



Rapport 12/2009 • Utgitt mars 2009

Oppdrett av kråkeboller -veiledning for oppdrettere

Sten Ivar Siikavuopio, Trine Dale og Atle Mortensen





Nofima er et næringsrettet forsknings-konsern som skal øke konkurranse-kraften for matvareindustrien, herunder akvakulturnæringen, fiskerinæringen og landbruksnæringen. Konsernet omfatter tidligere Akvaforsk, Fiskeriforskning, Matforsk og Norconserv, og har ca. 430 ansatte. Virksomheten er organisert i fire forretningsområder; Marin, Mat, Ingrediens og Marked. Konsernet har hovedkontor i Tromsø og virksomhet i Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Averøy.

Hovedkontor Tromsø
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: nofima@nofima.no

Internett: www.nofima.no



Vi driver forskning, utvikling, nyskaping og kunnskapsoverføring for den nasjonale og internasjonale fiskeri- og havbruksnæringa. Kjerneområdene er avl og genetikk, fôr og ernæring, fiskehelse, bærekraftig og effektiv produksjon samt fangst, slakting og primærprosessering.

Nofima Marin
Muninbakken 9–13
Postboks 6122
NO-9291 Tromsø
Tlf.: 77 62 90 00
Faks: 77 62 91 00
E-post: marin@nofima.no

Internett: www.nofima.no

Rapport

	<i>ISBN:</i> 978-82-7251-676-4	<i>Rapportnr.:</i> 12/2009	<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Tittel:</i> Oppdrett av kråkeboller – veiledning for oppdretter	<i>Dato:</i> 1. mars 2009		
	<i>Antall sider og bilag:</i> 21		
<i>Forfatter(e):</i> Sten Ivar Siikavuopio, Trine Dale og Atle Mortensen	<i>Prosjektnr.:</i>		
<i>Oppdragsgiver:</i> Kråkebolleprosjektet i Rogaland	<i>Oppdragsgivers ref.:</i>		
<i>Tre stikkord:</i>			
Drøbak-kråkebollen, oppdrett, veiledning			
<i>Sammendrag: (maks 200 ord)</i>			
Denne rapporten er kommet i stand etter et initiativ fra Kråkebolleprosjektet i Rogaland. Kråkebolleprosjektet i Rogaland ønsket at de undertegnede forfatterne skulle skrive en populærvitenskaplig rapport som tok for seg kunnskap og eventuell mangel på kunnskap innenfor oppdrett av Drøbak-kråkebollen. Hensikten med rapporten er å gi kunnskap til nye kråkebolleoppdrettere. Rapporten gir en oversikt over generell kråkebollebiologi for så å summere opp kunnskap som er viktig innen oppdrett av kråkeboller som; temperatur, fôr, oppdrettsmiljøets effekt på vekst og overlevelse. Til slutt litt praktiske råd ved håndtering av kråkeboller i oppdrett.			
<i>English summary: (maks 100 ord)</i>			
Empty space for English summary			

Forord

Denne rapporten er kommet i stand etter et initiativ fra Kråkebolleprosjektet i Rogaland. Kråkebolleprosjektet i Rogaland ønsket en populærvitenskaplig rapport som tok for seg kunnskap og eventuell mangel på kunnskap innenfor oppdrett av Drøbak-kråkebollen. Hensikten med heftet er å gi kunnskap til nye kråkebolleoppdrettere.

Innhold

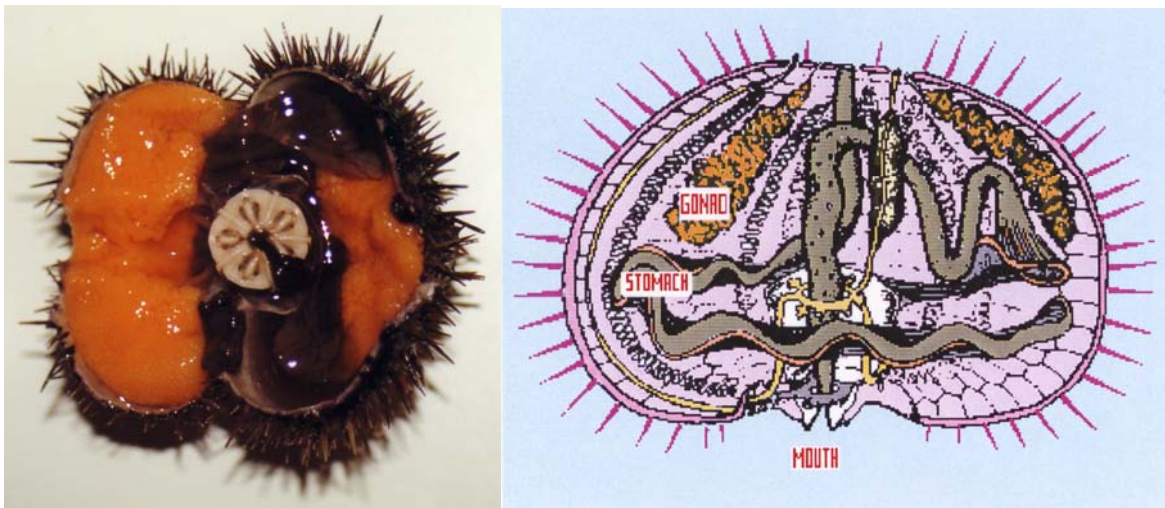
1	Innledning	2
2	Temperatur.....	5
3	Sesongvariasjoner i fôrintak.....	8
4	Fôr.....	9
5	Oppdrettsmiljø.....	11
	5.1 Vannbehovet til kråkeboller.....	11
	5.2 Effekter av vannkvalitet på overlevelse og gonadevekst	14
6	Håndtering av kråkeboller - praktiske råd.....	20

1 Innledning

Generell biologi

Kråkeboller tilhører pigghudene (Echinodermata). En fellesneveer for pigghuder er at de er marine dyr, de har femtallsymmetri og et skjelett av kalkplater. De er uten leddeling og mangler hode. Skallet på kråkebollene er dekket av hudlag. De har dermed et indre skjelett i motsetning til andre skalldyr. Inne i skallet er det et nytt hudlag. Kråkebollene har munnen nede og anus oppe på toppen av skallet. Skallet er delt i ti seksjoner hvor fem inneholder pigger og sugeføtter og fem seksjoner som ligger mellom disse og kun inneholder pigger. Disse seksjonene er videre satt sammen av plater som går i rader fra munn til anus. Rundt munnen er det en myk membran som gjør det mulig for munnen å bevege seg. Munnen består av fem kalkplater som hver inneholder selve tannen som vokser kontinuerlig gjennom hele livet. Platene er festet i små muskler og sener som gjør hele apparatet bevegelig slik at tennene kan skrape, og hele munnen kan bevege seg inn og ut eller sidelengs. På toppen av dyret er det fem plater med gonade åpninger i som ligger rundt anus. En av disse platene inneholder også madreporitt-platen. Det er en åpning til vannkanalsystemet inne i dyret. Skallet er dekket av to typer pigger de såkalte primærpiggene (lange) og de sekundære piggene (korte). Basen til piggene er konkave og er festet på kuler i skallet. Små muskler og sener gjør piggene bevegelige i dette kuleleddet og de kan også "skytes" løs hvis noe som uønsket kommer på piggen. Skallet er også dekket av pedicellaria, som er små utvekster med klo i enden. Pedicellariene brukes til forsvar og renhold av selve skallet.

Inne i munnapparatet er svelget som går over i den avlange magen som lager en fullstendig sving langs innsiden av skallet, så går den over i tarm som også gjør en fullstendig sving i motsatt retning før den går over i rektum som tømmes gjennom anus på toppen av skallet. Langs magen er det tynne rør som kalles siphon, enden åpner seg i tarmen. Ekstracellulær fordøyelse begynner i magen og blir fullført i tarmen, hvor absorpsjonen også skjer. Siphonen fjerner overflødig vann før maten når regionen med extracellulær fordøyelse.



Bilde 1a og 1b viser henholdsvis en åpent kråkebolle med synlig munnapparat, tarm og gonader. Bilde 1b, illustrerer tverrsnitt av en kråkebolle med munn (mouth), tarm (stomach) og gonade (gonad).

De fem gonadene til kråkebollen er festet langs siden av øvre delen av skallet. Videre er de fem gonadene festet i hverandre øverst i skallet og hver gonadesekk har en egen åpning på toppen av skallet. Gonadene består av kjønnsceller (egg og sperm) og næringsceller (næringsfagocytter). Drøbak-kråkebollen har en naturlig årssyklus med modning av gonader og gyting en gang i året. Gyteperioden varierer naturlig fra februar til mai avhengig av hvor du befinner deg i landet.

I tillegg til funksjonen som reproduktivt organ, fungerer gonaden hos kråkebolle også som energilagringsorgan. Histologiske undersøkelser viser at forut for gametogenesen (dannelsen av kjønnsceller) blir karbohydrater, proteiner og fett lagret i granuler av uniform størrelse og form inne i gonadens næringsceller og granulene mister sin uniforme størrelse og form gjennom gametogenesen og gonadens fasthet og tekstur endrer seg gjennom denne prosessen. Den reproduktive syklus, og dermed forholdet mellom lagringsceller (næringsfagocytter) og kjønnsceller beskrives som fire (med flere underinndelinger) stadier. I naturen kan varigheten av hvert stadium variere fra år til år, og på en gitt lokalitet kan man ved et gitt tidspunkt observere individer som befinner seg helt i slutten eller helt i starten av et stadium.

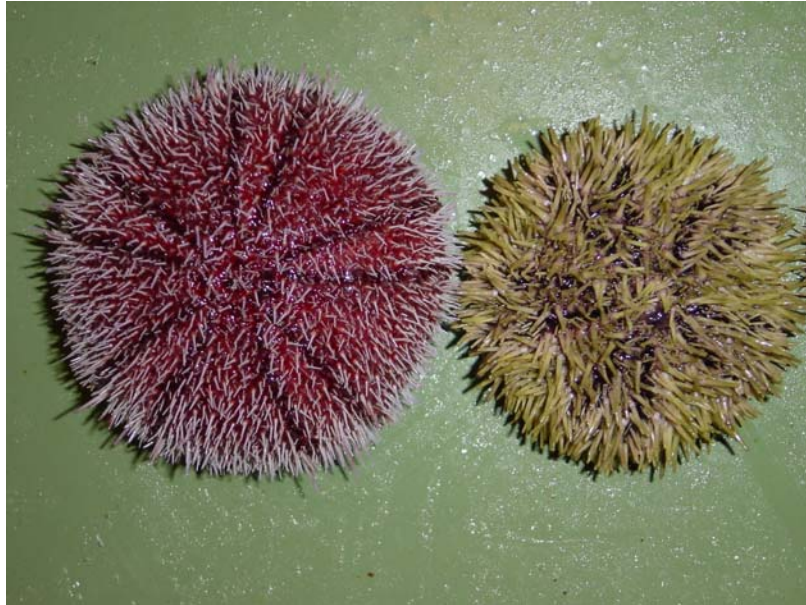
Kråkeboller har ingen sentral hjerne. De er derimot utstyrt med nervering som omslutter svelget på innsiden av tennene. De fem radiale nervene går ut og ligger langs undersiden av skallet. De eneste sanseorganene kråkeboller har er statocyster, som finnes på ambulacralplatene og er i runde harde utvekster. Statocyster orienterer om gravitasjonskreftene slik at kråkebollene vet hva som er opp og ned. Kråkebollene har videre mange sanseceller i huden særlig på piggene, pedicillariene og sugeføttene. Sansecellene er forbundet med nervene slik at sanseintrykket fører til en reaksjon hos kråkebollene. Fra forsøk kjenner man til at kråkebollene reagerer på lys og er generelt prøver å unngå sterkt lys. De reagerer også på lukt og på kjemiske stimuli fra hver andre.

Kroppsvæsken (coelomvæske) er, sammen med vannkanal systemet, hovedsirkulasjonsmediet. Kroppsvæsken inneholder ulike celletyper som har ulike funksjoner. Noen brukes til transport av næringsstoffer og avfallsstoffer mens andre er immunologiske forsvarsmekanismer.

Gassutvekslingen til kråkeboller foregår over hele kroppsoverflaten, men det meste skjer over sugeføttene. Rundt munn er det spesielle sugeføtter som brukes til dette og som fungerer nærmest som gjeller. Ekskresjon av avfallsstoffer skjer over de samme overflatene. Vannkanal systemet har en åpning på madreporittplatene på toppen av dyret. De små åpningene er dekket av flimmerhår. Den retningen flimmerhårene slår bestemmer om vannet strømmer inn eller ut av åpningen. Fra åpningen går det en kalsifisert kanal ned til tennene som ring kanalen ligger like over. Fem radiale kanaler går ut herfra og langs innsiden av ambulacralplatene. Kanalene forbindes med sugeføttene, og det er væskebevegelser i vannkanalene som gjør at sugeføttene kan strekke seg ut og trekker seg sammen igjen.

Utbredelse

I det norske farvann finnes fire forskjellige arter av kråkeboller. Den lille grønne, Drøbak-kråkebolle (*Strongylocentrotus droebachiensis*), finnes i høyeste tetthet og er den norske kråkebollearten som har størst kommersiell verdi. Det er også den grønne kråkebollen som primært har stått for nedbeiting av tareskogen langs kysten vår fra midt Norge til Finnmark. Drøbak-kråkebollen er utbredt i store deler av den nordlige halvkule, det vil si at den finnes i nordlige strøk både i Atlanterhavet og Stillehavet. Den er å regne som en kaldtvannsart.



Bilde 2 Viser bilde av de to mest vanlige kråkebollene vi har i langs kysten av Norge (til venstre rød kråkebolle (Echinus esculentus) og til høyre Drøbak-kråkebolle (Strongylocentrotus droebachiensis)).

Kråkebollerogn (gonade¹) (bilde 1) er et ettertraktet sjømatprodukt, og gitt riktig kvalitet et av verdens best betalte sjømatprodukter. Det er derfor utstrakte fiskerier på kråkeboller flere steder i verden. I 1995 ble det på verdensbasis høstet omkring 120.000 tonn kråkeboller. De største fangstene ble levert til Chile (ca 55.000 tonn), med USA og Japan på de neste plassene. På grunn av overfiske har fangstene på verdensbasis gått nedover siden toppåret 1995 til å ligge på ca. 50 000 tonn i 2005. Nedgangen i fangstene i de tradisjonelle fangstlandene stiller i så måte Norge i en gunstig posisjon som mulig produsentnasjon. Reduksjonen i mengden kråkebollerogn tilgjengelig for markedet har ført til en interesse for oppdrett av kråkeboller mange steder i verden. Både nasjonalt og internasjonalt jobbes det parallelt med to tilnærminger til kråkebolleoppdrett; den ene innebærer oppfôring av voksne villfangede individer, den andre er oppdrett i klassisk forstand, og involverer hele dyrets livssyklus.

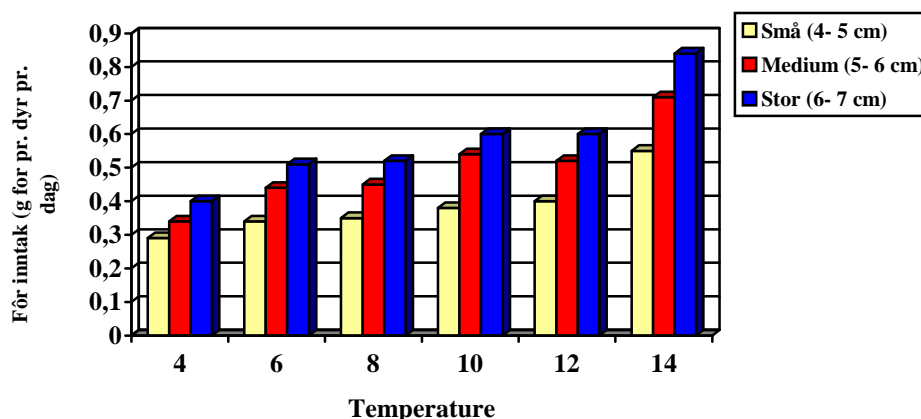
For å kunne drive med oppdrett av kråkeboller er det en rekke faktorer som må være på plass. I de neste avsnittene vil det bli lagt vekt på noen av de faktorene som påvirker vekst og overlevelse hos kråkeboller i oppdrett.

2 Temperatur

Effekt av temperatur på vekst og fôrinntak.

I naturen kan man finne den grønne kråkebolle i temperaturer fra -1 °C til +20 °C.

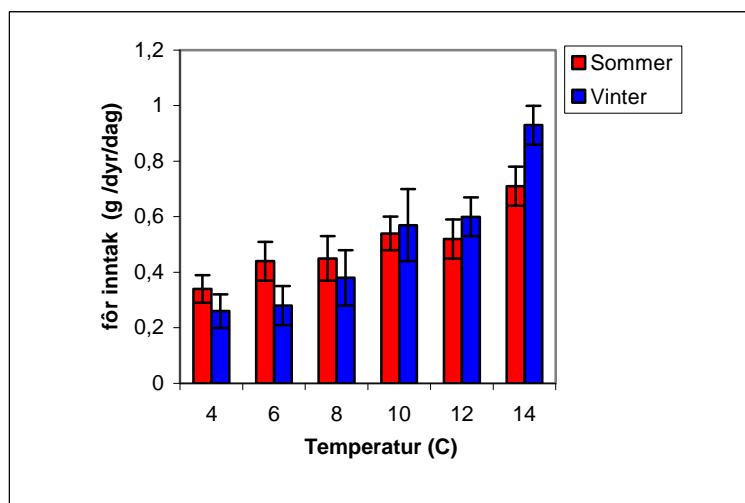
I dag regnes 22 °C så den høyeste temperatur som Drøbak-kråkebolle klarer å overleve på. Temperaturen er den viktigste vekstregulerende miljøfaktor for alle vekselvarme dyr, herunder også kråkebolle. Generelt vil biokjemiske prosesser øke med en faktor på omkring 2 ved en økning i temperaturen på 10 °C opp til en viss øvre grense. På samme måte vil gonadeveksten hos kråkebolle øke ved økende temperatur opp til et temperaturoptimum, hvoretter veksten faller ved ytterligere økning i temperaturen. For å finne ut hvilken temperatur som er mest mulig optimal for vekst og fôrutnyttelse hos kråkebolle ble det satt opp et forsøk med forskjellige temperaturregimer. I forsøket ble tre størrelsesgrupper fôret opp under 6 forskjellige konstante temperaturregimer (4, 6, 8, 10, 12 og 14 °C) i en periode på to måneder (Figur 1).



Figur 1 Gjennomsnittlig fôrinntak (gram fôr våtvekt per kråkebolle per dag) hos tre størrelsesgrupper av kråkebolle ved forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 og 14 °C).

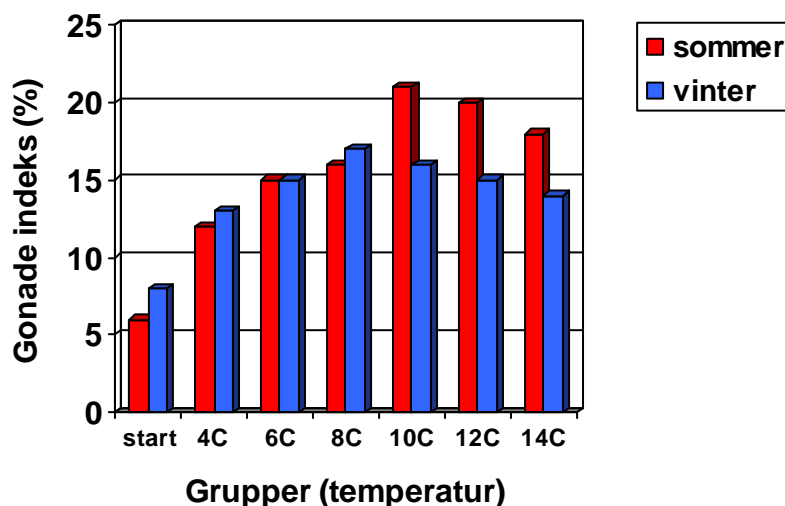
Dette forsøket viser at temperaturøkning fra 4 til 14 °C fører til en dobling i fôrinntaket hos samtlige størrelsesgrupper av kråkebolle.

Videre er det også undersøkt hvorvidt dette forholdet mellom fôrinntak og temperatur er det samme gjennom sesongen. Figur 2 viser fôrinntak til kråkebolle (5 til 6 cm) holdt ved forskjellige temperaturer og sesong.



Figur 2 Gjennomsnittlig fôrinntak (gram fôr våtvekt per kråkebolle per dag) under sommer og vinter forhold ved forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 og 14 °C).

Som det fremgår av figur 2 øker fôrinntaket i takt med temperaturen også under vinterforhold. Men som figur 3 viser gir dette ingen positiv effekt på gonadeveksten som blir sterkt redusert ved høye temperaturer på vinteren. Den høyeste gonadeindeks ble funnet hos kråkebolle som var holdt på 10 og 12 °C om sommeren mot 8 °C under vinteren. Hos samtlige grupper er det en tendens til reduksjon i gonadevekst ved de høyeste temperaturene (12 og 14 °C). Det er også en tendens til at den minste størrelsesgruppen av kråkebolle (4 til 5 cm) har et høyere temperaturoptimum sammenliknet med de store kråkebollene (6 til 7 cm).



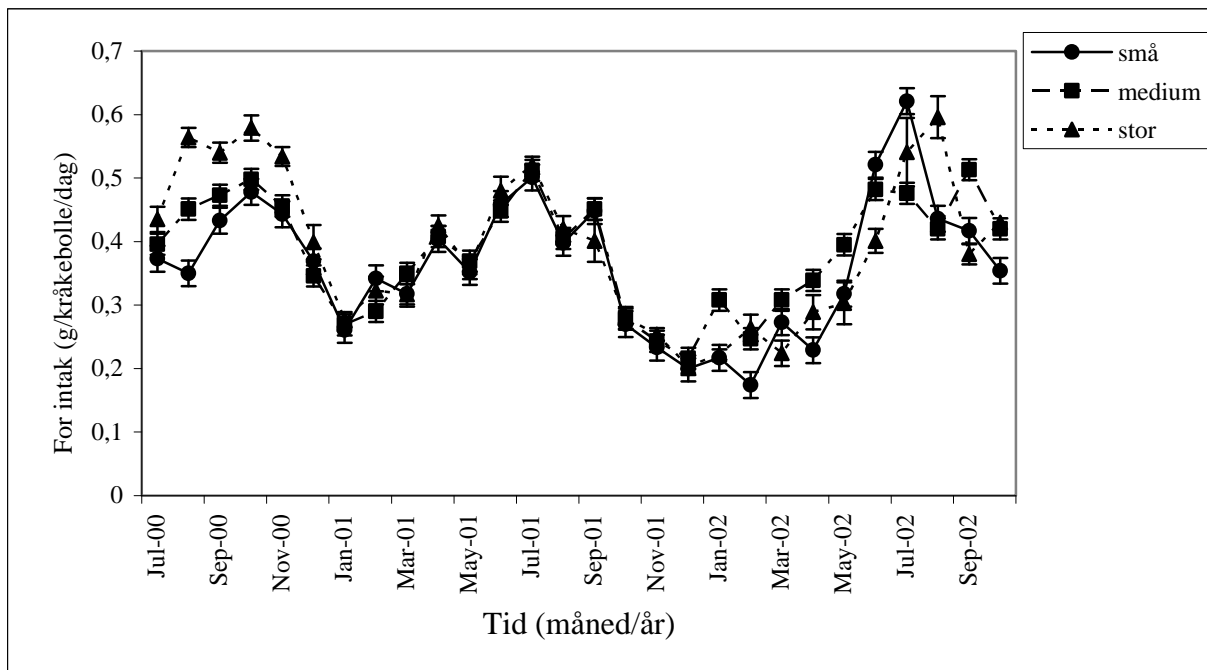
Figur 3 Gonade indeks ved forsøksslutt (60 dager) under sommer og vinter forhold ved forskjellige temperaturer (4, 6, 8, 10, 12 and 14 °C).

En sammenlikning av fôrutnyttelse hos ulike størrelser av kråkeboller (dvs. hvor mange gram fôr trenges for å produsere ett gram rogn) ble også gjort. Det ble ikke funnet forskjeller i fôrutnyttelse mellom de forskjellige størrelsesgruppene innenfor samme temperaturområde. Derimot reduseres fôrutnyttelsen ved den høyeste temperaturen (14 °C) på sommeren. Denne trenden forsterkes ut over sesongen ved at kråkeboller etter hvert også utnytter fôret sitt dårligere ved 10 °C sammenlignet med 8 °C eller kaldere.

For å oppsummere litt av resultatene, så har temperaturer over 8 °C ingen positiv effekt på gonadevekst om vinteren. På sommeren begynte nedgangen i gonadevekst først å gjøre seg gjeldende ved 12 °C. Ut i fra disse resultatene er det lite hensiktsmessig å øke temperaturen over 8 °C om vinteren, mens det om sommeren bør benyttes en høyere temperatur for å oppnå optimal gonadevekst. Tilsvarende resultat er funnet på skallvekst hos juvenile Drøbak-kråkeboller (under 2 cm), hvor det anbefales en temperatur mellom 10 til 13 °C for å optimalisere skallvekst. Fra litteraturen er det også kjent at deformiteter og høy dødelighet oppstår hos nyklekkede larver av Drøbak-kråkebollen hvis temperaturen kommer over 10 °C.

3 Sesongvariasjoner i fôrintak

Fôr er en kostnad, og for en oppdretter er det viktig å kartlegge dyrets spisemønster gjennom de forskjellige årstider. En rekke forsøk har vist at kaldtvannsarter, både på den nordlige og sørlige halvkule, har sesongvariasjoner i vekst og fôrintak. Slike sesongvariasjoner i fôrintak er også vist hos kråkeboller (Figur 4). Som vi ser av figuren så halveres fôrintaket på vinteren sammenliknet med sommersituasjonen hos kråkeboller holdt under konstant temperatur. Noe som for en oppdretter betyr at utfôringen må reduseres tilsvarende på vinteren. I dag finnes det ingen kunnskap på om man har en sesongvariasjon i fôrintak hos juvenile Drøbak-kråkeboller.



Figur 4 Viser fôrintak til tre størrelsesgrupper (små= 3 cm, medium= 3,5 cm og stor= 4,5 cm) av kråkebolle gjennom to år holdt under konstant temperatur og simulert naturlig lys.

Videre så tyder en rekke forsøk på at kråkebollenes fôrintak er dårlig regulert i forhold til hva dyrene har behov for å kunne vokse optimal. Dette kan sannsynligvis knyttes til dyrets manglende hjerne og dermed manglende evne til å regulere appetitten. Vi tror derfor at det er et stort potensial knyttet til optimalisering av fôringstrategi for å spare fôrkostnadene uten at det vil gå utover veksten til dyret.

4 Fôr

Den største FoU-innsatsen på fôr, både nasjonalt og internasjonalt, har så langt vært rettet mot å fremme rognvekst. Ved oppfôring av villfangede individer er dette det eneste man trenger, da disse individene på fangsttidspunktet allerede har en ønsket skallstørrelse. I tradisjonelt oppdrett vil behovet for et fôr som fremmer skallvekst være viktig gjennom store deler tilvekstfasen, mens et fôr som fremmer gonadevekst hovedsakelig vil være viktig i den siste delen av tilvekstfasen hvor individene har oppnådd ønsket skallstørrelse. I den vitenskapelige litteraturen er det i de senere år publisert en rekke oppskrifter på formulerte fôr. Et av disse er norsk, utviklet ved tidligere Fiskeriforskning (nå Nofima Marin). På grunn av at kråkebolleoppdrett fremdeles er i sin spede begynnelse er det imidlertid kun et fåtall av de publiserte fôrene som per i dag produseres kommersielt.

Mange av de fôrformulærer som er publisert i vitenskapelig litteratur gir tilfredsstillende gonadevekst, med en 50-100% økning i gonadens størrelse over en periode på to måneder. Rognas størrelse er imidlertid bare et av flere viktige kvalitetskriterier. Skal god pris oppnås må også farge, smak og konsistens være tilfredsstillende. Målestokken for god kvalitet har frem til nå vært ville kråkeboller. Gonaden skal ha en frisk gul/orange farge, smaken skal være av frisk sjø med en anelse søthet, og konsistensen skal være fast. Tørrfôret som er utviklet ved Nofima Marin har i gjentatte forsøk vist seg å produsere gonader som i liten grad avviker fra gonadene til ville kråkeboller.

Rogn fra oppfôrede kråkeboller har i flere studier (gjort med ulike fôr) vist seg å smake mer bittert og/eller mindre søtt enn rogn fra ville kråkeboller. I de siste årene har det derfor vært arbeidet mye med å forstå hvilke biokjemiske komponenter som er avgjørende for smaken i kråkebolleroggen, og hvordan disse komponentene påvirkes av diett. Så langt ser det ut til at graden av bittersmak (og søtsmak) kan ha sammenheng med mengden av spesielle frie aminosyrer i gonaden. Mengden av disse frie aminosyrene ser igjen ut til å påvirkes av forholdet mellom proteiner og karbohydrater i fôret, men sammenhengene er fremdeles ikke helt klarlagt. Denne nye kunnskapen er nå innarbeidet i siste generasjons tørrfôr ved Nofima Marin, og dette har gitt svært lovende resultater på rognkvaliteten. Dette fôret vil være kommersielt tilgjengelig inne relativt kort tid (bilde 3).

Rogn fra oppfôrede kråkeboller har også i flere studier vist seg å avvike noe fra ville kråkeboller når det gjelder konsistens, hvor rogn fra ville kråkeboller ofte viser seg fastere. Fast konsistens er viktig fordi det er det de best betalende markedene etterspør. En fast konsistens er videre viktig fordi det gir mindre svinn i produksjonen og gjør at rognen tåler bedre håndtering og transport. Ville kråkeboller høstes i den delen av året hvor rognen er naturlig er på sitt fasteste, nemlig når næringscellene er på sitt største og i høyest antall. Frem mot gytetiden øker andelen kjønnceller og rognen blir bløtere. Bløt rogn er derfor naturlig deler av året i ville populasjoner. Når vi sammenlikner oppfôret kråkebolle med vill på samme tidspunkt av året er det likevel forskjeller som indikerer at det er en effekt av diett som kommer på toppen av naturlig sesongvariasjon. Vi ønsker å kunne produsere faste kråkeboller mer eller mindre hele året, og det er for tiden betydelig fokus på å forstå hvordan diett og reproduksjonssyklus påvirker hverandre.



Bilde 3 Viser det forskjellige varianter av nytviklede fôret til kråkeboller utviklet av Nofima Marin

Det jobbes parallelt med utvikling av fôr til juvenile kråkeboller. Her ønsker vi å utvikle et fôr som skal sikre høyest mulig overlevelse og best mulig vekst. De nøyaktige ernæringsmessige kravene hos juvenile Drøbak-kråkeboller er ukjent, men den begrensede kunnskap som finnes indikerer at dietten for juvenile kråkeboller bør inneholde over 20 % protein (animalsk eller vegetabilsk), ha lav konsentrasjon av lipider, men likevel med tilstrekkelig innhold av n-3 og/eller n-6 essensielle fettsyrer, en karbohydratkilde, samt vitaminer, mineraler og pigmenter. Videre har flere tidligere studier antydnet at tare er en nøkkelingrediens for god skallvekst, uten å ha identifisert hvilken ernæringsmessig komponent i tare som er viktig. Det er i dag et stort kunnskapshull rundt forståelsen av skallvekst. Det er nylig vist at kråkebollen vokser ved at kollagenet i filamentene mellom kalkplatene i skallet blir elastisk og strekker seg. Et relativt høyt nivå av aminosyrer som er hovedsubstans i oppbygningen av kollagen, kan derfor se ut til å være viktig i forhold til skallvekst. Tilførsel av kalsium i fôr ser ikke ut til å ha noen hensikt da kråkeboller med stor sannsynlighet ikke kan nyttegjøre seg kalsiumet i fôr, men tar det opp direkte fra sjøvannet.

Veksten hos juvenil kråkebolle (1 gram til 15 gram) som holdes under konstant temperatur er tilnærmet lineær, med en gjennomsnittlig veksthastighet på ca, 2 mm per måned. Ved oppdrett av kråkeboller vil man finne stor individvariasjon i veksthastighet. Vi har i dag ikke gode mål på hvor stor del av vekstvariasjon som skyldes arv og hvor stor del som skyldes oppdrettsmiljø. Videre så er det mye som tyder på at fôring etter appetitt ikke er en optimal fôringsstrategi ved fôring av juvenile kråkeboller. Det jobbes med nye fôringsregimer, hvor målet er å redusere utfôret mengde til et nivå som opprettholder maksimal tilvekst, og minimerer fôrspill. Det skal også her nevnes at overfôring har en negativ innvirking på vannkvaliteten, som igjen kan påvirke dyrets tilvekst. Dette vil bli omtalt i neste kapittel.

5 Oppdrettsmiljø

Kråkebollenes fysiologi

Sammenliknet med fisk og andre organismer vi holder i oppdrett er kråkeboller svært primitive organismer. Som tidligere beskrevet har kråkeboller et skall med pigger, sugeføtter og pedicellariar. De indre organene består av fordøyelsessystemet og de fem gonadene, samt et primitivt nervesystem og vannkanalsystemet som benyttes til å bevege sugeføttene. Kråkeboller mangler med andre ord organer som hjerne, hjerte, gjeller, lever, nyre og milt. De har heller ikke noe sirkulasjonssystem med blod og blodårer slik vi kjenner det fra høyere dyr. På grunn av at kråkebollene mangler alle disse organene og organsystemene kan de heller ikke regulere sitt indre miljø på samme måte som for eksempel fisk. De indre organene hos kråkebolle ligger badet i en kroppsvæske (coelomvæske) som har nesten samme kjemiske sammensetning som det vannet kråkebollene lever i. Den kjemiske sammensetningen til kroppsvæsken vil også endres i takt med endringer i det omkringliggende vannet. På fagspråket sier vi at kråkeboller er konformere, hvilket betyr at det indre miljøet retter seg etter det ytre, i motsetning til for eksempel fisk som klarer å holde et relativt konstant indre miljø på tross av endringer i det ytre (fisk er regulatorer). Et eksempel er laksefisk som kan bevege seg fra sjøvann til ferskvann uten at saltinnholdet i kroppsvæskene endres.

Det at kråkebollene i liten grad kan regulere sitt indre miljø i takt med endringer i vannmiljøet gjør at de blir svært følsomme for endringer i det ytre miljøet. De er med andre ord langt mer prisgitt det miljøet de lever i enn de fleste andre dyr. Av den grunn er de også svært konservative når det gjelder valg av oppholdssted. Som vi skal komme tilbake til er de mer følsomme for variasjon i oksygeninnhold og salinitet enn fisk, og siden de mangler effektive ekskresjonssystemer er de også svært følsomme for opphopning av avfallsstoffer. I naturen finner vi derfor kråkeboller på steder med god vannutskifting, god oksygentilgang og stabil salinitet. Det vil si på steder med god tilgang på friskt oceanisk vann.

5.1 Vannbehovet til kråkeboller

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

Tilførsel av oksygen

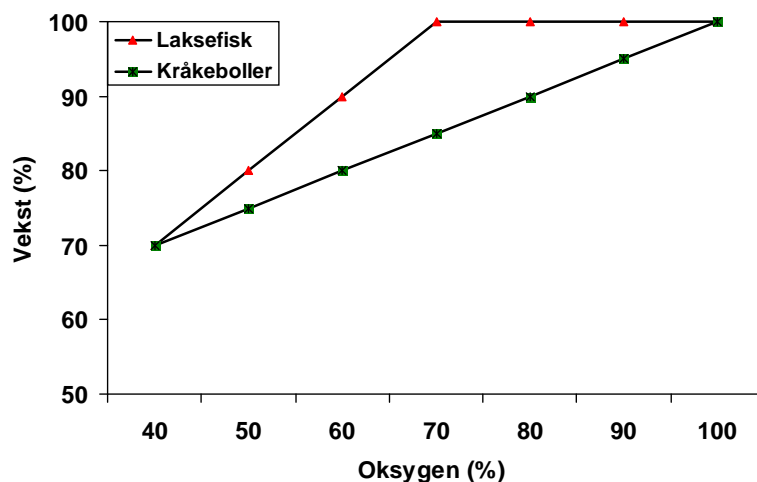
Fortynning og fjerning av avfallsstoffer

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 oksygeninnholdet er lavere i sjøvann enn i ferskvann ved en gitt metning.

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 inneholder når det står i likevekt med luft med 1 atmosfæres trykk (100 % metning) ved en gitt temperatur og saltholdighet. Oksygenkonsentrasjon angir derimot det reelle (absolutte) oksygeninnhold i mg eller ml per liter vann.

Tilgjengelig vannmengde er grunnleggende i planlegging og drift av landbaserte oppdrettsanlegg. I dag finnes det lite systematiske undersøkelser av vannbehovet til kråkeboller. Hvis et anleggs produksjonskapasitet overvurderes i forhold til den vannmengden som er tilgjengelig kan det få alvorlige økonomiske konsekvenser for oppdretteren. Vanntilførselen til et landbasert oppdrettsanlegg må dekke kråkebollens oksygenbehov for opprettholdelse av grunnleggende stoffskifteprosesser og generell aktivitet (rutinestoffskifte), pluss tilføre tilstrekkelig oksygen utover det som benyttes til rutinestoffskiftet for å oppnå maksimal vekst.

Man har i en rekke forsøk målt det spesifikke oksygenforbruket hos kråkebolle (det spesifikke oksygenforbruket er oksygenforbruket per kg dyr per tidsenhet). Videre er det gjennomført forsøk hvor man har forsøkt å bestemme minimumskonsentrasjon av oksygen som må til for å opprettholde høy gonadevekst og lav dødelighet. I disse forsøkene ble det funnet negativ effekt på gonadevekst ved både 40 % og 60 % oksygenmetning. I utgangspunktet var det ikke forventet en reduksjon i gonadevekst ved 60 % metning. Det ble derfor ikke satt opp grupper mellom 60 og 100 % metning i dette forsøket. Vi er dermed ikke sikker på hvilken grenseverdi (% metning) som gjelder for kråkebolle med tanke på optimal vekst, eller om det i det hele tatt finnes en slik grense. Resultatene tyder nemlig på at det er en lineær sammenheng mellom gonadevekst og oksygenmetning fra 40 til 100 % metning, og at det ikke eksisterer noen terskelverdi for minimumskonsentrasjon av oksygen for å opprettholde høy veksthastighet hos Drøbak-kråkebolle. Her skiller i så tilfelle kråkeboller seg fra fisk hvor en slik terskel er svært vanlig. Fra lakseoppdrett vet vi at 70 % oksygenmetning er tilstrekkelig for å oppnå maksimal vekst, og at veksten ikke vil øke dersom en øker oksygenmetningen utover 70 %. Forskjellen mellom kråkebolle og fisk er illustrert i figur 5.



Figur 5 Effekten av oksygenmetning på vekst hos laksefisk og gonadevekst hos kråkeboller.

Forklaringen på denne forskjellen ligger i at fisk, i motsetning til kråkeboller, har et sirkulasjonssystem med blod. Blodet inneholder et protein (hemoglobin) som kan binde til seg oksygen og dermed gjøre oksygentransporten svært effektiv. Ved 70 % oksygenmetning er hemoglobinet hos laksefisk fullmettet med oksygen og kapasiteten for oksygentransport øker derfor ikke ved å øke oksygenmetningen ut over dette nivået. Hos kråkeboller, som ikke har hemoglobin eller andre oksygenbindende proteiner i kroppsvæsken, vil derimot kroppsvæskens oksygeninnhold øke med oksygenmetningen helt opp til 100 %. I den grad

oksygentilgjengelighet er begrensende faktor for vekst vil derfor også veksten øke med oksygenmetningen opp til 100 %. Et interessant spørsmål har vært om det er mulig å øke veksten hos kråkebolle utover det normale ved å overmette vannet med oksygen. Svaret ser ut til å være nei.

På grunn av de forholdene som er nevnt ovenfor er det problematisk å gi eksakte tilrådninger for nødvendig vanntilførsel til kråkebolleoppdrett basert på oksygenforbruk og minimumsmetning. Hvis vi likevel antar at vi kan tillate oksygenmetningen i et kar med kråkebolle å synke til 95 % uten at dette får for store negative virkninger på veksten, så er det mulig å gjøre beregninger basert på de målingene av oksygenforbruk som tidligere er foretatt.

Tabell 1 Spesifikt vannbehovet (antall liter per kg kråkebolle per min) hos sultende og spisende kråkebolle ved forskjellig størrelse og temperatur. Det er forutsatt 95 % oksygenmetning i karet og 100 % metning i inntaksvannet.

Kråkebolle størrelse (cm)		4 °C	6 °C	8 °C	10 °C	12 °C	14 °C
(gjennomsnittsvikt i gram)							
4-5 cm (40 gram)	Sult	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
4-5 cm (40 gram)	Fôr	0,4	0,5	0,5	0,9	1,0	1,0
5-6 cm (65 gram)	Sult	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
5-6 cm (65 gram)	Fôr	0,4	0,4	0,4	0,7	0,7	0,7
6-7 cm (100 gram)	Sult	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
6-7 cm (100 gram)	Fôr	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5

Som det fremgår av tabellen har små kråkebolle et større vannbehov per kg dyr enn større kråkebolle. Tabellen omfatter bare kråkebolle fra 40 til 100 gram. Vi har lite informasjon om oksygen- og vannbehov hos mindre kråkebolle, men antar at behovet øker ganske sterkt med synkende størrelse. Vi ser også at vannbehovet øker med økende temperatur (grovt regnet en fordobling ved en økning på 10 °C). Det framgår også av tabellen at kråkebolle som fôres har et langt større behov for vann (oksygen) enn kråkebolle som sulter.

Det er viktig å være klar over at tabellen ovenfor baseres på sammenhengen mellom oksygenmetning og vekst, og ikke har noe å gjøre med toleransegrenser for oksygen. I andre sammenhenger er det vist at kråkebolle kan tolerere ganske lave oksygenkonsentrasjoner før det resulterer i dødelighet, men da har kråkebollene for lengst sluttet å vokse. Det er også viktig at tabellen indikerer vannbehovet kun i det tilfellet at oksygen ikke tilføres på annen måte enn gjennom fullmettet inntaksvann. Dersom det for eksempel bobles inn luft i karet, eller tilsettes oksygen i inntaksvannet, vil vannbehovet reduseres. Kråkebolleoppdretteren må alltid kontrollere oksygenmetningen i kråkebollekarene, og det blir spesielt viktig i tilfeller der oksygen blir tilført ved innblåsing av luft eller tilsetting av rent oksygen. I slike tilfeller gjelder ikke vannbehovstabellen.

Vannbehovet går kraftig ned dersom oppdretteren aksepterer en lavere vekst og tillater oksygenmetningen i oppdrettskaret å synke til verdier under 95 %. Ved 90 % metning vil vannbehovet være halvparten av det som er antydnet i tabellen, og ved 80 % metning kun en fjerdedel av det tabellen tilsier.

Redusert vanntilførsel medfører imidlertid økt akkumulering av avfallsstoffer i vannet. Effekten av dette ble belyst i et forsøk der 5 kar med kråkebolle ble seriekoblet slik at avløpsvannet fra det første karet rant inn i det neste osv. Det medførte at karene nedover i rekka inneholdt stadig mindre oksygen (fra 100 % til 60 %), 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 indikerer at også akkumulering av avfallsstoffer bør være dimensjonerende kriterium for kråkebollenes vedkommende. På bakgrunn av disse resultatene ble det satt i gang en omfattende undersøkelse av hvilken effekt vannkvalitet har på vekst og overlevelse.

5.2 Effekter av vannkvalitet på overlevelse og gonadevekst

Samtidig som kråkebollene forbruker oksygen fra vannet i karet produserer de også avfallsprodukter. Viktigst er (karbondioksid) fra energistoffskiftet og NH_3 (ammoniakk) fra nedbrytningen av protein. Under forhold der karet med kråkeboller ikke tilføres oksygen utover det som kommer med inntaksvannet (og det ikke er overmettet med oksygen) er det oksygenmangel som vil være begrensende faktor for vekst (ved siden av fôr selvfølgelig). Men dersom en tilfører ekstra oksygen for å redusere vannforbruket, eller tar i bruk resirkulering av vann, kan opphopning av avfallsstoffer bli et problem.

Vannkvalitetskrav til kråkeboller i oppdrett er generelt svært lite studert. Når det gjelder Drøbak-kråkeboller kjenner vi knapt til noen slike undersøkelser utenom de som er gjort i regi av Nofima Marin. Disse forsøkene har hatt som målsetningen å kartlegge Drøbak-kråkebollens krav til vannkvalitet i landbasert oppdrett med fokus på effekten av akkumulerte avfallsstoffer (CO_2 , NH_3 , NO_2^-).

Karbondioksid (CO_2)

CO_2 er avfallsproduktet ved aerob forbrenning av næringsstoffer i energistoffskiftet. Det er en nøye sammenheng mellom oksygenforbruk og mengden produsert CO_2 . Forholdet mellom CO_2 produksjonen og oksygenforbruket varierer litt avhengig av om det forbrennes karbohydrater, fett eller protein, men grovt sett kan vi regne med at det produseres ett gram CO_2 for hvert gram oksygen som forbrukes. Ved reduksjon av vanntilførselen til et kråkebollekar vil veksten først påvirkes av lavt oksygenmetning. Dersom denne faktoren fjernes ved tilførsel av ekstra oksygen, så vil opphopning av CO_2 være den neste vekstbegrensende faktoren som inntreffer. Dette gjelder også for fisk, men mekanismene som ligger bak kan være forskjellige.

Hos fisk vil CO_2 redusere hemoglobinetts evne til å transportere oksygen, og derigjennom virke negativt på vekst. Denne effekten gjør seg ikke gjeldende for kråkeboller som mangler hemoglobin. Derimot tror vi at et forhøyet CO_2 nivå i vannet kan virke negativt på skalldannelsen hos kråkeboller på grunn av at CO_2 virker som en svak syre og bidrar til å senke pH i vannet. Kråkebolleskall består i stor grad av kalsiumkarbonat, og vi vet at lav pH virker hemmende på kalsifiseringsprosesser. Forsøk vi har gjennomført viser også at relativt små mengder av CO_2 gir en kraftig reduksjon i gonadeveksten hos kråkebolle, uten at vi helt kan forklare hvorfor. I dette forsøket fant vi at en forhøyning av CO_2 -konsentrasjonen fra 1,1 til 18 mg/l førte til en nesten halvering av gonadevekst og en reduksjon av fôrintaket med ca 20 %, men ingen forøket dødelighet. Reduksjonen i gonadevekst er høyere enn den vekstreduksjonen en har sett hos fisk ved tilsvarende CO_2 -konsentrasjoner og indikerer at kråkeboller er svært følsomme for forhøyet CO_2 -nivå. Men vi kjenner ikke til mer nøyaktige toleransegrenser for CO_2 og kan derfor ikke komme med noen anbefalte verdier.

Ammoniakk og nitritt

Ammoniakk (NH_3) og nitritt (NO_2^-) er begge giftige for akvatiske organismer. I gjennomstrømningsanlegg er opphopning av ammoniakk og nitritt vanligvis ikke noe problem. I resirkuleringsanlegg kan imidlertid disse forbindelsene akkumuleres til nivå der de skaper problemer.

Ammoniakk er det primære avfallsproduktet fra proteinnedbrytning. I resirkuleringsanlegg benyttes biofilter til å omdanne giftig ammoniakk til ugiftig nitrat (NO_3^-), med nitritt som et mellomprodukt:

Ammoniakk (giftig) \rightarrow nitritt (giftig) \rightarrow nitrat (ugiftig)

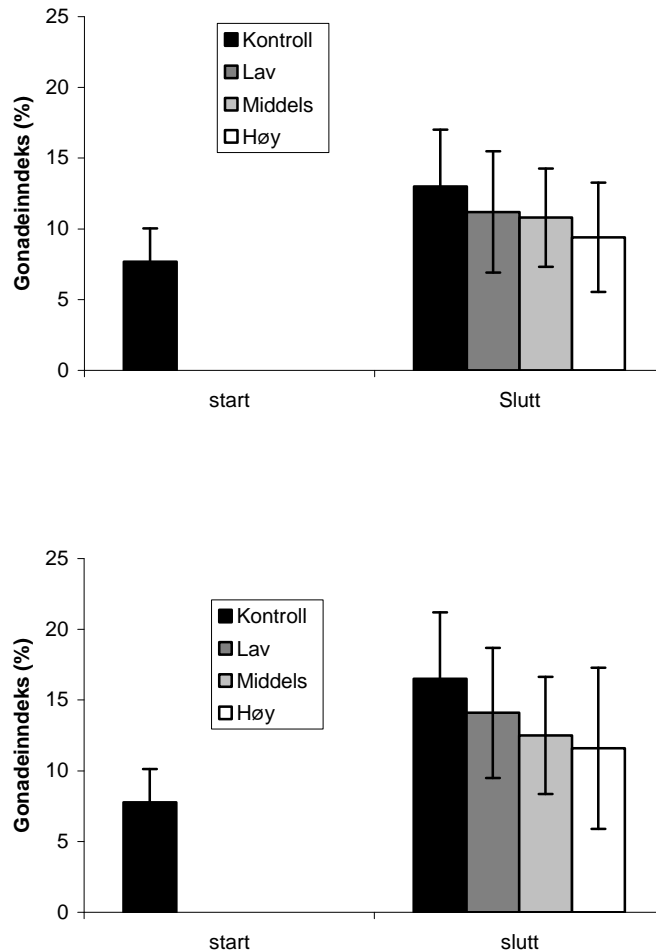
Resultatene fra et forsøk for å avdekke effektene av forhøyet ammoniakk er presentert i tabell 2.

Tabell 2 Effekt av forhøyet konsentrasjon av ammoniakk på gonadevekst, fôrintak og dødelighet hos Drøbak-kråkebolle.

Konsentrasjon	mg/l	Gonadevekst %	Fôrintak g/dyr.dag	Dødelighet %
Kontroll	0,0001	144	0,64	8
	0,016	122	0,61	12
	0,032	122	0,59	44
	0,064	97	0,59	76

Gonadeveksten gikk ned med økende konsentrasjon av ammoniakk. Allerede ved en konsentrasjon på 0,016 mg NH_3/l ble gonadeveksten redusert sammenliknet med kontrollgruppen. Dødeligheten økte også med økende konsentrasjon av NH_3 , og ved den høyeste konsentrasjonen var kun 24 % av individene i live ved forsøkslutt. Derimot viste forsøket at fôrintaket var relativt upåvirket av ammoniakkkonsentrasjonen.

Resultatene fra to tilsvarende forsøk med forhøyet nitritt, gjennomført i regi av Nofima Marin, er presentert i figur 7. Til sammen ble effekten av fem forskjellige konsentrasjoner av nitritt testet: Forsøk 1 [0 (kontroll), 0,5 (lav), 1 (middels), 2 (høy) mg $\text{N-NO}_2^-/\text{l}$] og Forsøk 2 [0 (kontroll), 2 (lav), 5 (middels), 10 (høy) mg $\text{N-NO}_2^-/\text{l}$]. Forsøk 1 varte i 21 dager og forsøk 2 varte i 42 dager. Det ble kun observert dødelighet ved den høyeste konsentrasjonen. Det ble imidlertid allerede ved svært lave konsentrasjoner (0,5 $\text{N-NO}_2^-/\text{l}$) observert en reduksjon i gonadeveksten sammenliknet med kontroll (Fig 7 øverste panel). Det ble ikke registrert noen reduksjon i fôrintak ved økningen i nitrittkonsentrasjon.



Figur 7 Gonadeindeks hos *Strongylocentrotus droebachiensis* oppfôret ved ulike nivå av NO_2^- . Øverste panel viser forsøk 1. [Kontroll (0 mg/l), Lav (0.5 mg/l), Middels (1 mg/l), og Høy (2 mg/l)]. Nederste panel viser forsøk 2. Kontroll [(0 mg/l), Lav (2 mg/l), Middels (5 mg/l), og Høy (10 mg/l)].

Resultatene fra forsøkene viser at kråkeboller er svært følsomme for forhøyet ammoniakk, og at både overlevelse og gonadevekst påvirkes negativt med økende konsentrasjon. Gonadeveksten ble redusert ved relativt lave konsentrasjoner av nitritt, mens dødelighet bare ble observert ved den høyeste konsentrasjonen. Felles for effektene av CO_2 , NH_3 og NO_2^- er at fôrinntaket i liten grad påvirkes, mens gonadeveksten blir sterkt redusert selv ved moderat forhøyede nivåer. Det betyr at fôrutnyttelsen også blir sterkt redusert ved forhøyede nivåer av disse stoffene. Det tilsier at appetitt er fullstendig uegnet som kriterium for å vurdere velbefinnendet til kråkeboller. Det er svært forskjellig fra fisk, der redusert appetitt er et tydelig signal om at forholdene er suboptimale eller at fisken ikke er frisk.

Salinitet

Pigghuder har svært begrenset evne til å regulere saltinnholdet i kroppsvæsken, og det er den eneste større klasse av dyr som ikke har representanter i ferskvann. Så langt vi kjenner til er det ikke gjort forsøk på å kartlegge akseptable grenser for salinitet hos Drøbak-kråkebolle under oppdrettsbetingelser. Men vi vet at det lar seg gjøre å akklimere store Drøbak-kråkeboller til 25 ‰. Vi vet også at toleransen for korttidseksponering til lav salinitet er større hos store kråkeboller enn hos små. Det henger trolig sammen med at store kråkeboller har et gunstigere forhold mellom overflateareal og kroppsvolum enn små kråkeboller. Eksakte anbefalinger for salinitet er umulig å gi basert på dagens kunnskapsnivå. Vi anbefaler likevel å kun benytte sjøvann av full salinitet (33 – 35 ‰) til oppdrett av kråkeboller, og vil være skeptisk til forsøk på å oppdrette kråkeboller på en salinitet under 30 ‰.

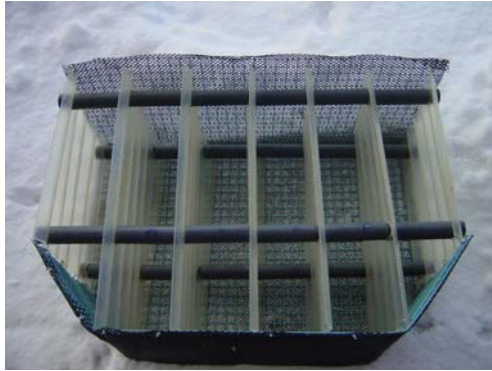
Effekten av individtetthet på gonadevekst og overlevelse

Kråkeboller lever i et todimensjonalt miljø, og trenger flater å feste seg på. I motsetning til fisk hvor man kan tenke volum, må man i utformingen av teknologi for kråkeboller tenke areal.

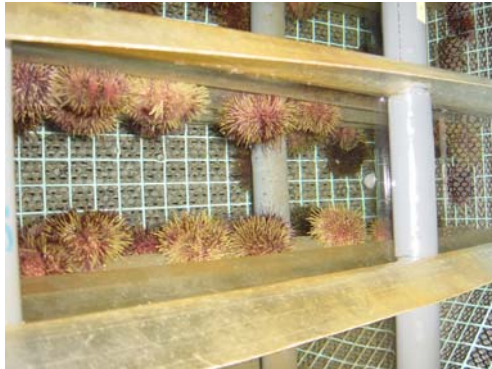
Kråkebollene beveger seg ved bruk av pigger og sugeføtter og kan bevege seg i alle retninger. Piggene er festet til på kuleledd og rundt kuleleddet er det to lag med muskelfibre. Det ytre laget får piggene til å bevege seg, mens det indre laget kan låse piggene i en posisjon.

I og med at kråkebollene mangler en hjerne så har det bevegelses mønster som er "tilfeldig", spesielt hvis de er på søken etter mat. Dette gjør at oppdrettssystem som for eksempel brukes for fisk ikke uten videre kan anvendes. Optimal individtetthet er en nøkkelfaktor i oppdrett av kråkeboller. Med det menes den høyeste tettheten du kan ha kråkebolle uten at det fører til dødelighet eller redusert vekst. Det er derfor blitt gjennomført en rekke studier for å finne den optimale tettheten av kråkeboller. Det finnes mange definisjoner på tetthet, som tildes kan forvirre leseren. Når vi snakker om individtetthet så regner vi antall kg kråkeboller fordelt på det totale arealet tilgjengelig i oppdrettsenheten.

På alle fiskebruk langs norskekysten finnes et stort antall plastkar som brukes til salting og annen bearbeiding av fisk. Vår idé var å benytte disse karene til oppføring av kråkebolle. Det ble utviklet en innredning som gjør karene egnet til å oppbevare kråkeboller. Innredningen bestod av en kurv i plastbelagt netting (Bilde 4). Kråkebollene krever "fast grunn" å feste seg til. For å øke tilgjengelig feste areal ble derfor kurven inndelt i 12 kammer ved hjelp av vertikale glassfibervegger (Bilde 5). Kurvene kan enkelt løftes ut av karene og flyttes.



Bilde 4 Oppføringsenhet i fugleperspektiv.



Bilde 5 Kråkeballer som sitter på lamellene.

Vann ble tilført gjennom overrislingsrør. Karene ble utstyrt med en perforert falsk bunn med avløp under. Dyser, plassert under den falske bunnen, sørget for en kontinuerlig utspyling av ekskrementer. Det ble utviklet en ny type selvdrevet "flo og fjære" mekanisme som sørget for selvrensing. Bilde 6 viser et komplett kar oppsettet.



Bilde 6 Kar tilpasset oppfôring av kråkebolle.

Karene fungerte tilfredsstillende, med unntak av "flo og fjære" mekanismen. Mekanismen sjokktappet karet hvert tiende minutt. Det viste seg imidlertid at en del faeces ikke ble spylt ut under sjokktappingen. Det ble derfor gjennomført en manuell rensing av bunnen i karet hver fjortende dag.

Det ble satt opp tre forsøk for å finne den optimale individtettheten i et slikt system. I alle forsøkene ble kråkebolle oppfôret enkeltvis i individuelle kammer brukt som referanse.

I forsøkene ble det benyttet individtettheter på 3, 6, 8, 12, 14, 16 kg kråkebolle per m² (total areal). Ved alle tettheter ble det benyttet kråkebolle i to størrelsesgrupper; små 4.5-5.5 cm og store 5.5-6.5 cm. For begge størrelsesgrupper økte dødeligheten med økende individtetthet. Ved en individtetthet på 16 kg per m² ble det målt en dødelighet på 80 %, men selv ved 8 kg kråkebolle per m² ble det registrert en dødelighet på over 30 %. Ved den laveste tettheten ble det ikke registrert dødelighet hos de store kråkebollene, men de små kråkebollene hadde en dødelighet på 6 %. Til sammenlikning ble det ikke registrert dødelighet hos store kråkebolle fôret individuelt. Hos små kråkebolle fôret individuelt var dødeligheten 12 %. Frekvensen av skader på overlevende individer økte med økende tetthet. Det ble ikke registrert skader hos individuelt oppfôrede individer.

Gonadeveksten hos kråkebolle fôret i kar med den laveste tettheten (3 kg per m²), var like høy som hos individuelt fôrede kråkebolle. Ved høyere tettheter var gonadeveksten hos kråkebolle fôret i kar lavere enn hos individuelt fôrede individer. Selv om det var litt forskjeller mellom størrelsesgruppene, tegner det seg et mønster av redusert gonadevekst med økende individtetthet. Det ble ikke funnet forskjell i fôrinntak mellom tetthetsgruppene, verken hos liten eller stor gruppe, mens fôrutnyttelsen ble dårligere i begge gruppene med økende individtetthet. Ved de to laveste individtetthetene var fôrutnyttelsen like høy som hos kråkebolle fôret individuelt.

Våre resultater er ikke helt entydige. Men for å være sikker bør man ikke komme over 3 kg kråkebolle per m² hvis man har kråkebolle med størrelse 4,5 til 5,5 cm. Derimot ser det ut til at man kan øke individtettheten til 6 kg kråkebolle per m² hvis man har kråkebolle i størrelsesklasse 5.5 -6.5 cm. Dette utgjør ca. 36 kg kråkebolle per kar av den typen som ble benyttet i forsøkene.

6 Håndtering av kråkeboller - praktiske råd

En av de viktigste faktorene for å lykkes med oppdrett av kråkeboller er å behandle dyrene skånsomt under røktning. Når man jobber med kråkeboller må man ha i bakhodet at kråkebolle er et sakte døende dyr. Med det menes at i det øyeblikket du observerer et dødt dyr så er ofte det som har forårsaket dyrets død en hendelse som har skjedd 1 til 2 uker i forkant. I en rekke forsøk har vi sett at dødelighet de første 14 dagene etter for eksempel innfangning kan direkte relateres til den håndtering dyret fikk under innfangning og transport.

Miljøfaktorer som temperatur, oksygen, karbondioksyd, saltholdighet og lys påvirker overlevelsen til kråkeboller. Under tørrlegging av kråkeboller bør lufttemperaturen være så lav som mulig og dyrene må ikke utsettes for direkte sollys. For grønn kråkebolle anbefales det at rom temperaturen under 15 °C. Ved transport i vann bør temperaturen holdes på under 10 °C på sommeren og vesentlig lavere på vinteren. Rask temperaturøkning kan føre til høy dødelighet.

Det er ikke gjort systematiske undersøkelser på hvor lenge man kan holde dyrene tørt uten at det går utover overlevelsen. Når kråkeboller tas opp av vannet trekkes sugeføttene inn og fungerer ikke lenger som gassvekslingsorganer. Kråkeboller kan imidlertid kompensere for tap av denne muligheten ved å slippe litt væske ut av munnen. Denne væsken erstattes av luft som suges inn gjennom anus. Kråkebollene kan deretter bruke den bakre del av tarmsystemet som en slags lunge, og dette gjør kråkebollene i stand til å overleve relativt lenge ute av vann. Lengden på overlevelse i tørrtilstand kan også forbedres hvis luftfuktigheten er høy og dyrene ikke utsettes for frost eller direkte sollys.

Fysiske skader på dyret som oppstår under håndtering eller transport ser ut til å ha stor betydning for skallvekst, rognvekst og overlevelse. Å bruke kraft for å få løs kråkeboller som er stresset og har "sugd" seg ekstra godt fast til underlaget bør unngås på grunn av faren for å knekke pigger og rive av sugeføtter. Piggene er dyrets viktigste forsvarsmekanisme og det vil derfor bruke mye energi til å regenerere tapte pigger. Energien som brukes til regenerering hos skadde dyr kunne ellers vært brukt til rognvekst hos et skadefritt dyr, og vi ser derfor at kråkeboller med mye fysiske skader har en redusert gonadevekst i den påfølgende oppdrettsperioden. Videre ser det ut til at kråkebollene lettere er utsatt for sykdom etter store tap av pigger (Bilde 7).



Bilde 7 Viser kråkebolle som har mistet pigger som følge av hard håndtering.

Kråkebollene kan også utsettes for mekanisk skade i kar, enten ved friksjon mot vegg eller ved "kollisjon" mellom individer. Man må også være oppmerksom på ikke å ha en for høy tetthet i kasser ved en eventuell tørrtransport av dyrene, for å unngå trykkskader. Det anbefales å legge tang og tare mellom lagene med kråkeboller for å redusere den mekaniske belastningen under transport.

Det finnes ikke noe eksakt kunnskap om hvor lenge dyr kan være uten for vann før det går utover overlevelse å vekst. Vi har imidlertid valgt en prosedyre ved måling, veiing og prøvetaking som tilsier maks oppholdstid for kråkeboller over vann til 10 minutter. Effektiv bedøvelse ved måling og veiing, eller ved sortering finnes det lite kunnskap på og det regnes for å være et "sort hull" innen kråkebolleoppdrett.

