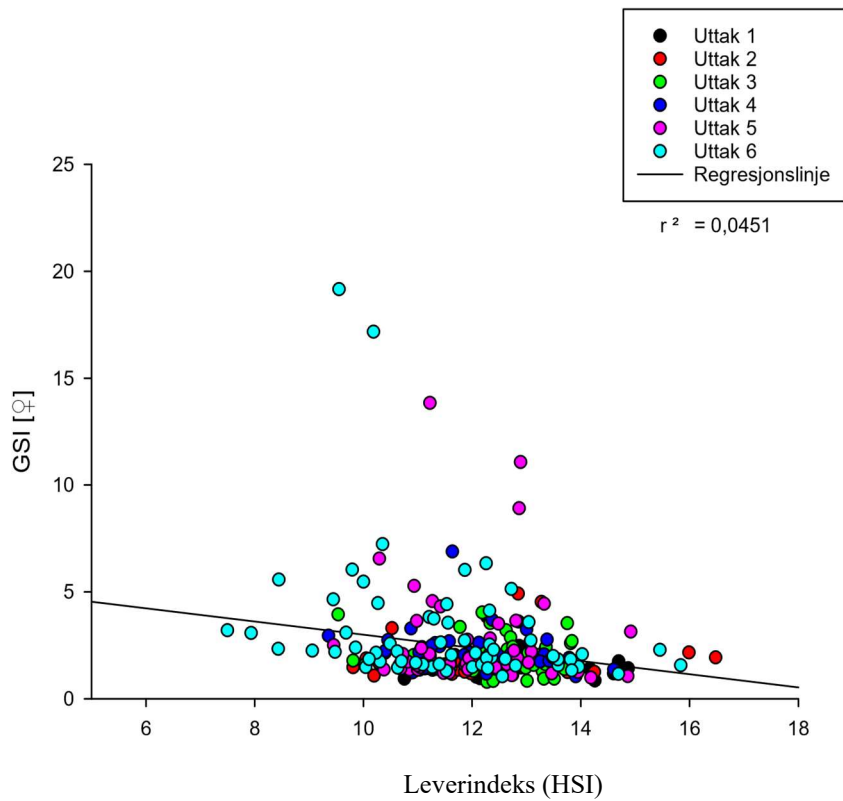


Figur 8: Gjennomsnittlig gonadevekt (hanner) gjennom uttaksperioden. Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller ($P < 0,05$).

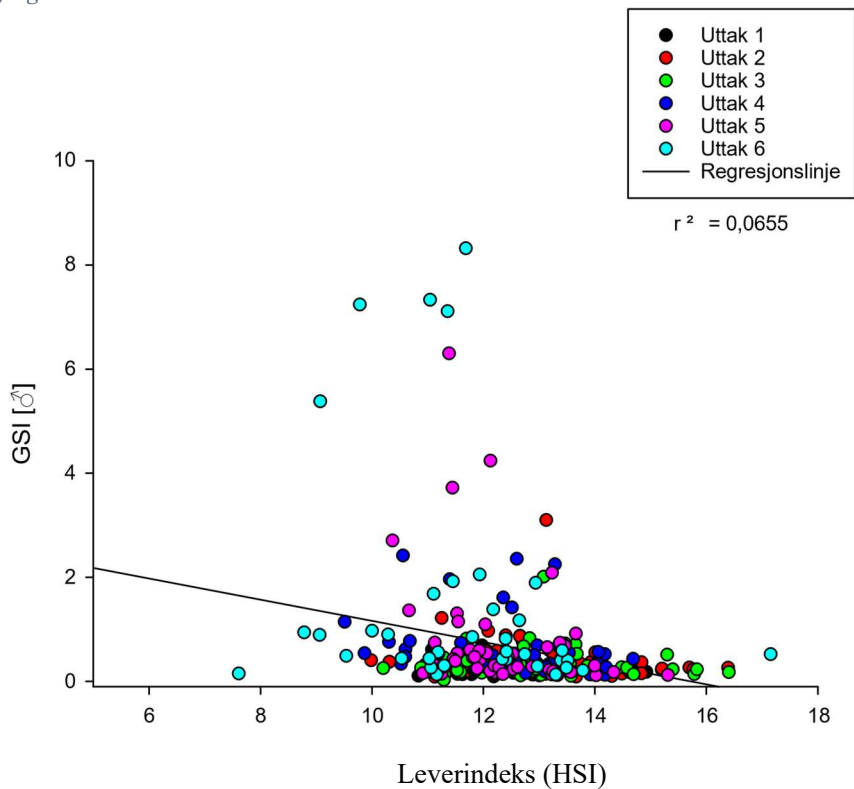
Leverindeksen (HSI) (figur 9) er relativt stabil mellom samtlige uttak, samtidig som det forekommer en svak gjennomsnittlige nedgang fra uttak 2 til uttak 6. Reduksjon i levermengde og leverindeks assosieres ofte med modnende gonader og økende gonadeindeks (GSI) [6]. Sammenhengen mellom GSI og HSI presenteres i figur 10 og 11, for henholdsvis hunn- og hannfisk. r^2 -verdiene for hunn- og hannfisk var på henholdsvis 0,0451 og 0,0655, som viser en svak sammenheng mellom økende GSI og synkende HSI. Det forekommer en sterkere sammenheng mellom GSI og HSI for hannfisk.



Figur 9: Endring i leverindeks gjennom uttaksperioden. Ulike bokstaver indikerer signifikante forskjeller ($P < 0,05$).



Figur 10: Undersøkelse av sammenhengen mellom økende GSI (hunner) og leverindeks (HSI). De ulike uttakene er fargekodede.



Figur 11: Undersøkelse av sammenhengen mellom økende GSI (hanner) og leverindeks (HSI). De ulike uttakene er fargekodede.

5 KONKLUSJON

Funnene fra prosjektet viser at det skjer en gradvis økning i kjønnsmodning og gonadeindeks fra høsten til sen-vinteren da fisken nærmer seg to år i sjøfasen, men er betydelig lavere enn det en ser på en fisk som går i kjønnsmodning inn mot den naturlige gytesesongen. Ingen av fiskene ble karakterisert som gytende i de 5 første forsøkene, og kun en svært liten andel, 2% i uttak 6 (~ 21 måneder i sjø), ble karakterisert som gytende. Basert på resultatene konkluderes det med at lysstyringen brukt i merd på denne lokaliteten har en svært god effekt på å begrense og utsette kjønnsmodning. Resultatene og dokumentasjonen i Luxcod prosjektet viser at det ved tilstrekkelig bruk av lysstyring er mulig å oppnå slakteklar fisk med svært liten grad av kjønnsmodning.

6 REFERANSER

1. Puvanendran, V., et al., Development of cod farming in Norway: Past and current biological and market status and future prospects and directions. *Reviews in Aquaculture*, 2022. 14(1): p. 308-342.
2. Korsøen, Ø.J., et al., Towards cod without spawning: artificial continuous light in submerged sea-cages maintains growth and delays sexual maturation for farmed Atlantic cod *Gadus morhua*. *Aquaculture Environment Interactions*, 2013. 3(3): p. 245-255.
3. Grefsrud, E.S., et al., Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2022-risikovurdering—Effekter på miljø og dyrevelferd i norsk fiskeoppdrett. Rapport fra havforskningen, 2022.
4. Kjesbu, O., Time of start of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*) females in relation to vitellogenic oocyte diameter, temperature, fish length and condition. *Journal of fish biology*, 1994. 45(5): p. 719-735.
5. Hansen, T., et al., Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture*, 2001. 203(1-2): p. 5167.
6. Dahle, R., et al., Gonadal development and associated changes in liver size and sexual steroids during the reproductive cycle of captive male and female Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 2003. 136(3): p. 641-653.



MØREFORSKING
AS

Postboks 5075

6021 Ålesund Tlf.

+47 70 11 16 00

www.moreforsk.no

NO 991 436 502