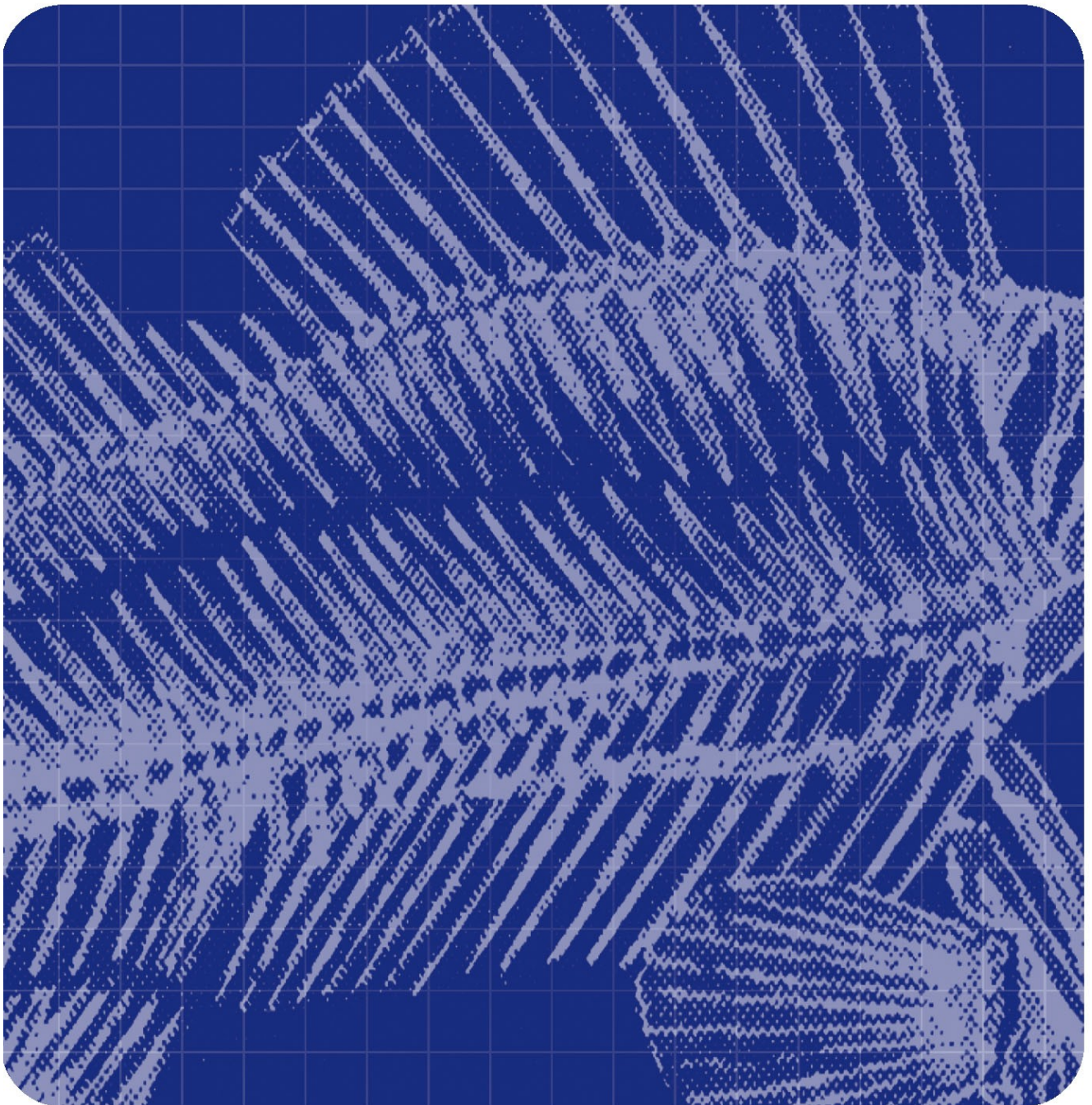




## Vannbehov hos Drøbak-kråkebolle (*Strongylocentrotus droebachiensis*) i oppdrett

Effekt av temperatur, kroppsstørrelse og fôring

Sten I. Siikavuopio, Jørgen S. Christiansen og Atle Mortensen





Norut Gruppen er et konsern for anvendt forskning og utvikling og består av morselskap og seks datterselskaper. Konsernet ble etablert i 1992 – fundamentert på daværende FORUTs fire avdelinger og Fiskeriforskning.

Konsernet består i dag av følgende selskaper:

Fiskeriforskning, Tromsø

Norut IT, Tromsø

Norut Samfunnsforskning, Tromsø

Norut Medisin og Helse, Tromsø

Norut Teknologi, Narvik

Norut NIBR Finnmark, Alta

Konsernet har til sammen vel 240 ansatte.



Fiskeriforskning (Norsk institutt for fiskeri- og havbruksforskning AS) utfører forskning og utvikling for fiskeri- og havbruksnæringen innen

- sjømat og industriell foredling
- marin bioteknologi og fiskehelse
- fôrutvikling og marin prosessering
- havbruk
- økonomi og marked

Fiskeriforskning har ca. 160 ansatte fordelt på Tromsø (110) og Bergen (50).

Fiskeriforskning har velutstyrte laboratorier og forsøksanlegg i Tromsø og Bergen.

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9-13

Postboks 6122

N-9291 Tromsø

Telefon: 77 62 90 00

Telefaks: 77 62 91 00

E-post: [post@fiskeriforskning.no](mailto:post@fiskeriforskning.no)

Avdelingskontor Bergen:

Kjerreidviken 16

N-5141 Fyllingsdalen

Telefon: 55 50 12 00

Telefaks: 55 50 12 99

E-post: [office@fiskeriforskning.no](mailto:office@fiskeriforskning.no)

Internett: [www.fiskeriforskning.no](http://www.fiskeriforskning.no)



## RAPPORT

Tilgjengelighet:

Åpen

Rapportnr:

10/2002

ISBN-nr:

82-7251-492-3

**Tittel: Vannbehov hos Drøbak-kråkebolle (*Strongylocentrotus droebachiensis*) i oppdrett- effekt av temperatur,**

Dato:

25. juni 2002

**kroppstørrelse og fôring**

Antall sider og bilag:

23

Forfatter(e): Sten I. Siikavuopio, Jørgen S. Christiansen og Atle Mortensen

Forskningsjef:

Arne Mikal Arnesen

Avdeling:

Havbruk

Prosjektnr.:

6297

Oppdragsgiver:

Landsdelsutvalget for Nord- Norge og Nord - Trøndelag

Oppdragsgivers ref.:

3 stikkord:

Kråkebolle, vannbehov, vannkvalitet

Sammendrag: (maks 200 ord)

Nødvendig vanntilførsel er en grunnleggende faktor i planlegging og dimensjonering av et landbasert oppdrettsanlegg for kråkeboller. Systematiske undersøkelser av vannbehovet til kråkeboller er ikke gjort tidligere. I dette arbeidet er vannbehovet til tre størrelsesgrupper av kråkeboller, holdt under 6 forskjellige temperaturregimer undersøkt. I tillegg er det gjort innledende studier av kråkebollenes krav til vannkvalitet.

English summary: (maks 100 ord)

Effect of temperature, body size and diet on oxygen consumption of sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) was studied.

## FORORD

Prosjektet "Vannforbruk, vannkvalitet, fôrinntak og gonadevekst hos villfanget kråkebolle i landbasert akvakultur" er finansiert av Landsdelsutvalget for Nord-Norge og Nord-Trøndelag.

Deler av resultatene fra dette prosjektet ble presentert i rapporten : "Effekt av temperatur og kroppsstørrelse på fôrinntak og gonadevekst hos villfanget Drøbak-kråkebolle *Strongylocentrotus droebachiensis*" Fiskeriforsknings rapport 1/2002. Med foreliggende rapport anses prosjektet som avsluttet.

En stor takk rettes til Atle Foss, Ivar Nevermo og Elsa Kotavuopio som har vært til uunnværlig hjelp under den praktiske gjennomføringen av forsøket. Vi ønsker også å takke Oddvar Haugland for hjelpen i forbindelse med bygging av respirometri kammer.

# INNHold

1	SAMMENDRAG.....	1
2	INNLEDNING.....	2
3	MATERIALE OG METODE.....	3
	3.1 Forsøksdyr og fôring .....	3
	3.2 Eksperimenter.....	3
	3.2.1 Forsøk I (Spesifikt oksygenforbruk).....	3
	3.2.2 Forsøk II (Oksygenbehov).....	6
	3.2.3 Forsøk III (Vannkvalitet).....	7
	3.3 Databehandling.....	7
4	RESULTATER.....	8
	4.1 Forsøk I (Spesifikt oksygenforbruk) .....	8
	4.2 Forsøk II (Oksygenbehov).....	10
	4.2.1 Dødelighet.....	10
	4.2.2 Gonadevekst og fôrinntak.....	10
	4.3 Forsøk III (Vannkvalitet).....	11
	4.3.1 Dødelighet.....	12
	4.3.2 Gonadevekst og fôrinntak.....	12
5	DISKUSJON.....	14
	5.1 Spesifikt oksygenforbruk .....	14
	5.2 Spesifikt vannbehov .....	14
6	KONKLUSJONER.....	17
7	REFERANSER.....	18
8	VEDLEGG.....	19

# 1 SAMMENDRAG

Tilgjengelig vannmengde er en grunnleggende faktor i planlegging og dimensjonering av landbaserte oppdrettsanlegg for kråkeboller. I dag finnes det ikke systematiske undersøkelser av vannbehovet til kråkeboller. Oksygen er nødvendig for cellenes forbrenning av næringsstoffer. Hos de fleste akvatiske organismene stiger oksygenforbruket når temperaturen øker. Som det fremgår av oksygenmålingene utført i forsøk I har temperaturforskjeller mellom 4 og 14°C, liten innvirkning på oksygenforbruket hos sultende kråkeboller. Generelt er oksygenforbruket svært lavt og kommer ikke hos noen av størrelsesgruppene eller temperaturgrupper over 0,15 mg oksygen per minutt per kg kråkebolle. Fôring førte til en kraftig økning i gonadeindeks hos samtlige grupper. Oksygenforbruket hos kråkeboller ble fordoblet hos samtlige størrelsesgrupper ved 4 og 8°C og tredoblet ved 10 til 14°C i forhold til sulta kråkeboller. I forsøk II var målet å bestemme minimumskonsentrasjonen av oksygen som må til for å opprettholde høy gonadevekst og lav dødelighet. Dette ble gjort ved å undersøke fôrintak, gonadevekst og dødelighet ved tre forskjellige oksygenkonsentrasjoner (40, 60 og 95 % metning). Forsøket viste at kråkebollene klarte seg rimelig bra ved en oksygenmetning helt nede på 40%, selv om dette medførte en signifikant reduksjon i gonadevekst sammenlignet med kråkeboller holdt på 95% metning. Også gruppen på 60 % metning hadde en signifikant dårligere gonadevekst enn 95% gruppen.

I forsøk III ble 5 kar med kråkeboller seriekoblet slik at avløpsvannet fra det første karet rant inn i det neste osv. Det medfører at karene nedover i rekka inneholdt stadig mindre oksygen, mens de fikk en stadig økende konsentrasjon av avfallsprodukter. Resultatene fra dette forsøket var dramatiske. Etter to uker startet dødeligheten i kar 5, og ved forsøkslutt var det over 80% dødelighet i kar 4 og 5, mens den var litt lavere i kar 3. I de to fremste karene var det ingen unormal dødelighet. Det ble registrert en kraftig reduksjon i gonadevekst fra kar 1 til kar 4 (i kar 5 ble gonadevekst ikke målt på grunn av få gjenlevende individ). Resultatene fra de to forsøkene kan i første omgang virke motstridende, da kråkebollene i det første forsøket klarte seg bra på langt lavere oksygenkonsentrasjoner enn i det andre forsøket. Forskjellen på de to forsøkene er imidlertid at det i det første forsøket var rikelig vanngjennomstrømming slik akkumulering av avfallsstoffer ikke fant sted i særlig grad, mens det i forsøk tre ble akkumulert større mengder avfallsstoffer. Det indikerer at det for kråkebollenes vedkommende er akkumulering av avfallsstoffer, og ikke oksygenmetning, som bør være dimensjonerende kriterium.

Ved å ta utgangspunkt i et beskjedent oksygenfall fra tilførsel til avløp fra 100 til 95% krever den minste størrelsesgruppen av kråkeboller (4-5 cm) mest vann med et behov på ca. 1 l/min per kg kråkebolle ved en temperaturer på 12°C. Den største størrelsesgruppen (6-7 cm) har ved 12°C omlag halvparten av vannbehovet (ca. 0,5 l per kg kråkebolle per min).

## 2 INNLEDNING

Vann har en rekke viktige funksjoner hos akvatiske organismer. I forbindelse med akvakultur er det særlig to funksjoner som er viktig for oss å være bevisst på:

1. Tilførsel av tilstrekkelig oksygen
2. Fortynning og fjerning av avfallsstoffer

Vannets evne til å løse opp oksygen avhenger av trykk, temperatur og salinitet. Det er viktig å merke seg at oppløseligheten for oksygen går ned ved økende temperatur både i ferskvann og sjøvann, og at oksygenkonsentrasjonen er lavere i sjøvann enn i ferskvann ved en gitt metningsgrad.

Mengden av oksygen i vann kan angis på to måter, enten som metning eller som konsentrasjon. Oksygenmetning måles i prosent, og forteller hvor mange prosent oksygen vannet inneholder i forhold til hva det maksimalt kan inneholde (100% metning) ved et gitt trykk, temperatur og saltholdighet. Oksygenkonsentrasjon angir derimot det reelle (absolutte) oksygeninnhold i mg eller ml per liter vann.

Man vet i dag lite om kråkebollens oksygenforbruk og toleranse for lave oksygenkonsentrasjoner. I utgangspunktet er det rimelig å tro at kråkeboller har et lavere oksygenforbruk enn fisk på grunn av lavere bevegelsesaktivitet og mindre metabolsk aktivt vev. Hos lakseyngel har man observert økende dødelighet, redusert appetitt og vekst når oksygenkonsentrasjon faller under 6 mg per liter. Andre forsøk har vist at det er nødvendig med en oksygenkonsentrasjon på 8 mg per liter ved 15°C for å oppnå optimal vekst hos regnbueørret (Gebauer et al, 1992).

Vanntilførselen til et landbasert oppdrettsanlegg må dekke kråkebollens oksygenbehov for opprettholdelse av grunnleggende stoffskifteprosesser og generell aktivitet (rutinestoffskifte), samt gi mulighet for maksimal vekst. Når det gjelder kråkebollens krav til vannkvalitet, og derved behovet for vanntilførsel for å fortynne og fjerne egenprodusert avfallsstoffer er kunnskapen praktisk talt lik null. For oppdrettsorganismer generelt (fisk) er det vanligvis tilførselen av oksygen som setter nedre grense for vanntilførsel.

Nødvendig vanntilførsel er en grunnleggende faktor i planlegging og dimensjonering av landbaserte oppdrettsanlegg. I dag finnes det ikke systematiske undersøkelser av vannbehovet til kråkeboller. En feilvurdering i vannbehovet vil kunne få alvorlige økonomiske konsekvenser for den enkelte oppdretter, hvis et anleggs produksjonskapasitet overvurderes i forhold til den vannmengden som er tilgjengelig. Målsettingen med denne undersøkelsen var derfor å undersøke vannbehovet til kråkeboller.



## 3 MATERIALE OG METODE

### 3.1 Forsøksdyr og fôring

Forsøkene ble gjennomført ved Havbruksstasjonen i Tromsø. Det ble benyttet villfangede Drøbak-kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*), som ble hentet opp av dykkere ved Kvaløya i Tromsø kommune. Fra innhøsting til forsøksstart ble kråkebollene lagret i runde 400 L glassfiberkar. Alle kråkebollene ble målt og veid ved forsøksstart og slutt. Kråkebollens diameter ble målt med et skyvelær med 1 mm nøyaktighet. Kråkebollene og gonade ble veid med henholdsvis 1 g og 0,1 g nøyaktighet. Gonadeinnhold ble registrert på et representativt utvalg av kråkebollene ved forsøksstart (n=30) og hos samtlige kråkeboller ved forsøksslutt (vedlegg 2, 3 og 4).

I forsøkene ble det benytte kråkebollefôr utviklet ved Fiskeriforskning (Raa, 1998, Siikavuopio et al., 1999, Siikavuopio & Christiansen, 2002). Kråkeboller ble tilbudt fôr i overskudd, tilsvarende en fôrterning på ca. 10 g pr. dyr. pr. uke, gjennom forsøket. Utfôring skjedde en gang i uka etter at fôrrester fra forrige fôring var oppsamlet. Kråkebollene ble fôret individuelt i kammer og hver terning veid til nærmeste 0,1 g før utfôring. Fôrutnyttelse hos kråkeboller beskriver sammenhengen mellom fôrinntak og gonadevekst. Fôrinntak hos kråkebolle kan lett kvantifiseres da fôret ikke oppløses i vann. Man kan derfor utelukke feilkilder som følge av fôrspill i dette forsøket. Fôrinntak ble registrert som differansen mellom tilbudt mengde fôr og restfôrmengde. Fôrforbruk ble registrert ukentlig gjennom hele forsøket. Da fôret vil absorbere vann over tid ble fôrinntak beregnet først på tørrstoffbasis og siden omregnet til g våtvekt. Fôrinntak og fôrfaktor ble beregnet på individnivå i forsøk I og på gruppenivå i forsøk II og III.

Fôrfaktoren er beregnet etter formelen:

$$\text{Fôrfaktor} = \text{fôrinntak (g)}/\text{gonadeøkning (g)}$$

Gonadeindeks er uttrykt i % våtvekt og er beregnet etter formelen:

$$\text{Gonadeindeks (GSI)} = (\text{gonadevekt (g)}/\text{rundvekt (g)}) * 100$$

Data over gonadeindeks og fôrinntak er presentert for hele forsøksperioden.

### 3.2 Eksperimenter

#### 3.2.1 Forsøk I (Spesifikt oksygenforbruk)

Hensikten med forsøk I var å måle kråkebollens spesifikke oksygenforbruk ( $\text{mg O}_2 \text{ h}^{-1}$ ).

I forsøket ble det benyttet 90 kråkeboller. Kråkebollene ble fordelt på 6 forskjellige klekkerenner for laks, med 6 forskjellige temperaturregimer (4, 6, 8, 10, 12 og 14°C). Renner ble inndelt i kamre à 12 x 12 x 20 cm, for individuell registrering av fôrinntak og gonadevekst (Bilde 1). Innen for hver temperaturgruppe ble kråkebollene fordelt i tre størrelsesgrupper ut i fra skalldiameter; små (4-5 cm), medium (5-6 cm) og stor (6 -7 cm). Hver temperaturgruppe inneholdt totalt 15 individer, fordelt på 5 individer i hver størrelsesgruppe. Frem til forsøksstart hadde kråkebollene gått på naturlig sjøvann (ca. 8°C) uten fôring. For å sikre god



fordeling av innløpsvannet ble et sprederør montert over hele renna. Oksygenivået ble målt hver uke gjennom forsøket. Det ble ikke målt verdier på under 95 % metning i avløpsvannet på noe tidspunkt i forsøket. Rennene var utstyrt med perforert falsk bunn slik at ekskrementer kunne skilles ut. To dyser, plassert under den falske bunnen, sørget for en kontinuerlig utspyling av ekskrementer. Rennene ble videre sjokktappet en gang i uka for bedre rengjøring. Under forsøkene ble det benyttet simulert "Tromsølys" og lysstyrken over vannoverflaten ble målt til ca.150 lux. Det ble videre benyttet filtrert sjøvann (34‰). Vanntemperaturen ble målt daglig gjennom forsøksperiodene. Temperaturen ble justert hvis avviket var større en  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (Vedlegg 1a). Før forsøksstart fikk kråkebollene en akklimeringsperiode på 14 dager til de respektive temperaturregimene. Det spesifikke oksygenforbruket ble målt ved forsøksstart og forsøksslutt. Forsøket ble gjennomført sommeren 2000 og hadde en varighet på 60 dager.



Bilde 1      *Kråkebolle i fôringskammer*



Bilde 2 Illustrasjon av respirasjonskammer bygget for måling av oksygenforbruk hos kråkeboller

Det spesifikke oksygenforbruket hos kråkebollene (forsøk I) ble målt ved at dyrene ble plassert i et lukket respirasjonskammer (lukket respirometri) (Karamushko, 1993) (bilde 2). Det ble benyttet to sirkulære gjennomsiktige Plexiglass respirometere (1,9 l). Kamrene var plassert nede i et temperaturstabil vannbad (80 l). Temperaturen i respirometere var alltid den samme som kråkebollene hadde gått på før målingene. Kammeret var utstyrt med en innebygd elektrode (Handy Mk III OxyGuard) som logget oksygennivået hvert annet minutt i en periode på 1 time. For å få omrøring rundt elektroden i kammeret ble det benyttet magnetomrører. Oksygenforbruket ble målt på gruppenivå, ved at 5 kråkeboller fra hver størrelsesgruppe ble plassert i kammerene samtidig. Før målingene startet fikk kråkebollene et opphold på 1 time i kamrene med vanngjennomstrømming. For hver størrelses- og temperaturgruppe ble det gjennomført 3 målinger. Målingene ble gjentatt med 1 times intervall. Etter hver måling ble respirometret gjennomspyet med vann med en rate på 1500 ml pr. min<sup>-1</sup>. Dette ble gjort for å fjerne avfallsprodukter som kunne redusere vannkvaliteten og påvirke dyrets stoffskifte.

Endringer i oksygenkonsentrasjon i respirometret per tidsenhet fulgte i hver måling et rettlinjet forløp. Forløpet kunne beskrives matematisk ved hjelp av lineær regresjonsanalyse. Oksygenforbruket per 5 kråkeboller per måling kan således beregnes ut fra følgende formel:

$$Q_{O_2} = [(C_o - C_t) R_{vol}] t^{-1}$$

$Q_{O_2}$  er oksygen forbruk rate (mg O<sub>2</sub> h<sup>-1</sup>),  $R_{vol}$  er volum (l) av respirometret minus volum av kråkeboller estimert utfra kroppsvekt i forhold 1 g ~ 1ml, t er varigheten av måleperioden (time), og  $C_o$  og  $C_t$  er oksygenkonsentrasjon (mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>) i respirometret ved start og slutten av målingen.

### 3.2.2 Forsøk II (Oksygenbehov)

For en oppdretter er det mer interessant å vite hvor stor vanntilførsel kråkebollene trenger enn hvor mye oksygen de bruker. Som oftest er det oksygentilførsel som er dimensjonerende kriterium for vanntilførsel. For å kunne beregne spesifikt vannforbruk må vi vite følgende:

1. Spesifikt oksygenforbruk (målt i forsøk I)
2. Minimumskonsentrasjon (eller –metning) av oksygen i vannet.

Formelen vi kan bruke er som følger:

$$\text{Spesifikt vannforbruk (l/min pr kg)} = \frac{\text{Spesifikt oksygenforbruk}}{\text{Kons. O}_2 \text{ inn} - \text{Kons. O}_2 \text{ ut}}$$

Hensikten med forsøk II var å undersøke effekten av forskjellige oksygenkonsentrasjoner på fôrintak, gonadevekst og dødelighet. Ved forsøk II (februar- mars) ble det benyttet 120 kråkeboller i størrelsesgruppen 5 til 6 cm (skalldiameter). Kråkebollene ble tilfeldig fordelt (n=20) i 6 runde kar på 10 liter (familieklekker for laks) (bilde 3). Tre grupper av kråkeboller ble holdt ved en oksygenmetning på henholdsvis 95, 60 og 40%. Reduserte oksygenmetningen ble oppnådd ved bruk av en vakuum-degasser der det ble boblet inn nitrogen gjennom vannet slik at oksygenet ble luftet ut. Hver enhet fikk tilført 3 liter vann per min gjennom en vanntilførsel fra bunnen av karet og med avløp fra overflaten. For å unngå at kråkebollene kom i kontakt med luft ble det plassert plastlokk over samtlige enheter. Oksygenivået ble kontinuerlig logget i karene med 40 og 60% metning, mens daglige målinger ble utført hos kråkebollene som gikk på 95% metning (vedlegg 4). Døde kråkeboller ble fjernet daglig, mens karene ble rensert en gang i uka. Det ble benyttet filtrert sjøvann (34‰) med en konstant temperatur på 8°C. Vanntemperaturen ble målt daglig gjennom forsøksperiodene (Vedlegg 1b). Temperaturen ble justert hvis avviket var større en  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Forsøket ble gjennomført i perioden februar –mars og hadde en varighet på 50 dager.



Bilde 3 Kråkeboller i kar benyttet i forsøk II og III

### **3.2.3 Forsøk III (Vannkvalitet)**

I forsøk III var hensikten å undersøke hvilken effekt forskjellige vannkvalitet har på fôrinntak, gonadevekst og dødelighet. Det ble benyttet 200 kråkeboller i størrelsesgruppen 5 til 6 cm (skalldiameter). Kråkebollene ble tilfeldig fordelt ( $n=20$ ) i 10 runde kar på 10 liter (familieklekkere) (bilde 3).

To replikater med fem familieklekkere ble seriekoplest ved at vannet fra kar 1 ble tilført som inntaksvann til kar 2 osv. Dette førte til en gradvis reduksjon i vannkvalitet fra det første til det femte karet. Hver enhet fikk tilført 3 liter vann per min gjennom en vanntilførsel fra bunnen av karet og med et avløp fra overflaten. For å unngå at kråkebollene kom i kontakt med luft ble det plassert plastlokk over samtlige enheter. Oksygennivået ble registrert daglig utenom helgene i samtlige kar (vedlegg 5a og 5b). Døde kråkeboller ble fjernet i forbindelse med røkting en gang i uka. Det ble benyttet filtrert sjøvann (34 ‰), med en konstant temperatur på 8°C. Vanntemperaturen ble målt daglig gjennom forsøksperiodene. Temperaturen ble justert hvis avviket var større en  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (Vedlegg 1c). Forsøket ble gjennomført i perioden februar- mars og hadde en varighet på 50 dager.

### **3.3 Databehandling**

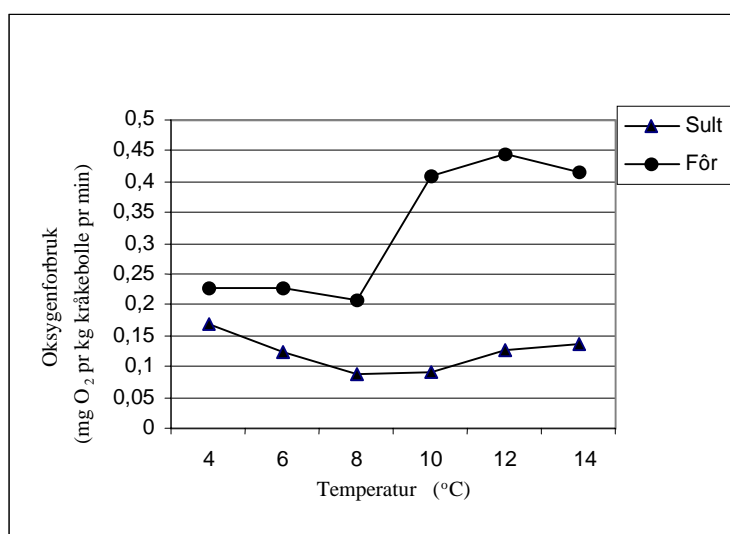
Statistikkberegninger ble utført ved hjelp av programpakken StatView-98 (SAS). Mann-Whitney testen ble benyttet til sammenligning av medianverdier ved to utvalg. I alle statistiske tester ble  $p\text{-verdi} \leq 0,05$  betraktet som signifikant.

## 4 RESULTATER

### 4.1 Forsøk I (Spesifikt oksygenforbruk)

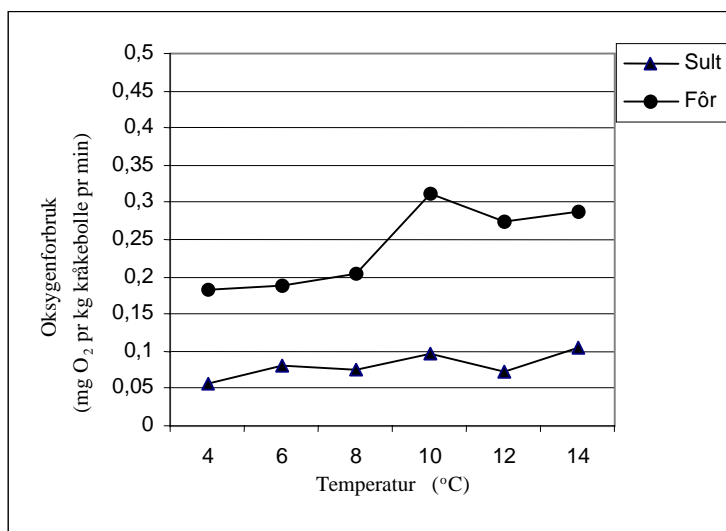
Oversikt over gonadeindeks og gonadevekt ved forsøksstart hos de respektive størrelsesgruppene er oppsummert i vedlegg 2. Vedlegg 3 gir en oversikt over gonadeindeks, gonadevekst og fôrintak hos de 3 størrelsesgruppene av kråkeboller ved 6 forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 og 14°C) ved forsøkslutt. Gonadevekst ved forskjellige temperaturer er nærmere beskrevet i Fiskeriforskningsrapport 1/2002.

Figur 1, 2 og 3 viser oksygenforbruk (mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min) hos tre størrelsesgrupper kråkeboller ved forsøksstart (sult) og etter 60 dager med fôring ved 6 forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 og 14°C).



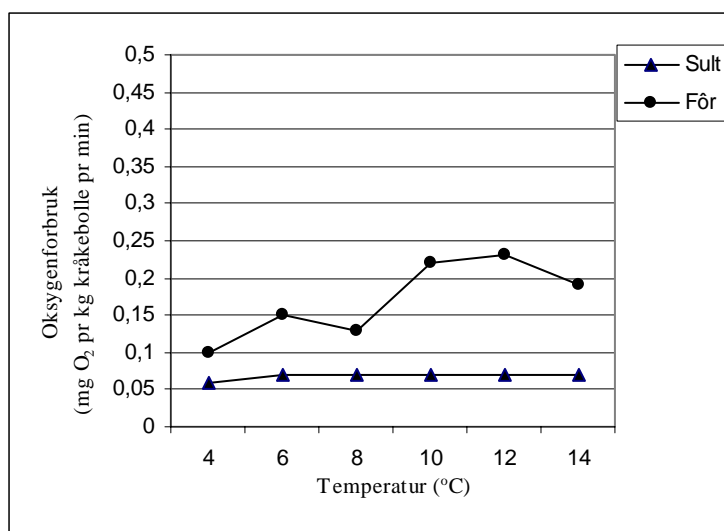
Figur 1 Oksygenforbruk (mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min) hos sultende (trekantsymbol) og fôrede (rund symbol) kråkeboller med en skalldiameter mellom 4 og 5 cm, ved 6 forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 og 14°C)

Som det fremgår av figur 1 ligger oksygenforbruket hos sultete kråkeboller (4-5 cm) i området 0,1 til 0,15 mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min. Temperaturen ser ut til å ha liten effekt på oksygenforbruket hos sultete kråkeboller. Etter 60 dagers fôring har oksygenforbruket økt kraftig hos samtlige temperaturgrupper. Høyest oksygenforbruk har kråkeboller fôret på 12°C, med et oksygenforbruk på 0,45 mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min.



Figur 2 Oksygenforbruk (mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min) hos sultende (trekantsymbol) og fôrede (rund symbol) kråkebolle med en skalldiameter mellom 5 og 6 cm, ved 6 forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 og 14 °C)

Som det fremgår av figur 2, varierer oksygenforbruket mellom 0,05 (4°C) og 0,1 (14°C) mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min, hos sultende kråkebolle (5-6 cm). Oksygenforbruket hos de samme kråkebollene etter 60 dager fôring, har økt til mellom 0,2 (4 til 8°C) og 0,3 (10 til 14°C) mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min. Som vi ser er oksygenforbruket hos fôrede kråkebolle ved 10 til 14 grader nesten tredoblet i forhold til sultende kråkebolle ved de samme temperaturene.



Figur 3 Oksygenforbruk (mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min) hos sultende (trekantsymbol) og fôrede (rund symbol) kråkebolle med en skalldiameter mellom 6 og 7 cm, ved 6 forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 og 14°C)

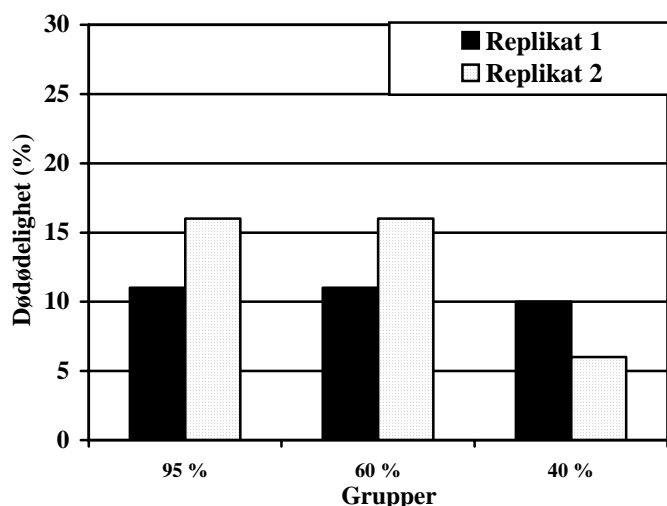
Som det fremgår av figur 3, ligger oksygenforbruket på ca. 0,06 mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min, hos samtlige temperaturgrupper ved forsøkstart (sultende). Oksygenforbruket hos de samme kråkebollene etter 60 dager fôring, har økt til mellom 0,1 (4°C) og 0,24 (12°C) mg O<sub>2</sub> per kg kråkebolle per min.

## 4.2 Forsøk II (Oksygenbehov)

I forsøk I er det spesifikke oksygenforbruket til kråkebollene målt. I forsøk II var målet å bestemme minimumskonsentrasjonen av oksygen som må til for å opprettholde høy gonadevekst og lav dødelighet. Dette er gjort ved å undersøke fôrinntak, gonadevekst og dødelighet ved tre forskjellige oksygenkonsentrasjoner (40, 60 og 95 % metning).

### 4.2.1 Dødelighet

Figur 4 oppsummerer akkumulert dødelighet hos kråkeboller ved de tre oksygenmetninger (95, 60 og 45 %) i 50 dager.



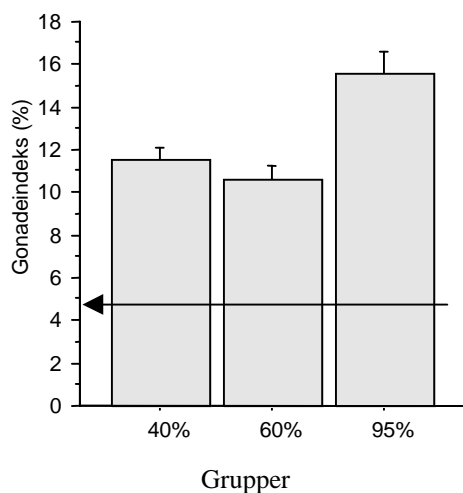
Figur 4 Andel kråkeboller som døde i samtlige replikater i hver gruppe gjennom forsøket

Som det fremgår av figur 4 ble det registrert en viss dødelighet i samtlige replikater (fra 6 til 16%). Det ble ikke funnet tegn til ytre skader hos kråkebollene som døde i noen av gruppene.

### 4.2.2 Gonadevekst og fôrinntak

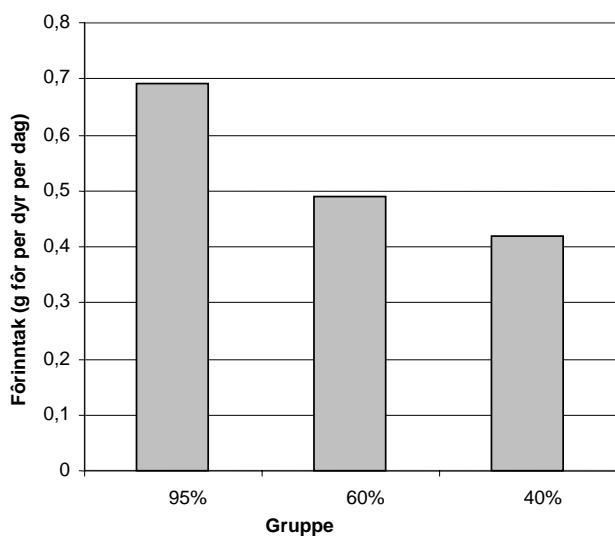
Den gjennomsnittlige gonadeindeksen ved forsøksstart til et utvalg (n=30) var på 4,3 % (vedlegg 4). Ved forsøksslutt var den gjennomsnittlige gonadeindeksen hos kråkeboller fôret på 95 % oksygenmetning kommet opp i 15,5 % (figur 5).





Figur 5 Gjennomsnittlig gonadeindeks ved forsøkstart (sort pil) og etter fôring i 50 dager ved 40, 60 og 95% oksygenmetning (+SE)

Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i gonadeindeks hos kråkeboller som fikk 40 og 60% oksygenmetning. Derimot hadde kråkeboller som gikk på 95% metning en signifikant høyere gonadeindeks en både 60 og 40% gruppen. Det var også en klar tendens til nedgang i fôrintak med nedgang i oksygennivå (figur 6).



Figur 6 Gjennomsnittlig fôrintak (gram fôr per dyr per dag) hos de forskjellige oksygengruppene

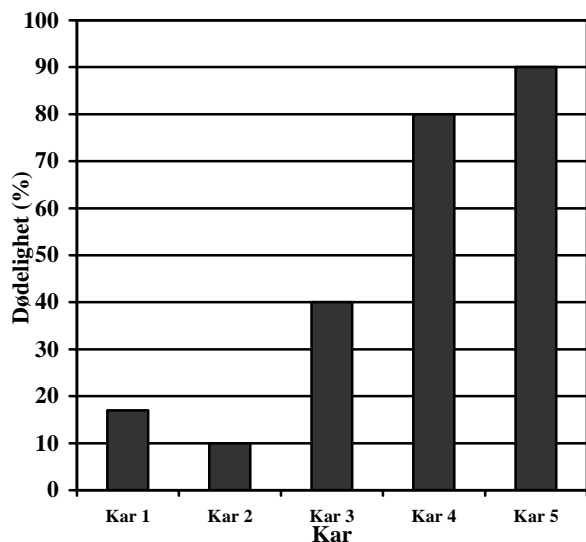
Målinger av fôrfaktor viste videre at både 40% og 60% gruppene hadde vesentlig høyere fôrfaktor sammenlignet med 95% gruppen (vedlegg 4).

### 4.3 Forsøk III (Vannkvalitet)

I forsøk III ble 5 kar seriekoblet slik at avløpsvannet fra det første karet rant inn i det neste karet (kar 2) osv. Karene nedover i rekka inneholdt dermed stadig mindre oksygen (vedlegg 5a og 5b), mens de fikk en stadig økende konsentrasjon av avfallsprodukter.

### 4.3.1 Dødelighet

Figur 7 oppsummerer akkumulert dødelighet etter 50 dager hos kråkeboller holdt ved 5 forskjellige vannkvaliteter.

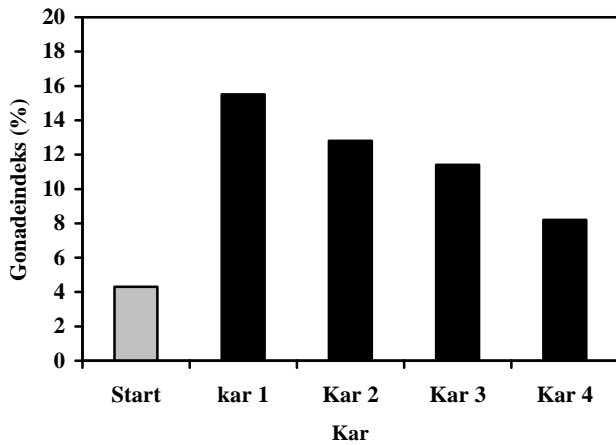


Figur 7 Akkumulert dødelighet ( 50 dager) hos kråkeboller i serie koblede kar

Som det fremgår av figur 7 øker dødeligheten etter hvert som vannet brukes flere ganger. I kar 5 var det en dødelighet på hele 90%. Det ble gjort systematiske undersøkelser av når dødeligheten oppsto. Som det fremgår av vedlegg 6 får vi en kraftig økning i dødeligheten etter 3 uker med fôring.

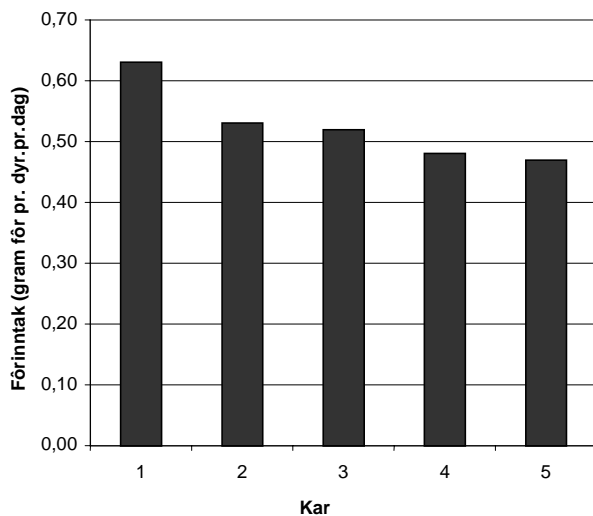
### 4.3.2 Gonadevekst og fôrintak

Den gjennomsnittlige gonadeindeksen ved forsøksstart til et utvalg (n=30) var på 4,3% (vedlegg 4). Ved forsøkslutt var den gjennomsnittlige gonadeindeksen hos kråkeboller i kar 1 kommet opp i 15,5 % (figur 8).



Figur 8 Gjennomsnittlig gonadeindeksen ved forsøksstart og hos kråkeboller i seriekoblede kar ved forsøksslutt

Den gjennomsnittlige gonadeindeksen for kar 5 er ikke presentert i figur 8 da det kun var fire individ som overlevde i dette karet. Som det fremgår av figur 8 så avtar gonadeindeksen i takt med reduksjon i vannkvaliteten. Det var også tendens til nedgang i fôrintak med reduksjon i vannkvalitet (figur 9).



Figur 9 Gjennomsnittlig fôrintak (gram for per dyr per dag) hos kråkeboller i seriekoblede kar

## 5 DISKUSJON

Systematiske undersøkelser av Drøbak-kråkebollens vannbehov er ikke blitt gjennomført tidligere. Med unntak av noen få arbeider utført på begynnelsen av 1970 tallet er det lite vi kjenner til av kråkebollens metabolisme (Percy, 1972, -1973,-1974 ).

### 5.1 Spesifikt oksygenforbruk

Oksygen er nødvendig for cellenes forbrenning av næringsstoffer hos høyere organismer. Hos de fleste akvatiske organismene stiger oksygenforbruket når temperaturen øker. Ofte finner man at en temperaturøkning på 10 grader medfører en fordobling av oksygenforbruket. Kråkebollene i forsøk I fikk en akklimeringsperioden på 14 dager, hvor de ble sultet. Dette ble gjort for å få et mål på kråkebollens basale oksygenbehov. Som det fremgår av oksygenmålingene utført i dette forsøket har temperaturforskjeller mellom 4 og 14°C liten innvirkning på oksygenforbruket hos sultende kråkeboller. Generelt ligger oksygenforbruket svært lavt og kommer ikke hos noen av størrelsesgruppene eller temperaturgruppene over 0,15 mg oksygen per kg kråkebolle. Mest sannsynlig spiller mengden metabolsk aktivt vev (gonaden), og fordøyelsessystemet, i forhold til totalvekten en større rolle en temperatur hos sultet kråkebolle med tanke på oksygenforbruk. Som det fremgår av vedlegg 2 har kråkebollene et lavt gonadeinnhold og inneholder derfor mye kroppsvæske og skall som i liten grad bidrar til oksygenforbruk. Seksti dager med fôring førte til en kraftig økning i gonadeindeks hos samtlige grupper (vedlegg 3). Oksygenforbruket dobles hos samtlige størrelsesgrupper kråkeboller holdt på 4 og 8 °C. Fôrede kråkeboller som gikk på 10 til 14°C hadde et tredoblet oksygenforbruk i forhold til sulta kråkeboller.

Generelt går det spesifikke oksygenforbruket (oksygenforbruket per kg) ned når størrelsen på dyret stiger. Dette kan illustreres eksempelvis for laksefisk (Christiansen et al., 1990). Reduksjonen i spesifikt oksygenforbruk med økende størrelse hos kråkeboller har sannsynligvis sammenheng med at relativ mengde metabolsk aktivt vev (gonade og fordøyelsessystem) avtar med størrelsen på kråkebollene (figur 1, 2 og 3). Det fremgår av vedlegg 2 som viser gonadeindeks hos de forskjellige forsøksgruppene etter 60 dagers fôring. Resultat for fôrede kråkeboller er i samsvar med det man finner hos de fleste akvatiske organismene hvor oksygenforbruket øker i takt med temperaturen og hvor en 10 graders økning i temperaturen medfører en fordobling av oksygenforbruket (Percy, 1972). Som vi ser av figur 1, 2 og 3 har kråkebollene et oksygenforbruk som er langt lavere enn laks (Christiansen et al., 1990). For fôret kråkebolle på 70 g ligger det spesifikke oksygenforbruket på grovt regnet 10% av det en finner hos 2 kilos laksefisk, eller ca. 5% av det en finner hos 50 grams lakseyngel (Brett & Blacburn, 1981, Gebauer et al., 1992, Christiansen et al., 1990).

### 5.2 Spesifikt vannbehov

I forsøk I ble det spesifikke oksygenforbruket til kråkebollene målt. I forsøk II var målet å bestemme minimumskonsentrasjonen av oksygen som må til for å opprettholde høy gonadevekst og lav dødelighet. Dette er gjort ved å undersøke fôrinntak, gonadevekst og dødelighet ved tre forskjellige oksygenkonsentrasjoner (40, 60 og 95 % metning). Forsøk II viste at kråkebollene klarte seg rimelig bra ved en oksygenmetning helt nede på 40%, selv om dette medførte en reduksjon i gonadevekst. Resultatet er i samsvar med det man ser hos fisk

(Brett & Blacburn, 1981). En indikasjon på at hypoxi har negativ effekt på gonadevekst er at fôrinntak og fôrutnyttelse reduseres takt med nedgang i oksygenivået (fig 6).

I utgangspunktet var det ikke forventet en reduksjon i gonadevekst ved 60 % metning. Det ble derfor ikke satt opp grupper med mellom 95 og 60% metning i dette forsøket. Resultatene er derfor for grove til å angi hvilke grenseverdier (% oksygen) som gjelder for kråkebolle med tanke på optimal vekst.

I forsøk III ble 5 kar med kråkeboller seriekoblet slik at avløpsvannet fra det første karet rant inn i det neste osv. Det medfører at karene nedover i rekka inneholdt stadig mindre oksygen, mens de fikk en stadig økende konsentrasjon av avfallsprodukter. Dette forsøket strakk seg også over 6 uker, med en temperatur på 8°C. Oksygenmetningen i det første karet var på 98 til 100% og i det femte karet ned mot 90% (vedlegg 5a og 5b). Med andre ord en relativt beskjeden reduksjon i oksygenmetning. Resultatene fra dette forsøket var dramatiske. Etter to uker startet dødeligheten i kar 5, og ved forsøkslutt var det over 80% dødelighet i kar 4 og 5, mens den var litt lavere i kar 3. I de to fremste karene var det ingen unormal dødelighet. Det ble registrert en kraftig reduksjon i gonadevekst fra kar 1 til kar 4 (i kar 5 ble gonadevekst ikke målt på grunn av få gjenlevende individ). Fôrinntak viste i midlertidig ikke en like sterk tendens.

Resultatene fra forsøk II og III kan i første omgang virke motstridende, da kråkebollene i det første forsøket klarte seg bra på langt lavere oksygenkonsentrasjoner enn i det andre forsøket. Forskjellen på de to forsøkene er imidlertid at det i det første forsøket var rikelig vanngjennomstrømming slik at akkumulering av avfallsstoffer ikke fant sted i særlig grad, mens det i forsøk III med liten vanngjennomstrømming ble akkumulert større mengder avfallsstoffer. Det indikerer at det for kråkebollenes vedkommende er akkumulering av avfallsstoffer, og ikke oksygenmetning, som bør være dimensjonerende kriterium for beregning av vannbehov.

Hos fisk i oppdrett er det vanligvis oksygenforbruket og toleranse for oksygenmetning som setter grenser for vannbehov. Det er derfor mulig å redusere vannforbruket ved å tilføre ekstra oksygen i vannet, helt til akkumulert CO<sub>2</sub> og eller NH<sub>3</sub> blir problemet. Når det gjelder kråkeboller vet vi ennå ikke hvilke avfallsprodukter det er som først skaper problemer ved lav vanntilførsel, men NH<sub>3</sub> er en sannsynlig kandidat. Det er viktig å kartlegge dette i nye eksperimenter fordi det spesifikke vannforbruket kanskje kan reduseres ved adekvat vannbehandling. Det er for eksempel mulig å fjerne CO<sub>2</sub> ved hjelp av lufting, mens fjerning av NH<sub>3</sub> krever mer omfattende vannbehandling. Det er vanskelig å gi konkrete råd om nødvendig vanntilførsel til landbasert kråkebolleoppdrett basert på de foreliggende resultatene. Oksygentilførsel synes ikke å være begrensende faktor for vanntilførselen, slik det vanligvis er i fiskeoppdrett, men derimot akkumulering av avfallsprodukter. Fordi vi ennå ikke kan angi sikre toleransegrenser for avfallsproduktene, og heller ikke vet hvilket som er mest kritisk, blir det umulig å gi nøyaktige anbefalinger. Resultatene tyder på at kråkebollene er mindre tolerante overfor avfallsprodukter enn tidligere antatt. Siden produksjon av avfallsprodukter som NH<sub>3</sub> og CO<sub>2</sub> og forbruk av oksygen begge skyldes dyrets stoffskifte vil de dermed også variere i takt. I mangel av noe bedre kan vi derfor bruke oksygenforbruk og oksygenmetning som et indirekte mål for akkumulering av avfallsprodukter i vannet. Dette er selvsagt en usikker metode, og for å være på den sikre side bør man på dette tidspunktet være konservativ når det gjelder å angi nødvendig vanntilførsel basert på denne metoden

Basert på resultatene fra dette prosjektet antar vi at man kan tillate oksygenkonsentrasjonen i et kar med kråkebolle å synke med 0,5 mg/l (som representerer en svært beskjeden reduksjon

i oksygenmetning på ca.5%). I tabellen som angir vannbehovet kombineres derfor oksygenforbruk ved forskjellig størrelser og temperaturer med tilgjengelig oksygen ved 95 % metning i avløpsvannet. Vannbehovet er uttrykt som antall liter per kg kråkebolle per min under forutsetning at inntaksvannet er 100 % mettet med oksygen (tabell 1 og 2).

*Tabell 1 Vannbehovet (antall liter per kg kråkebolle per min) hos sultende kråkebolle ved forskjellig størrelse og temperatur med tilgjengelig oksygen i inntaksvannet på 100 % og med forutsetning at avløpsvannet har 95% metning*

Kråkebolle størrelse (cm) (gjennomsnittsvikt i gram)		4 °C	6°C	8°C	10°C	12°C	14°C
4-5 cm (40 gram)	Sult	0,32	0,25	0,18	0,20	0,29	0,32
5-6 cm (65 gram)	Sult	0,11	0,16	0,16	0,21	0,17	0,25
6-7 cm (100 gram)	Sult	0,11	0,14	0,14	0,16	0,17	0,17

*Tabell 2 Vannbehovet (antall liter per kg kråkebolle per min) hos spisende kråkebolle ved forskjellig størrelse og temperatur med tilgjengelig oksygen i inntaksvannet på 100 % og med forutsetning at avløpsvannet har 95% metning*

Kråkebolle størrelse (cm) (gjennomsnittsvikt i gram)		4 °C	6°C	8°C	10°C	12°C	14°C
4-5 cm (40 gram)	Fôr	0,43	0,45	0,44	0,89	1,03	0,98
5-6 cm (65 gram)	Fôr	0,35	0,38	0,44	0,68	0,63	0,69
6-7 cm (100 gram)	Fôr	0,20	0,31	0,28	0,49	0,53	0,45

Som det fremgår av tabell 2 krever den minste størrelsesgruppen av kråkeboller (4-5 cm) mest vann (95% metning i avløpsvannet) med ca. 1 l/min per kg kråkebolle ved en temperaturer på 12°C. Som det fremgår av tabell 1 har den største størrelsesgruppen (6-7 cm) ved 12°C omlag halvparten av vannbehovet (ca. 0,5 l/per kg per min ved 95 % metning i avløpsvannet) sammenlignet med den minste størrelsesgruppen (4-5 cm) ved samme temperatur.

## 6 KONKLUSJONER

- Spesifikt oksygenforbruk hos fôrede Drøbak-kråkeboller øker med temperatur opp til ca. 12°C, mens det spesifikke oksygenforbruket hos sultede kråkeboller er relativt temperaturuavhengig.
- Spesifikt oksygenforbruk hos Drøbak-kråkeboller avtar med størrelsen på kråkebollen.
- Fôring medfører en opptil tre ganger økning i spesifikt oksygenforbruk sammenlignet med sultede kråkeboller.
- En reduksjon av oksygenmetning til 60% fører ikke til økt dødelighet, men til en svakt redusert gonadevekst hos Drøbak-kråkeboller. Dette under forutsetning av at vannutskiftingen er slik at avfallsproduktene ikke akkumuleres.
- Drøbak-kråkeboller er tilsynelatende lite tolerant overfor akkumulering av avfallsprodukter i vannet. Toleranse grensene for akkumulert avfallsprodukter er ennå ikke tilfredsstillende kartlagt.
- Siden akkumulering av avfallsprodukter og reduksjon i oksygen metning henger sammen anbefaler vi foreløpig at vannbehovet til landbasert kråkebolleoppdrett er så stor at reduksjon i oksygenmetning i vannet ikke overskrider 5%.

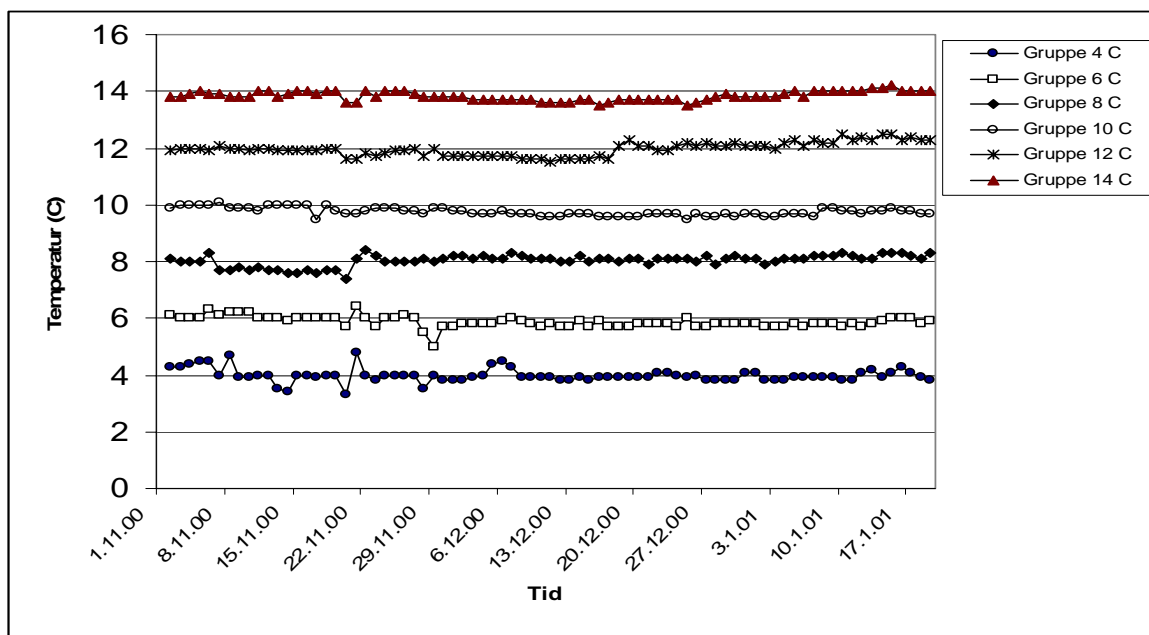


## 7 REFERANSER

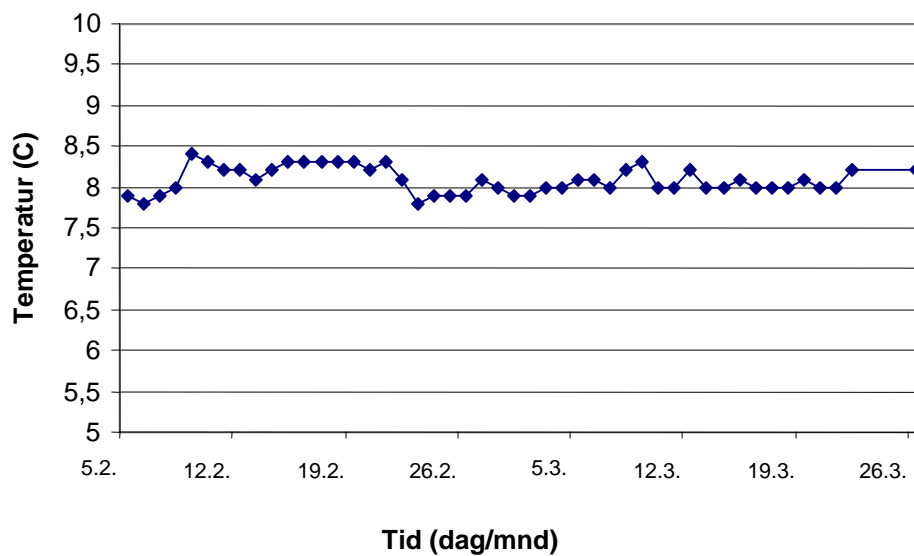
- Brett, T. R., & Blackburn, J. M., 1981. Oxygen requirements for growth of young coho (*Oncorhynchus kisuth*) and sockeye (*O. nerka*) salmon at 15 °C. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **38**: 399-404.
- Christiansen, J. S., Jobling, M. & Jørgensen, E. H. 1990. Oksygen- og vannbehov hos laksefisk. *Norsk Fiskeoppdrett*, 10:28-29 og 35.
- Gebauer, R., Eggen, G., Hansen, E. & Eikebrokk, B., 1992. Oppdrettsteknologi – Vannkvalitet og vannbehandling i lukkede oppdrettsanlegg. Tapir Forlag, ISBN-nr: 82-519-0972-4, 576 pp
- Karamushko, L. I. 1993. Effect of feeding on metabolic rate and specific dynamic action in *Gadus morhua*, *Anarhichad lupus*, and *Pleuronectes platessa*. *J. Ichthyol.*, **33** (9): 148-158.
- Percy, M. A. 1972. Thermal adaptation in the boreo-arctic echinoid *Strongylocentrotus droebachiensis* (O. F. Muller, 1776). I. Seasonal acclimatization of respiration. *Physiol. Zool.*, **45**(4): 277-289.
- Percy, M. A. 1973. Thermal adaptation in the boreo-arctic echinoid *Strongylocentrotus droebachiensis* (O. F. Muller, 1776). II. Seasonal acclimatization and urchin activity. *Physiol. Zool.*, **46**(2): 129-138.
- Percy, M. A. 1974. Thermal adaptation in the boreo-arctic echinoid *Strongylocentrotus droebachiensis* (O. F. Muller, 1776). IV. Acclimation in the laboratory. *Physiol. Zool.*, **47**(3): 163-171.
- Raa, J. 1998. Oppfôring av kråkeboller med tanke på økt utbytte og jevnere kvalitet av rogn til konsum. *Fiskeriforsknings rapport 2/1998*. ISBN-nr.: 82-7251-372-2, 12 pp.
- Siikavuopio, S. I., Jørgensen, A. J. & Christiansen, J. S. 1999. Villfanget kråkebolle i landbasert oppdrett- fôrinntak og gonadevekst ved forskjellig individtetthet. *Fiskeriforsknings rapport 7/1999*. ISBN-nr.: 82-7251-419-2, 15 pp.
- Siikavuopio, S. I. & Christiansen, J. S. 2002. Effekt av temperatur og kroppsstørrelse på fôrinntak og gonadevekst hos villfanget Drøbak-kråkebolle *Strongylocentrotus droebachiensis* *Fiskeriforsknings rapport 1/2002*. ISBN-nr.: 82-7251-483-4, 24 pp

## 8 VEDLEGG

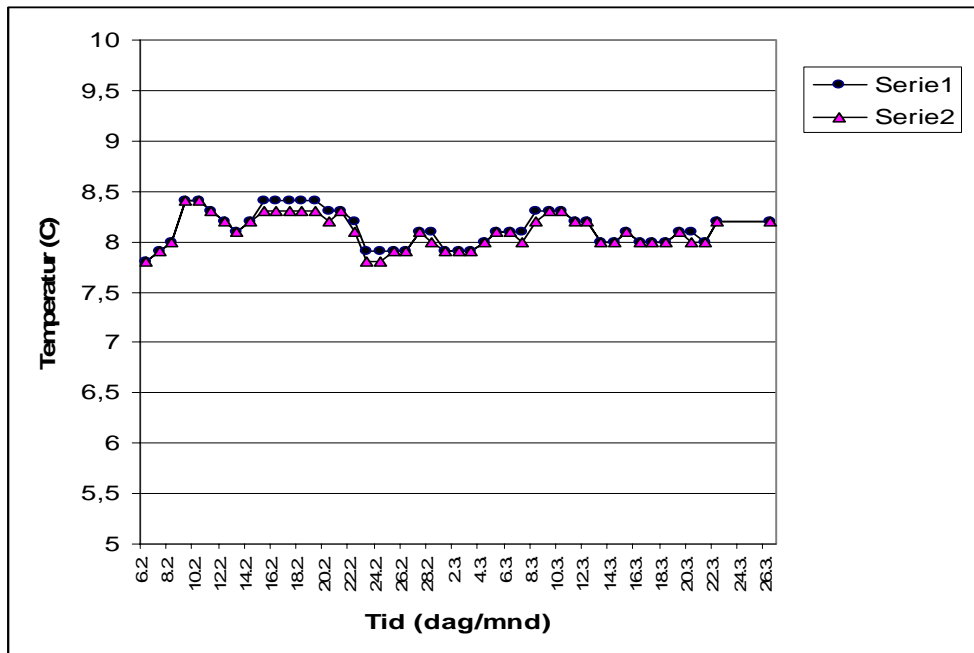
**Vedlegg 1a** Temperaturprofil hos kråkeboller holdt på 4, 6, 8, 10, 12 og 14 °C gjennom forsøk I



**Vedlegg 1b** Temperaturprofil hos kråkeboller holdt på 8°C gjennom forsøk II



**Vedlegg 1c** Temperaturprofil hos kråkeboller holdt på 8°C gjennom forsøk III



**Vedlegg 2** Gjennomsnittsgonadevekt, og -gonadeindeks med standardavvik ved forsøksstart (forsøk I)

Størrelse	Temp	Antall	Gjennomsnittlig Gonadevekt (gram)	Standardavvik	Gjennomsnittlig Gonadeindeks (%)	Standardavvik
4 til 5 cm	8	30	2,2	1,20	5,1	2,41
5 til 6 cm	8	30	5,3	1,56	7,2	2,88
6 til 7 cm	8	30	7,3	2,46	9,1	2,93

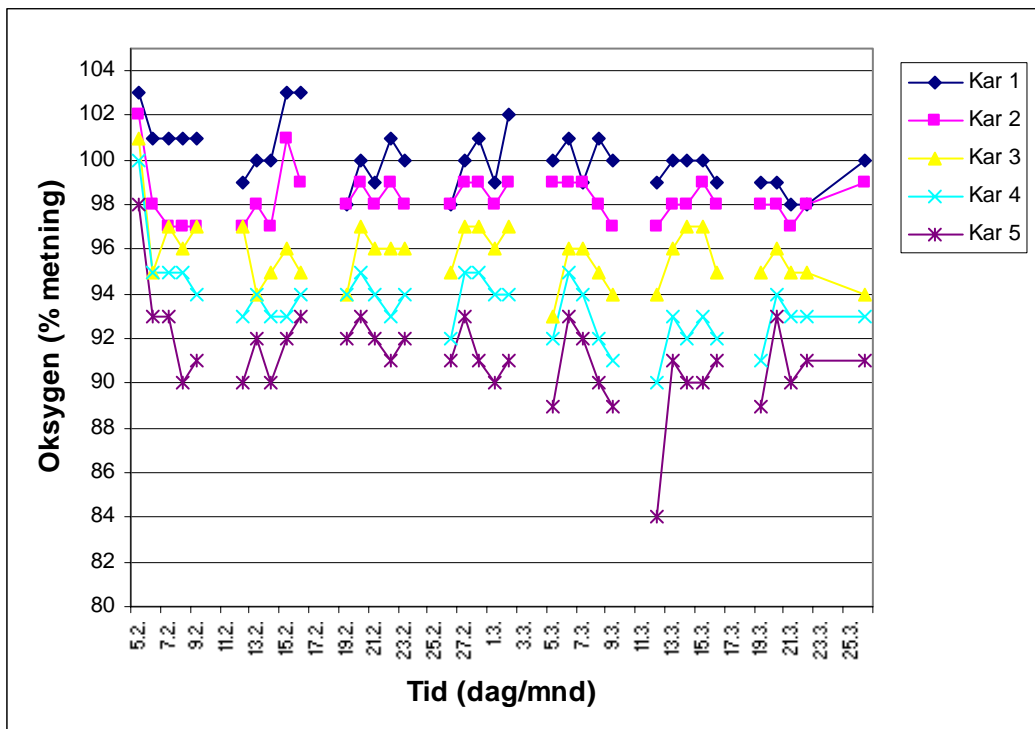
**Vedlegg 3** Gjennomsnittsgonadevekt, -gonadeindeks med standardavvik, samt totalmengde gonade og fôrinntak hos 3 størrelsesgrupper kråkeboller (4-5, 5-6 og 6-7 cm) ved 6 forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 og 14 °C) ved forsøkslutt (forsøk I)

Størrelse	Temp	Antall	Gjennomsnittlig Gonadevekt (gram)	Standardavvik	Gonadevekt totalt (gram) (n=5)	Gjennomsnittlig Gonadeindeks (%)	Standard avvik	Totalt fôrinntak (gram)
4 til 5 cm	4	5	6,51	3,34	32,53	16,6	5,99	88,8
5 til 6 cm	4	5	6,74	2,69	33,68	11,2	4,50	96,1
6 til 7 cm	4	5	17,37	4,91	104,2	15,9	3,90	132,2
4 til 5 cm	6	5	6,54	1,64	32,72	15,4	3,82	107,3
5 til 6 cm	6	5	9,78	3,94	48,94	14,5	5,23	122
6 til 7 cm	6	5	12,18	3,74	60,91	14,3	6,06	150,5
4 til 5 cm	8	5	6,12	2,81	30,60	15,3	3,60	107,4
5 til 6 cm	8	5	9,63	2,6	48,15	16,6	2,09	136,8
6 til 7 cm	8	5	12,3	5,61	61,58	12,2	5,12	152,5
4 til 5 cm	10	5	6,6	1,40	33,24	19,7	1,98	108,6
5 til 6 cm	10	5	13,17	3,73	65,85	19,9	5,12	155,6
6 til 7 cm	10	5	18,73	7,15	82,59	18,9	7,02	197,6
4 til 5 cm	12	5	9,22	1,10	46,08	25,2	3,24	129,4
5 til 6 cm	12	5	14,78	3,69	73,59	20,4	5,69	163,5
6 til 7 cm	12	5	16,6	0,97	83,26	16	2,87	183
4 til 5 cm	14	5	8,6	5,57	42,90	21,7	7,55	178,7
5 til 6 cm	14	5	12,55	2,11	62,78	17,6	4,22	197,6
6 til 7 cm	14	5	14,29	4,85	71,46	13,5	3,61	250,3

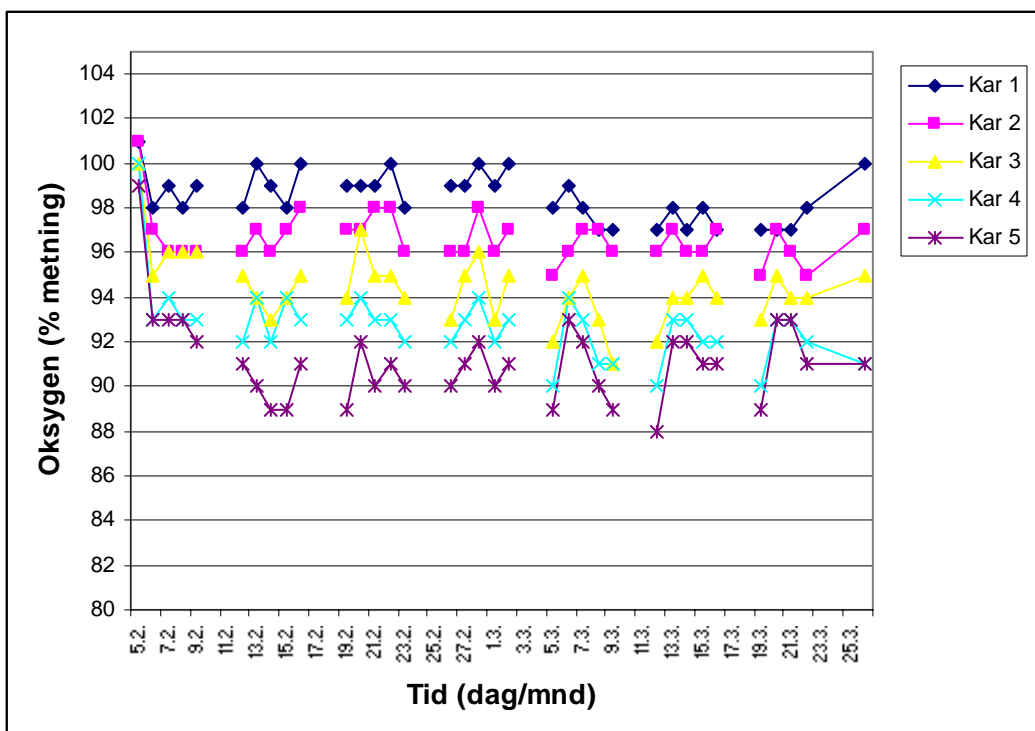
**Vedlegg 4** Gjennomsnittsvikt, -gonadeindeks, fôrinntak og oksygenverdier med standardavvik hos kråkeboller holdt på 40, 60 og 95% metning ved forsøkslutt, samt nullprøver ved forsøksstart (forsøk II og III)

	40 % metning	60 % metning	95 % metning	Star (nullprøve) (n=30)
Vekt (gram)	50,3 (13,3)	50,10 (19,1)	50,7 (14,81)	51,6 (14,34)
Gonadeindeks (rundvekt/gonadevekt *100)	11,2 (3,59)	10,44 (3,60)	15,5 (5,13)	4,3 (1,93)
Gjennomsnittlig fôrinntak (gram fôr per dyr per dag)	0,42	0,49	0,63	
Fôrfaktor	8,6	7,1	4,6	
Gjennomsnittsverdi O <sub>2</sub> i forsøket i innløp (mg O <sub>2</sub> pr L)	4,15 (0,71)	6,3 (0,81)	9,4 (0,11)	
Gjennomsnittsverdi O <sub>2</sub> i replikat A (mg O <sub>2</sub> pr L)	4,0 (0,61)	5,9 (0,50)	9,4 (0,11)	
Gjennomsnittsverdi O <sub>2</sub> i replikat B (mg O <sub>2</sub> pr L)	4,0 (0,70)	5,7 (0,48)	9,4 (0,09)	

**Vedlegg 5a** Oksygennivå gjennom forsøk III hos samtlige kar i replikat 1



**Vedlegg 5b** Oksygennivå gjennom forsøk III hos samtlige kar i replikat2



**Vedlegg 6** Dødelighet relatert til uker hos de forskjellige replikatene gjennom forsøk III. Kar 1 er det første karet og kar 5 er det siste karet i rekken med seriekoplete kar. A og B er henholdsvis replikat 1 og 2

Uke	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	2	1	4	2
4	0	0	0	0	1	3	5	4	4	4
5	0	1	1	1	2	5	6	6	8	6
6	2	3	1	1	5	10	3	3	2	3







# Fiskeriforskning

Hovedkontor Tromsø:

Muninbakken 9-13

Postboks 6122

N-9291 Tromsø

Telefon: 77 62 90 00

Telefaks: 77 62 91 00

E-post: [post@fiskeriforskning.no](mailto:post@fiskeriforskning.no)

Avdelingskontor Bergen:

Kjerreidviken 16

N-5141 Fyllingsdalen

Telefon: 55 50 12 00

Telefaks: 55 50 12 99

E-post: [office@fiskeriforskning.no](mailto:office@fiskeriforskning.no)

Internett: [www.fiskeriforskning.no](http://www.fiskeriforskning.no)

ISBN 82-7251-492-3

ISSN 0806-6221