

# Nederlands Instituut voor Visserijonderzoek (RIVO) BV

Postbus 68  
1970 AB IJmuiden  
Tel.: 0255 564646  
Fax.: 0255 564644  
Internet:postkamer@rivo.wag-ur.nl

Postbus 77  
4400 AB Yerseke  
Tel.: 0113 672300  
Fax.: 0113 573477

## Intern RIVO rapport

Nummer: 03.022

## Kabeljauwkweek: state of the art anno 2002

Ir. E. Schram

Project nummer: 997 76500 01

Datum: 1 december 2003

Aantal exemplaren:	10
Aantal pagina's:	24
Aantal tabellen:	-
Aantal figuren:	4
Aantal bijlagen:	-

## Inhoudsopgave:

Inhoudsopgave: .....	2
1. Inleiding .....	3
2. Materialen en methoden .....	4
3. Geschiedenis van de kweek van kabeljauw .....	4
4. Voortplanting van kabeljauw .....	5
4.1 Inleiding .....	5
4.2 Ouderdieren verzamelen .....	5
4.3 Voeding van ouderdieren .....	6
4.4 Ei productie .....	6
4.5 Systemen voor de productie van eieren .....	7
4.6 Watertemperatuur .....	9
4.7 Strippen .....	10
4.8 Voortplanting buiten het seizoen .....	10
4.9 Incubatie van de eieren .....	12
4.10 Opkweek van de larven .....	13
4.11 Het opkweken van juveniele kabeljauw .....	16
4.12 Overzetten op droogvoer .....	17
5. Opkweek tot marktgewicht .....	18
5.1 Systeem .....	18
5.2 Kweekomstandigheden .....	18
5.2.1 Zuurstof .....	18
5.2.2 Saliniteit .....	18
5.2.3 Temperatuur .....	19
5.3 Voeding .....	19
5.4 Groei .....	19
5.5 De toekomst van kabeljauwkweek .....	21
6. Conclusie .....	22
7. Referenties .....	23

# 1. Inleiding

## Achtergrond

Deze studie naar de huidige stand van zaken omtrent kabeljauwkweek is uitgevoerd in het kader van de SEO studie naar de haalbaarheid van de exploitatie van onderzoeksfaciliteiten voor vis. De kweek van kabeljauw maakt in Europa momenteel een stormachtige ontwikkeling door. Verwacht wordt dat de productie van kabeljauw middels kweek de komende tien jaar explosief zal groeien. Hieraan gekoppeld zullen vele onderzoeksvragen zich voordoen en groeit de behoefte aan onderzoek naar kabeljauw en de faciliteiten om het onderzoek uit te voeren. De verwachting is dan ook dat in de exploitatie van onderzoeksfaciliteiten voor vis het onderzoek aan kabeljauw een belangrijke positie inneemt.

Deze verwachte rol van kabeljauw en het vrijwel ontbreken van kennis omtrent recente ontwikkelingen in kabeljauwkweek op het RIVO, scheppen de behoefte aan een studie welke de huidige stand van zaken aangaande kabeljauwkweek in kaart brengt.

Naast het belang van kabeljauw in de exploitatie van onderzoeksfaciliteiten, neemt deze vis de komende jaren in toenemende mate een belangrijke rol in binnen andere activiteiten van het RIVO. Met name binnen het Markt Research Gebied Mariene teelttechnologieën neemt de kabeljauw een centrale positie in. In 2003 worden de eerste stappen gezet in de ontwikkeling van kennis en vaardigheden omtrent voor de opkweek van kabeljauwlarven. Ook voor deze MRG bestaat de behoefte aan inzicht in de huidige stand van zaken omtrent kabeljauwkweek.

Andersom bestaat bij de exploitatie van onderzoeksfaciliteiten de behoefte aan de vaardigheden welke binnen het MRG ontwikkeld worden, namelijk voor de productie van proefdieren.

## Doelstelling

Doel van dit rapport is het verschaffen van inzicht in de huidige stand van zaken omtrent kabeljauwkweek.

## 2. Materialen en methoden

Deze studie is een desk studie. De in dit rapport verwerkte informatie is verkregen uit wetenschappelijke publicaties, publicaties in vaktijdschriften en krantenartikelen. Als eerste aanzet tot deze studie is alle beschikbare literatuur omtrent kabeljauwkweek geïnventariseerd en gearchiveerd middels End Note.

## 3. Geschiedenis van de kweek van kabeljauw

De eerste kweekexperimenten met kabeljauw vonden plaats in 1884 in Flodevigen, Noorwegen. Ook in de VS (1885) en Canada (1891) werden in de 19e eeuw al kabeljauwkwekerijen opgezet. Het doel van de kweek was het uitzetten van dooierzak larven ter versterking van de natuurlijke bestanden. In Noorwegen zijn tot 1971 kabeljauwlarven uitgezet. Een positief effect van deze uitzettingen op de natuurlijke bestanden is nooit onomstotelijk bewezen (Huse, 1991). In 1976 werd, opnieuw in Flodevigen, opnieuw onderzoek naar kabeljauwkweek opgestart. Vanwege de successen in Flodevigen werd in 1979 onderzoek naar kabeljauwkweek gestart op het Austevoll Marine Aquaculture Station in Noorwegen. Zowel extensieve kweekmethoden in vijvers en intensieve methoden met in het water hangende plastic zakken en tanks zijn onderzocht. Vanwege grote problemen met kannibalisme rond metamorfose werd afgestapt van de intensive kweekmethoden. Op labschaal was intensieve kweek echter wel succesvol. In de periode 1980 tot 1988 werd op Austevoll een serie grootschalige experimenten naar de extensieve kweek in vijvers uitgevoerd. In 1987 zijn verscheidene commerciële kwekerijen opgezet om deze methode te benutten. Het doel van deze ondernemingen was het produceren van juvenielen voor uitzettingen ter versterking van de natuurlijke bestanden. In 1988 leken de resultaten van deze uitzettingen veelbelovend.

Als gevolg van een combinatie van factoren te weten de malaise in de zalmteelt, de teruglopende aanlanding van kabeljauw door de visserij en de grote vorderingen die gemaakt zijn op het gebied van kabeljauw hatchery technologie, maakt dat kabeljauwteelt eind jaren Negentig 'booming' wordt. Vele miljoenen worden geïnvesteerd in de opzet van kabeljauwhatcheries. De algemene verwachting is dat kabeljauwteelt een zelfde succesvolle en stormachtige ontwikkeling gaat doormaken als de zalmteelt.

## 4. Voortplanting van kabeljauw

### 4.1 Inleiding

In vergelijking met andere mariene vissoorten levert de productie van kabeljauweieren weinig problemen op (Huse, 1991). De kabeljauw plant zich in gevangenschap natuurlijk voort onder invloed van de watertemperatuur en fotoperiode. Wanneer in het voorjaar de dagen langer worden, is dit voor de kabeljauw de prikkel om te gaan voortplanten. Vergelijkbaar met tong dus.

### 4.2 Ouderdieren verzamelen

In het wild gevangen vissen kunnen als ouderdieren gebruikt worden. Een week of twee na de vangst accepteert kabeljauw vers voer in de vorm van haring of makreel, waarna ze overgezet kunnen worden op moist pellets. Kabeljauw gevangen met kieuwnetten kunnen verwondingen hebben die fataal zijn of tijd vergen om te helen. Een hoog vitamine C gehalte in het voer schijnt het genezingsproces te helpen. Stress onder de ouderdieren als gevolg van vangen en houderij in tanks leidt tot verhoogde plasma cortisol niveaus in kabeljauw. Dit heeft geen invloed op bevruchtungs- en uitkomstpercentages. Echter het aantal abnormale larven is wel groter bij gestresste ouderdieren (Bleil and Oeberst, 1998b).

Gedurende het eerste seizoen in gevangenschap is de productie van eieren beperkt (Buckley et al., 2000).

De kabeljauw is in staat om zich aan een breed spectrum van omstandigheden aan te passen, zoals temperatuur en saliniteit. Binnen het verspreidingsgebied van de kabeljauw bestaan er daar door verschillende bestanden welke zich allen aan specifieke omgevingsfactoren hebben aangepast. Zo zijn kabeljauwen uit het zuidelijke deel van het verspreidingsgebied toleranter ten aanzien van hoge watertemperaturen dan kabeljauwen uit het noordelijke deel. Een ander voorbeeld is de tolerantie van kabeljauw uit de Baltische zee ten aanzien van lage saliniteit. Daarnaast is bekend dat er verschillen bestaan in groeisnelheid van de larven tussen verschillende bestanden en zelfs tussen families in een bestand. Dit is onder andere vastgesteld voor verschillende populaties aan de Amerikaanse oostkust (Purchase and Brown, 2000). Deze verschillende adaptaties en karakteristieken binnen de soort maken een nauwkeurige selectie van ouderdieren noodzakelijk. Voor de Nederlandse situatie, houderij in recirculatiesystemen, lijkt in eerste instantie de voorkeur te geven aan vissen afkomstig uit het zuidelijke deel van het verspreidingsgebied gezien de tolerantie ten aanzien van hogere watertemperaturen en wellicht een hoger temperatuur optimum voor groei.

### 4.3 Voeding van ouderdieren

Voeding en samenstelling van het voedsel is van invloed op de ontwikkeling van de gonaden van vissen en daaraan gerelateerd het succes van de voortplanting.

Kabeljauwen zijn gewend aan grote porties voer en om de dag voeren is voldoende. Het voer moet een hoog eiwitgehalte hebben en weinig koolhydraten bevatten. Belangrijk voor de kwaliteit van de eieren is een hoog gehalte aan DHA en EPA in het voer. Tijdens het voortplantingsseizoen zouden de vissen niet gevoerd moeten worden om vervuiling van de eieren te voorkomen (Huse, 1991).

Mangor-Jensen et al. (1991) onderzochten de relatie tussen het vitamine C gehalte in het ouderdierendieet en de kwaliteit van de eieren. De resultaten gaven een lage vitamine C behoefte aan (Mangor Jensen et al., 1991).

Goede voeding vanaf het eerste begin van de voortplantingscyclus resulteert waarschijnlijk in een verhoogde fecunditeit (Wroblewski et al., 1999).

Uit onderzoek van Hemre et al. (1995) bleek de hoeveelheid zetmeel in het dieet, in de range van 5 tot 20% geen effect te hebben op de voederconversie, groei en ontwikkeling van de gonaden van ouderdieren en de samenstelling van de eieren.

Zodra de eerste eieren afgezet zijn wordt de voeding van de ouderdieren gestopt om vervuiling van de eieren met organisch materiaal te voorkomen (Van der Meeren, 2002).

Uit onderzoek van Silversand et al. (1995) blijkt dat de vetzuursamenstelling van de lever direct gerelateerd is aan de vetzuursamenstelling van het voer. Echter de vetzuursamenstelling van de eieren wordt niet direct beïnvloed door de voeding, tenzij een voer met een extreme samenstelling wordt gebruikt. Dit wijst erop dat de kabeljauw tijdens de vitellogenese vetzuren selecteert en dat het vetzuurprofiel van het voer van de ouderdieren niet noodzakelijkerwijs volledig overeen hoeft te komen met de samenstelling van de eieren (Silversand et al., 1995).

### 4.4 Ei productie

De kabeljauw is een batch spawner. Dit betekent dat vrouwelijke dieren gedurende het voortplantingsseizoen meerdere partijen eieren afzetten. Onder natuurlijke omstandigheden begint de vitellogenese tussen september en november (Kjesbu, 1991).

De kabeljauw heeft een hoge fecunditeit. Grote (6 kg) wilde vrouwelijke dieren kunnen in een seizoen meer dan 5 miljoen eieren produceren, welke in batches om de twee tot drie dagen over een periode van twee maanden worden afgezet \*(Oosthuizen en Daan, 1974). Kjesbu (1989) vond dat gekweekte kabeljauwen tot een miljoen eieren per kg lichaamsgewicht afzetten in 17 tot 19 batches gedurende een periode van 50 tot 60 dagen. Gemiddeld zitten er twee tot drie dagen tussen batches. Het aantal eieren per batch volgt een koepelvormige curve in de tijd. Het aantal eieren per batch loopt op van 50.000 bij aanvang van de voortplantingsperiode

tot 300.000 tijdens de piek. Gekweekte kabeljauwen produceren normaalgesproken meer eieren dan hun wilde soortgenoten als gevolg van grotere beschikbaarheid van voedsel (Kjesbu, 1989).

De eieren hebben gemiddeld een diameter van rond de 1,4 – 1,7mm (Huse, 1991) (Bleil and Oeberst, 1998a).

Volgens Bleil (1998) produceren grotere ouderdieren gedurende een langere periode, meer eieren, vergeleken met kleinere ouderdieren. Als reden wordt gegeven dat grotere ouderdieren een groter deel van de eieren in de ovaria volledig kunnen ontwikkelen. De daadwerkelijke fecunditeit is aanmerkelijk lager dan de potentiële fecunditeit (Bleil and Oeberst, 1998b).

De kwaliteit van de eieren varieert gedurende het voortplantingsseizoen. In de loop van het seizoen nemen drooggewicht, diameter en bevruchtingspercentage af. Een verband met watertemperatuur is niet gevonden. Wel is de eidiameter positief gecorreleerd aan de saliniteit (Bleil and Oeberst, 1998a). In de eerste helft van het voortplantingsseizoen worden de meeste bevruchte eieren als ook de eieren met de beste kans op goede ontwikkeling afgezet (Bleil and Oeberst, 1999). Relatief grote eieren resulteren in grotere larven met een hogere overleving. Omdat de diameter van de eieren positief gecorreleerd zou zijn aan de lengte van de vis, zijn grote vrouwelijke te verkiezen als ouderdieren (Kjesbu, 1989). Bleil (1998) kon dit verband tussen lengte van de vrouwelijke ouderdieren en eidiameter echter niet aantonen. Buckley et al. (2000) vonden dat de kwaliteit van de eerste batches eieren in het seizoen in de regel laag was.

De bevruchtingspercentages bij natuurlijke voortplanting zijn over het algemeen hoog. Het hoogste bevruchtingspercentages door Bleil (1998) gevonden bedraagt 85% van alle afgezette eieren. Kjesbu (1989) vond vrijwel altijd 100% bevruchting, waarschijnlijk van alleen de drijvende eieren. Holm (1989) vond op Austevoll nooit lagere bevruchtingspercentages dan 95%. Volgens Van der Meeren (2002a) varieert het bevruchtingspercentage tussen de 45 en 95% van de drijvende eieren en tussen de 20 en 50% van alle eieren in een batch. De temperatuur waarbij de eieren afgezet worden is van invloed op het bevruchtingspercentage en een goede ontwikkeling van de eieren. Volgens Van der Meeren (2002a) zijn de bevruchtingspercentages hoger bij 6°C dan bij 8-12°C.

#### 4.5 Systemen voor de productie van eieren

Kabeljauw plant zich in gevangenschap op natuurlijke wijze voort onder invloed van de watertemperatuur en met name fotoperiode. Wanneer in het voorjaar de watertemperatuur stijgt en de dagen langer worden, is dit voor de kabeljauw de prikkel om te gaan voortplanten. Vergelijkbaar met tong dus.

Volgens Hansen et al. (2001) is een reductie van de daglengte een essentieel signaal in de regulatie van maturatie en voortplanting van kabeljauw. Bovendien wordt de ontwikkeling van de oocyten gestopt of aanzienlijk vertraagd wanneer een daglengte reductie uitblijft.

Er worden verschillende systemen toegepast om ouderdieren in te huisvesten en te laten paaien.

Het systeem dat op Austevoll werd gebruikt om kabeljauweieren te winnen werkt volgens hetzelfde principe als het systeem dat op het RIVO wordt toegepast voor de winning van tongeieren: de vissen planten zich op natuurlijke wijze voort, de eieren worden door het uitstromende water meegevoerd en buiten de tank met vissen in een verzameltank opgevangen.

Op Austevoll werd in het verleden gebruik gemaakt van kooien in de vorm van in zee hangende, met PVC gecoate nylon zakken. Ouderdieren worden buiten het voortplantingsseizoen gemengd in kooien gehouden. Vlak voor aanvang van het voortplantingsseizoen worden ouderdieren geselecteerd en in de voortplantingskooien uitgezet. In 1989 werden door Holm en Andersen twee voortplantingskooien bezet met elk een volume van  $175\text{m}^3$ . De bezettingen waren 112 vrouwtjes en 32 mannetjes ( $825\text{ kg vis}$ ;  $4,7\text{ kg/m}^3$ ;  $0,82\text{ vissen/m}^3$ ; sexratio 3.1V:1M) en 152 vrouwtjes en 132 mannetjes ( $925\text{ kg vis}$ ;  $5,3\text{ kg/m}^3$ ;  $1,62\text{ vissen/m}^3$ ; sexratio 1,15V:1M). In totaal werd in een periode van 3 weken 429 en 402 l eieren geproduceerd. De bevruchtingspercentages waren nooit lager dan 95% (Holm and Andersen, 1989). De maximale bezetting in dit systeem bedroeg  $11,5\text{ kg/m}^3$ . Figuur 1 geeft het op Austevoll gebruikte systeem weer (Huse, 1991).

*Figuur 1 Voortplantingssysteem voor kabeljauw zoals gebruikt op Austevoll*

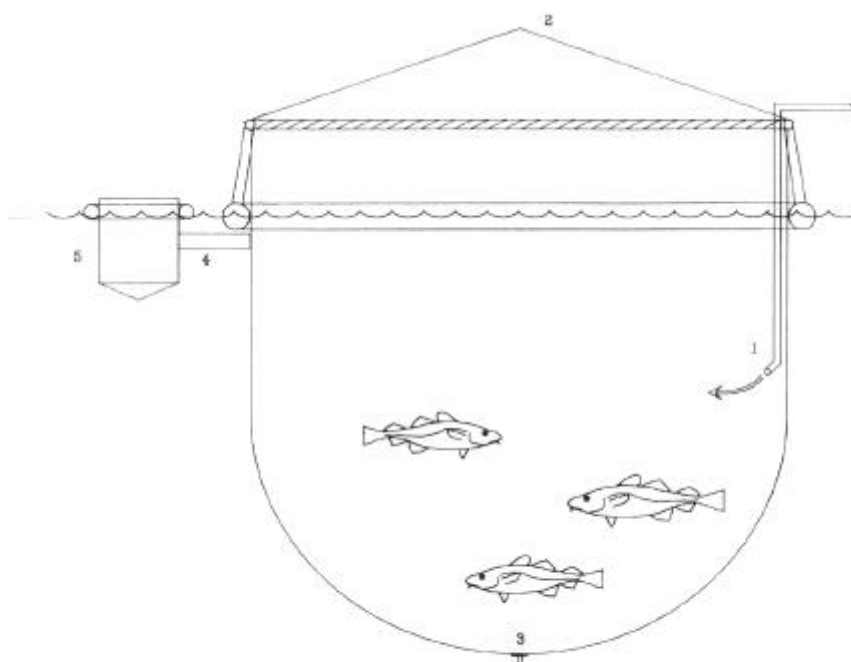


FIGURE 1. Cod spawning system; (1) water inlet, (2) roof, (3) bottom drainage, (4) surface overflow, (5) egg collector.



Om kabeljauweieren goed te kunnen verzamelen, moeten deze goed drijven. Hiervoor is een saliniteit van minimaal 32 ‰ vereist (Huse, 1991).

Tegenwoordig wordt op Austevoll voor de huisvesting van ouderdieren tijdens het voorplantingsseizoen ook gebruik gemaakt van ronde tanks met een diameter van 3m, diepte van 0,95m en een volume van 7,5 m<sup>3</sup>. Vlak voor aanvang van het seizoen worden de dieren vanuit de kooien overgebracht naar deze tanks. De bezettingsdichtheid bedraagt 25 vissen per tank, oftewel 3,3 vissen/m<sup>3</sup>. De sex ratio (M:V) ligt op 1:1,5 (Van der Meeren, 2002).

Bij het Noorse Matre Aquaculture research station worden tanks met een volume van 20 m<sup>3</sup> gebruikt voor de huisvesting van ouderdieren. Een tank wordt bezet met 220 tot 230 dieren van 2 jaar oud, wat resulteert in een bezettingsdichtheid van 11 tot 11,5 vissen/m<sup>3</sup> (Hansen, 2001). De sexratio lag grofweg op 1:1.

Bleil (1998) maakte gebruik van ronde tanks met een diameter van 4,6 en 6m en een waterdiepte van slechts 60cm. Deze tanks werden doorstroomt met zeewater met een verversing van 2,5 maal per uur.

Buckley et al. (2000) maakten gebruik van ovale tanks met een volume van 57 m<sup>3</sup>, waarin 25 tot 40 ouderdieren gehuisvest werden. Eieren werden verzameld door ze op te scheppen met een planktonnet.

#### 4.6 Watertemperatuur

Volgens Van der Meeren (2002) is controle van de watertemperatuur in de voortplantingstanks erg belangrijk. Bevruchtingspercentage en normale ontwikkeling van de eieren is namelijk gecorreleerd aan de watertemperatuur. Zodra de watertemperatuur boven 10°C stijgt leidt dit tot een reductie van het bevruchtingspercentage van 30 tot 50%. Ook blijkt het bevruchtingspercentage hoger te zijn bij 6°C dan bij 8 tot 12°C.

Voor de maturatie van kabeljauw lijkt de temperatuur van minder groot belang dan de fotoperiode. In het experiment van Hansen et al. (2001) lag de watertemperatuur tussen de 10,1 en 8,3°C zonder dat er sprake was van een seizoenscyclus.

Op Austevoll worden geconditioneerde ouderdieren gehouden welke buiten het natuurlijke voortplantingsseizoen paaien. Deze conditionering vindt plaats middels sturing van de daglengte, welke niet synchroon loopt met de natuurlijke daglengte. De watertemperatuur in deze tanks volgt echter wel de natuurlijke seizoenscyclus. Dit is een gevolg van de doorstroming van de tanks met buitenwater. Daglengte en watertemperatuur lopen dus niet synchroon aan elkaar. Toch is de voortplanting succesvol (Van der Meeren, pers. comm., 2002). Hieruit blijkt dat de watertemperatuur van ondergeschikt belang is in het natuurlijke voortplantingsproces van de kabeljauw. Hierbij moet echter wel opgemerkt worden dat de amplitude van het natuurlijke temperatuursverloop door het jaar heen beperkt is. De maximum

---

temperatuur in de zomer ligt rond de 9°C terwijl de minimum temperatuur in de winter rond de 6°C ligt.

#### 4.7 Strippen

Het is ook mogelijk eieren te winnen door de vissen te strippen. Echter omdat de kabeljauw een 'batch spawner' is, vergt dit veel fysieke handelingen. In vergelijking met natuurlijke ei-afzetting kunnen door middel van strippen minder eieren gewonnen worden en zijn de eieren van slechtere kwaliteit (Huse, 1991).

#### 4.8 Voortplanting buiten het seizoen

Door manipulatie van de fotoperiode kan maturatie, moment van voortplanting, fecunditeit en eigroote van kabeljauw beïnvloed worden (Hansen et al., 2001). Buckley et al. (2000) wisten de aanvang van het voortplantingsseizoen van kabeljauw te vervroegen door vanaf september de daglengte tweemaal sneller te verkorten dan onder natuurlijke omstandigheden. Zodra grote hoeveelheden eieren van goede kwaliteit geproduceerd werden, werd het voortplantingsseizoen verlengd door de afname van de daglengte te stoppen of te reduceren. Op deze manier kon gedurende acht maanden per jaar (oktober tot juni) eieren gewonnen worden (Buckley et al., 2000).

Van der Meeren (2002) beschrijft het uitstellen van het voortplantingsseizoen. Doormiddel van fotomanipulatie, continue belichting gedurende zes maanden gevolgd door een zes maanden achterlopende fotoperiode (t.o.v. natuurlijke fotoperiode) bleek het mogelijk de voortplanting van kabeljauw zes maanden uit te stellen. Daarnaast beschrijft Van der Meeren (2002) het vervroegen van de voortplanting en daarmee tweemaal per jaar voortplanten van kabeljauw middels fotomanipulatie. Beide methoden worden schematisch weergegeven in Figuur 2.

*Hier Figuur 2*

## 4.9 Incubatie van de eieren

Voor incubatie kunnen levende (zowel bevrucht als onbevrucht) en dode eieren gescheiden worden door de eieren in water met een saliniteit van 34,5‰ te brengen. Dode eieren zinken naar de bodem terwijl levende eieren aan het oppervlak gaan drijven (Van Der Meeren, 2002). Het incuberen van kabeljauweieren is relatief eenvoudig. Een incubator zoals deze op het RIVO voor tongeieren gebruikt wordt zal voldoen. Belangrijk is wel de eieren goed door het instromende water in beweging gehouden worden. Het debiet van de instroom moet rond de 2l/min zijn. Vanwege de relatief lange incubatietijd kan bacterie groei in de incubator een groot probleem zijn. Het instromende water moet daarom goed gefilterd zijn om vervuiling met organisch materiaal en insleep van bacteriën zo veel mogelijk te voorkomen (Huse, 1991). Behandeling van het water met UV is aan te raden. Aangeraden wordt de eieren voor incubatie te ontsmetten met een desinfectant of een antibioticum en deze behandeling na een week te herhalen. Baskerville-Bridges en Kling (2000) gebruiken hiervoor glutaraldehyde (200mg/l). De eieren komen na 14 dagen bij 6°C uit. De larven zijn dan 4 mm. De eerste vier dagen hebben de larven nog geen functionerende mond en kunnen in de incubator gehouden worden. Vier tot 5 dagen na hatchen beginnen de larven met eten. Buckley et al. (2000) wisten het moment van hatchen uit te stellen door incubatie bij lage temperaturen. Incubatie bij -1°C resulteerde in een incubatietijd van 59 dagen, met matige resultaten ten aanzien van de kwaliteit van de larven. In de range van 1 tot 8°C werd de relatie vastgesteld tussen temperatuur en incubatietijd. Incubatie bij 1 en 6°C resulteerde in vergelijkbare groei en overleving van de larven.

Voor Baltische kabeljauw is vastgesteld dat incubatie in water met een saliniteit van 7 ppt leidt tot hoge mortaliteit en de eieren geheel niet uitkomen bij een saliniteit van 5 ppt. Bij 10 en 15 ppt was de mortaliteit onder de larven betrekkelijk laag (Nissling and Westin, 1991). Waarschijnlijk zijn deze resultaten slechts van toepassing op kabeljauw afkomstig uit de Baltische zee omdat de saliniteit van de voornaamste paaigronden van deze populatie laag is (10 tot 16 ppt) (Nissling and Westin, 1991). Voor kabeljauweieren afkomstig van ouderdieren uit de Noordzee of de Atlantische oceaan is het goed mogelijk dat de ondergrens voor saliniteit hoger ligt. Uit onderzoek van Kjorsvik et al. (1984) aan Atlantische kabeljauw bleek dat bij een saliniteit van 14 ppt geen bevruchting plaatsvond. Wanneer bevruchte eieren overgebracht werden naar een saliniteit van 14 en 20 ppt bedroeg de mortaliteit 100%.

#### 4.10 Opkweek van de larven

Voor het opkweken van kabeljauwlarven zijn drie methoden te onderscheiden. In de jaren Tachtig werd in Noorwegen voor de opkweek van larven veelal gebruik gemaakt van vijvers (mesocosms) met daarin natuurlijke productie van voedselorganismen. De kabeljauw larven werden in deze vijvers uitgezet en voeden zich met het aanwezige natuurlijke plankton. Zodra het natuurlijke voedsel na ongeveer een maand uitgeput raakt, wordt bijgevoerd met pellets (Oeiestad et al., 1983). Volgens de daarop volgende methode werden de larven in tanks gehouden en werden de vijvers gebruikt voor de natuurlijke productie van voedselorganismen. Dit plankton werd verzameld en geconcentreerd in de tanks aan de larven gevoerd. Intensieve opkweek van larven vindt plaats in tanks in combinatie met de intensieve en gecontroleerde productie van voedselorganismen zoals copopoden, rotiferen en artemia en onder toevoeging van algen (green water).

Van der Meeren (2002) beschrijft een methode voor de intensieve opkweek van kabeljauwlarven. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van ronde zwarte tanks met een conische bodem met een volume van 0,5m<sup>3</sup>. De tanks hebben een zogenaamde kraag om de directe inval van licht te voorkomen (vgl. met een emmer met een deksel met een groot gat in het midden). Het inkomende water wordt via een ontgassingskolom geleid om gas oververzadiging, waar de larven erg gevoelig voor zijn, te voorkomen. Verder moet de tank zijn uitgerust met een waterinlaat aan het oppervlak, een 'surface skimmer' om het wateroppervlak schoon te houden en een wateruitlaat met 250µm gaas. Deze tanks worden continu voorzien van algen (*Isochrysis sp.*) waarbij de algendichtheid tussen de 100 en 180 cellen/µl gehouden wordt (zgn. 'green water'). Als eerste voedsel worden rotiferen (*Brachionus plicatilis*) gekweekt op Rotimac gebruikt. Rotiferen worden tweemaal daags verstrekt. Na 3 tot 5 weken worden een week lang rotiferen en met DHA selco verrijkte artemia naast elkaar gevoerd, waarna overgegaan wordt op DHA-verrijkte artemia alleen. Het is gebruikelijk dat het toevoegen van algen bij deze overgang op artemia gestopt wordt. De bezettingsdichtheid ligt tussen 10 tot 40 larven/liter. De watertemperatuur gedurende de larvale opkweek ligt tussen de 10°C en 12°C. De belichting is continu en heeft een sterkte van ongeveer 250 lux.

Van der Meeren (2002) onderzocht het belang van algen tijdens de opkweek van kabeljauw larven (green water vs. clear water). Uit dit onderzoek bleek dat 'green water' tot een significant betere overleving van de larven leidt ten opzichte van kweken waarin geen gebruik wordt gemaakt van algen. Green water resulteerde in 30-60% overleving, clear water in 15-30% overleving. Het gebruik van algen is dus niet noodzakelijk, maar leidt wel tot betere resultaten. Baskerville-Bridges en Kling (2000a) gebruiken voor de opkweek van kabeljauwlarven de volgende methode. (Baskerville Bridges and Kling, 2000b).

---

Van dag 3 post hatch tot dag 28 post hatch worden met Inve DHA-selco verrijkte rotiferen gevoerd. Rotiferen worden viermaal daags gevoerd waarbij gestreefd wordt naar 11 en 22 rotiferen/ml onmiddellijk na verstrekking van het voer voor bezettingsdichtheden van respectievelijk 150 en 300 larven/l. Door predatie en uitspoeling daalt de rotiferen concentratie. Als ondergrens wordt een rotiferenconcentratie van drie rotiferen/ml gehanteerd. Vanaf dag 22 tot dag 28 post hatch wordt, naast rotiferen, gevoerd met met Inve DHA-selco verrijkte GSL artemia. Dagelijks worden 300.000 en 600.000 artemia's ( $\pm 13.500/l$  en  $27.000/l$ , respectievelijk) gevoerd bij bezettingsdichtheden van respectievelijk 150 en 300 larven/l. Tijdens deze co-feeding periode wordt de verstrekking van rotiferen afgebouwd. Vanaf dag 28 post hatch worden geen rotiferen meer gevoerd. Vanaf dag 36 wordt naast artemia elke twee uur droogvoer verstrekt. Gelijktijdig wordt de hoeveelheid artemia afgebouwd (12,5%/dag) totdat op dag 44 post hatch alleen nog droogvoer gevoerd wordt. Baskerville-Bridges en Kling (2000a) spreken niet over het toevoegen van algen aan de tanks. De eieren worden geïncubeerd bij 6-8°C. Nadat de eieren zijn uitgekomen wordt de watertemperatuur vanaf de eerste dag waarop voer verstrekt wordt met 1°C/dag verhoogd tot 10-11°C. De doorstroming is in eerste instantie 70l/min en wordt verhoogd tot 200l/min om een goede waterkwaliteit te handhaven. De zuurstofconcentratie wordt boven de 7mg/l gehouden.

Baskerville-Bridges en Kling (2000a) bereikten met deze methode een overleving van rond de 45% van de larven.

In Figuur 3 worden de methoden van Baskerville-Bridges en Van der Meeren schematisch weergegeven.

De beschikbaarheid van voedsel is van groot belang voor goede groei en overleving van kabeljauwlarven. Zhao et al. (2001) toonden het belang aan van de beschikbaarheid van voedselorganismen voor de overleving en groei van kabeljauwlarven in de fase van eerste exogene voeropname. Wanneer de verstrekking van voedselorganismen wordt uitgesteld leidt dit tot hoge mortaliteit en langzame groei. Puvanendran en Brown (1999) onderzochten het effect van prooidichtheid op overleving en groei van kabeljauwlarven. Uit dit onderzoek blijkt dat de eerste drie weken de groei beter is wanneer de prooidichtheid groter is dan 4000/l. In de daarop volgende periode is de groei gelijk voor de verschillende onderzochte prooidichtheden. De overleving was significant hoger bij prooidichtheden groter dan 4000/l. Bij prooidichtheden van 250 en 500/l overleefden geen van de larven het lager dan respectievelijk 11 en 24 dagen post hatch. Hieruit blijkt dat voor succesvolle intensieve opkweek van kabeljauwlarven de prooidichtheid minimaal 4000/l moet zijn. (Puvanendran and Brown, 1999).

Hier figuur 3

Baskerville-Bridges en Kling (2000a) onderzochten de overleving en groei van kabeljauwlarven bij verschillende bezettingsdichtheden. Het experiment, waarin voer niet beperkend was, resulteerde in gelijke groei en overleving bij 50, 100, 200 en 300 larven/l. Wel bleek bij de hoogste bezettingsdichtheden een verhoogde kans op mortaliteit te zijn als gevolg van een sneller verslechterende waterkwaliteit. Dit is echter met een verhoogde doorstroming van de incubator te ondervangen.

Steinarsson en Bjornsson (1999) onderzochten het effect van temperatuur en grootte op de groei en mortaliteit van kabeljauwlarven. Hieruit blijkt dat tijdens het larvale stadium (tot 250µg) de groeisnelheid en de optimale temperatuur toenemen. De optimale temperatuur nam toe van 9,7°C voor larven van 73µg tot 13,4°C voor larven van 251µg (Steinarsson and Bjoernsson, 1999).

De groeisnelheid van de kabeljauwlarven in dit experiment lag ligt tussen de 1,3 en 13,1%BW/d.

Metamorfose vindt omstreeks 35 dagen post hatching plaats (Oeiestad et al., 1983) bij een standaard lengte van 12 tot 15 mm (Van der Meeren, 2002).

#### 4.11 Het opkweken van juveniele kabeljauw

Het opkweken van kabeljauwlarven lijkt relatief gemakkelijk. Echter tijdens de kweek gedurende de eerste juveniele stadia (standaard lengte 15-40mm) komen algemeen problemen voor zoals massale mortaliteit. Hierbij worden zowel drijvende dode vissen met opgezette zwemblazen waargenomen als dode vissen op de bodem. Tot op heden zijn de redenen voor deze mortaliteit onbekend, maar onjuiste voeding, oververzadiging van stikstof en een slechte waterkwaliteit met microbiële groei tot gevolg zijn gesuggereerd als mogelijke oorzaken (Van der Meeren, 2002).

Otterlei et al (2000) onderzochten het effect van temperatuur op groei en overleving van juveniele kabeljauw (2-20g). Uit dit onderzoek blijkt dat het temperatuuroptimum voor groei rond tussen de 14° en 16°C ligt. Bij hogere temperaturen neemt de groei snel af. Bij 20°C trad ook verhoogde mortaliteit op. De resultaten suggereren bovendien dat de groei van kleinere vissen gevoeliger is voor de temperatuur dan de groei van grotere vissen. (Otterlei et al., 2000)



#### 4.12 Overzetten op droogvoer

Uit onderzoek van Ottera an Lie (1990) volgt dat kabeljauwlarven vanaf een gewicht van 0,5g goed overgezet kunnen worden op droogvoer. Overzetten op droogvoer bij een gewicht van onder de 0,5g is ook mogelijk, maar overleving en groei waren onvoldoende (Otteraa and Lie, 1990).

Door Baskerville-Bridges en Kling (2000a) worden kabeljauwlarven overgezet op droogvoer door ze vanaf dag 36 post hatch naast artemia elke twee uur droogvoer te verstrekken (BioKyowa™, Kyowa Hakko Kogyo, Tokyo, Japan). Gelijktijdig wordt de hoeveelheid artemia afgebouwd (12,5%/dag) totdat op dag 44 post hatch alleen nog droogvoer gevoerd wordt. Dezelfde auteurs verrichten onderzoek naar het effect op overleving en groei van verschillende tijdstippen (8, 15, 22 en 29 dph) van overzetten op droogvoer (Baskerville Bridges and Kling, 2000a). Het starten met droogvoer op dag 8 post hatch werd gevolgd door 2 weken co-feeding met rotiferen. Voor alle andere behandelingen gold dat het droogvoer gedurende een week samen met rotiferen verstrekt werd. Uit dit onderzoek bleek dat kabeljauwlarven al op dag 22 post hatch volledig overgezet kunnen zijn op droogvoer. Overleving en groei verschilden niet significant voor de verschillende tijdstippen van overzetten op droogvoer. Het vroeg op droogvoer overzetten maakt dat minder rotiferen nodig zijn en artemia zelfs overbodig is. Dit resulteert uiteindelijk in een reductie van de kostprijs. Het gebruikte droogvoer is BioKyowa A-250 (< 250µm) en A-400 (250-400µm).

Om kannibalisme te voorkomen moet een hoog voerniveau gehanteerd worden. Zodra de pootvisjes 5 tot 10 cm groot zijn moeten ze gesorteerd worden om kannibalisme te voorkomen. Sorteersapparatuur zoals deze voor zalm smolts gebruikt wordt, is hiervoor geschikt (Huse, 1991).

## 5. Opkweek tot marktgewicht

### 5.1 Systeem

Voor het opkweken van kabeljauw kunnen kooien gebruikt worden, gelijk aan de kooien zoals deze voor zalm gebruikt worden. De bestaande technologie voor de kweek van zalm in kooien op zee is grotendeels overdraagbaar op kabeljauwteelt (Broomfield, 2002).

Over de opkweek van kabeljauw in tanks zijn geen publicaties verschenen. De bezettingsdichtheid, de productiviteit in tanks en de grootte van de tanks zijn daarom niet bekend.

Publicaties omtrent de houderij van kabeljauw in recirculatiesystemen zijn tot op heden niet verschenen.

### 5.2 Kweekomstandigheden

Jobling (1988) geeft een overzicht van de tolerantie en voorkeur van kabeljauw ten aanzien van omgevingsfactoren. Op basis daarvan is getracht de optimale kweekcondities voor kabeljauw vast te stellen. Opgemerkt dient te worden dat de grenzen voor omgevingsfactoren waarbinnen goede groei plaatsvindt (voorkeur) veel nauwer zijn dan de grenzen waarbinnen de vis overleeft (tolerantie).

#### 5.2.1 Zuurstof

Kabeljauw stikt bij zuurstofconcentraties onder 0,8 mg/l. De ondergrens voor de zuurstofconcentratie ligt echter hoger, op ongeveer 3 mg/l. Onder deze concentratie wordt de zuurstofopname afhankelijk van de concentratie in het water, daarboven is de zuurstofopname onafhankelijk hiervan. Echter bij lage zuurstofconcentraties moet wel meer water over de kieuwen gepompt worden om voldoende zuurstof op te kunnen nemen. Bovendien is van veel vissen bekend dat groei en voeropname beperkt worden wanneer de zuurstofconcentratie net boven de ondergrens ligt. Daarom wordt geadviseerd om ten behoeve van de groei ten alle tijden zuurstofconcentraties te hanteren welke dicht tegen verzadiging aanzitten.

#### 5.2.2 Saliniteit

Volwassen kabeljauwen worden zichtbaar onrustig wanneer de saliniteit daalt tot 4-5‰. De tolerantie ten aanzien van lage saliniteit lijkt af te nemen bij hogere temperaturen. Studies waarin de relatie tussen temperatuur, saliniteit en groei ondezocht is, ontbreken.

Saliniteiten tussen de 20 en 35‰ zouden geen probleem moeten zijn.

### 5.2.3 *Temperatuur*

De tolerantie en voorkeur van de kabeljauw ten aanzien van de watertemperatuur is afhankelijk van de watertemperatuur waaraan de vis geacclimatiseerd is. De bovengrens voor de watertemperatuur voor kabeljauw geacclimatiseerd aan 5°C ligt rond de 16-17°C, terwijl de bovengrens rond de 21-22°C ligt wanneer de kabeljauw geacclimatiseerd is aan 16°C. De hoogste temperatuur welke getolereerd wordt door kabeljauw lijkt rond de 23-24°C te liggen. Kabeljauw is in staat zich te beschermen tegen bevriezing door het aanmaken van antivries glycoproteïnen. Volgens Jobling (1988) ligt de optimale temperatuur voor groei tussen de 12° en 16°C, waarbij de optimale temperatuur afneemt met de grootte van de vis.

In het experiment van Bleil (1998) stopten ouderdieren uit de westelijke Baltische zee met eten zodra de watertemperatuur 20°C bereikte. Kabeljauw in Noord-Amerikaanse Atlantische wateren kennen een jaarlijkse temperatuurcyclus van boven de 20°C in de zomer tot net boven nul in de winter (Buckley et al., 2000).

## 5.3 Voeding

Kabeljauw is een magere vis met een laag vetgehalte in de filet. Een dieet met een hoog gehalte aan vet en koolhydraten leidt tot vervetting van de lever (Huse, 1991).

Kabeljauwdiëten zijn commercieel verkrijgbaar. Nutreco werkt aan de ontwikkeling van kabeljauwvoerders (Anonymous, 2002).

## 5.4 Groei

In de Noordzee bereikt een goed gevoede kabeljauw in 3 tot 4 jaar een gewicht van 5 tot 6 kg (Huse, 1991). Uit kweekexperimenten eind jaren Tachtig uitgevoerd op het Austevoll Marine Aquaculture Station bleek dat de opkweken van kabeljauw eenvoudig was en de groei goed. In 18 maanden bereikte de kabeljauw een gewicht van meer dan 2 kg (Huse, 1991).

Uit groeicurves van Braaten (1984) en (Huse, 1991) blijkt dat de kabeljauw in 20 maanden een gewicht van 2 kg kan bereiken, waarna de vis gonaden gaat vormen en afvalt tot 1,5 kg. Het jaar daarop bereikt de vis een gewicht van 3 kg.

De ontwikkeling van gonaden remt de voeropname en groei (Hansen et al., 2001). Voor het opkweken tot marktgewicht is het daarom van belang dat gonade ontwikkeling voorkomen wordt.

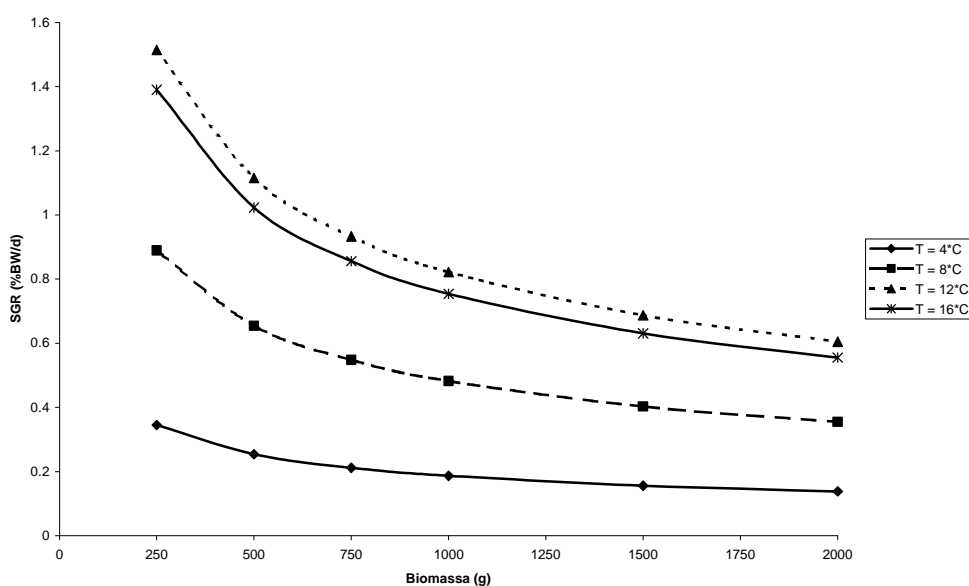
In een experiment van Hansen et al (2001) wogen kabeljauwen welke onder een natuurlijke fotoperiode opgekweekt waren na 26 maanden 1,5 kg, terwijl kabeljauwen in continu licht in dezelfde periode een gewicht van 2,5 kg bereikten (Hansen et al., 2001).

Bij zalm kan vroegtijdige maturatie voorkomen worden door gedurende bepaalde perioden in het jaar de voeding te beperken. Vroegtijdige maturatie bij kabeljauw kan echter niet door perioden van voeronthouding voorkomen worden (Karlsen et al., 1995).

Uit onderzoek van Lambert en Dutil (2001) blijkt dat groei van kabeljauw afhankelijk is van bezettingsdichtheid, voerfrequentie en sorteren. De hoogste groeisnelheid (1,08%BW/d) werd gevonden bij een bezettingsdichtheid van 2kg/m<sup>3</sup>. Bij een bezetting van 40 kg/m<sup>3</sup> was de groeisnelheid afgenomen tot 0,66%BW/d. In hetzelfde experiment bleken kabeljauwen beter te groeien wanneer ze 3 tot 5 keer per week gevoerd werden dan wanneer ze slechts tweemaal per week gevoerd werden. Het sorteren van kabeljauw op grootte heeft een positief effect op de groei. Bij dezelfde bezettingsdichtheid bleek de groeisnelheid voor gesorteerde groepen ruim 40% hoger te liggen ten opzichte van niet gesorteerde groepen. Echter, bij hoge bezettingsdichtheden (40kg/m<sup>3</sup>) kon geen effect van sorteren op groei aangetoond worden. In de experimenten van Lambert en Dutil is gebruik gemaakt van kabeljauwen met begingewichten van 500 tot 600g. (Lambert and Dutil, 2001)

Volgens Nutreco neemt de opkweek van kabeljauw tot een marktgewicht van 4kg zo'n 24 maanden in beslag, zo'n 6 tot 12 maanden korter dan bij zalm (Van Alem, 2002). Niet duidelijk hierbij is wat het startpunt is, waarschijnlijk een juveniel van rond de 10g. In dat geval is de gehele cyclus in werkelijkheid langer.

Figuur 4: De specifieke groeisnelheid van kabeljauw in relatie tot de biomassa bij verschillende temperaturen (Jobling, 1988)



## 5.5 De toekomst van kabeljauwkweek

De verwachtingen zijn hoog gespannen. Momenteel worden er miljoenen geïnvesteerd in kabeljauwkweek. Nutreco heeft middels haar dochter onderneming Cod Culture Norway (CCN) inmiddels 15 miljoen euro geïnvesteerd in kabeljauwkweek. In 2003 moet CCN de eerste 3000 ton gekweekte kabeljauw op de markt brengen. In 2010 zou de productie van kweekkabeljauw in Noorwegen op 200.000 ton moeten liggen. Dat is 20% van de totale aanlanding van kabeljauw door de visserij in 2000 (FAO, 2000) en bijna de helft van de hoeveelheid zalm die momenteel in Noorwegen gekweekt wordt (Van Alem, 2002).

Niet alleen in Noorwegen, maar ook in Groot Britannie is kabeljauwkweek in opkomst. In 2002 zijn er drie nieuwe kabeljauwhatcheries bijgekomen en komen naar verwachting 30.000 kweekkabeljauwen op de markt. Dit alles is het resultaat van een 3 jaar durende pilot uitgevoerd door Seafish Aquaculture en gefinancierd door industriële partners waaronder Marks & Spencer en Highlands & Islands Enterprise. De eerste 10 ton kweekkabeljauw voorgebracht door deze pilot kwam in 2000 op de markt en heeft als belangrijke katalysator gewerkt voor de huidige commerciële ontwikkeling (Broomfield, 2002).

## 6. Conclusie

De meeste knelpunten bij de kweek van kabeljauw liggen in de eerste 70 dagen van de productiecycclus. De grote uitdaging was en is nog steeds de productie van pootvisjes van goede kwaliteit. Knelpunten zijn de voeding van de larven, het overzetten op droogvoer en de lage overleving. In de literatuur worden verschillende methoden voor larvale kweek beschreven en de het onderzoek naar verbetering van deze methoden duurt voort. De productie van grote hoeveelheden bevruchte eieren en het opkweken van pootvis tot marktgewicht lijkt weinig knelpunten op te leveren. Hier moet echter bij vermeld worden dat met betrekking tot de opkweek tot marktgewicht relatief onderzoek is verricht en publicaties zijn verschenen, waardoor wellicht in de nabije toekomst nog tegen knelpunten aangelopen wordt.

Voor de opkweek van kabeljauw uit eieren op het RIVO moeten in ieder geval vaardigheden binnengehaald worden voor de productie van rotiferen als voedselorganismen voor de larven. Hoewel niet essentieel, omdat zowel rotiferen als ook kabeljauwlarven zonder gebruikmaking van algen opgekweekt kunnen worden, is het binnenhalen van vaardigheden voor de productie van algen toch wenselijk. Met name omdat uit onderzoek blijkt dat het gebruik van algen bij de opkweek van de larven leidt tot aanzienlijk hogere overleving. Aangezien het RIVO zeker in eerste instantie afhankelijk zal zijn van de aankoop van kabeljauw eieren in het buitenland, is vanuit praktisch en kosten oogpunt een hoge overleving en dus het gebruik van algen wenselijk.

## 7. Referenties

- Anonymous. 2002. Cod: sorting out the diet options. *Fish Farmer*. (July/August 2002): 24.
- Baskerville Bridges, B., and Kling, L. J. 2000a. Early weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae onto a microparticulate diet. *Aquaculture*. 189 1-2.
- Baskerville Bridges, B., and Kling, L. J. 2000b. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. *Aquaculture*. 181 1-2.
- Bleil, M., and Oeberst, R. 1998a. The spawning of cod (*Gadus morhua morhua*) under controlled conditions of captivity, quantity and quality of spawned eggs, .
- Bleil, M., and Oeberst, R. 1998b. Spawning of cod in captivity. Part 1: Course of spawning activities. *Inf Fischwirtsch*. 45 (4): 164-170.
- Bleil, M., and Oeberst, R. 1999. Spawning of cod in captivity. Part 2: Egg quality and rate of fertilisation of Baltic cod. *Inf Fischwirtsch Fischereiforsch*. 46 (1): 10-16.
- Broomfield, K. 2002. Cod Farming comes to the surface. *Fish Farmer*. (July/August 2002): 22.
- Buckley, L. J., Bradley, T. M., and Allen Guilmette, J. 2000. Production, Quality, and Low Temperature Incubation of Eggs of Atlantic Cod *Gadus morhua* and Haddock *Melanogrammus aeglefinus* in Captivity. *Journal of the World Aquaculture Society* [J World Aquacult Soc]. 31 (1): 22-29.
- Hansen, T., Karlsen, O., Taranger, G. L., Hemre, G. I., Holm, J. C., and Kjesbu, O. S. 2001. Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture*. 203 1-2.
- Hemre, G. I., Mangor Jensen, A., Rosenlund, G., Waagbo, R., and Lie, O. 1995. Effect of dietary carbohydrate on gonadal development in broodstock cod, *Gadus morhua* L. *Aquacult. Res*. 26 (6): 399-408.
- Holm, J. C., and Andersen, E. 1989. Improved spawning pen for Atlantic cod. *World Aquacult.* no. 4
- Huse, I. 1991. Culturing of cod (*Gadus morhua* L.), .
- Karlsen, O., Holm, J. C., and Kjesbu, O. S. 1995. Effects of periodic starvation on reproductive investment in first-time spawning Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture*. 133 (2): 159-170.
- Kjesbu, O. S. 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. *J. Fish Biol.* no. 2 p.
- Lambert, Y., and Dutil, J. D. 2001. Food intake and growth of adult Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared under different conditions of stocking density, feeding frequency and size-grading. *Aquaculture*. 192 2-4.
- Mangor Jensen, A., Sandness, K., Haaland, H., and Rosenlund, G. 1991. Effects of vitamin C in broodstock diets on egg quality of cod (*Gadus morhua* L.). *Larvi '.* (15): 226.

- 
- Nissling, A., and Westin, L. 1991. Egg mortality and hatching rate of Baltic cod (*Gadus morhua*) in different salinities. Mar. Biol. 111 (1): 29-32.
- Oeiestad, V., Kvenseth, P. G., and Folkvord, A. 1983. Mass production of cod fry in a pond in western Norway, with additional feeding post-metamorphosis. ICES. F:5
- Otteraa, H., and Lie, O. 1990. Weaning trials with cod fry on artificial diets. Copenhagen Denmark Ices. 19
- Otterlei, E., Nyhammer, G., Stefansson, S. O., and Svaesand, T. (2000). "Optimum temperatures for growth of early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.)," .
- Purchase, C. F., and Brown, J. A. 2000. Interpopulation differences in growth rates and food conversion efficiencies of young Grand Banks and Gulf of Maine Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can J Fish Aquat Sci. 57 (11): 2223-2229.
- Puvanendran, V., and Brown, J. A. 1999. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different prey concentrations. Aquaculture. 175 1-2.
- Silversand, C., Norberg, B., Holm, J. C., Lie, O., and Haux, C. 1995. Dietary influence on the fatty acid composition of vitellogenin and the subsequent effect on the egg composition in cod (*Gadus morhua*).
- Steinarsson, A., and Bjoernsson, B. 1999. The effects of temperature and size on growth and mortality of cod larvae. Journal of Fish Biology [J Fish Biol]. 55 (A): 100-109.
- Van Alem, C. (2002). "Kraamzorg voor kabeljauw." Haarlems Dagblad, Haarlem.
- Van der Meeren, T. Year. Intensive production of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) juveniles. Seafarming today and tomorrow, Aquaculture Europe 2002. Trieste, Italy. 523.
- Van Der Meeren, T. (2002). "Personal communication." .
- Wroblewski, J. S., Hiscock, H. W., and Bradbury, I. R. 1999. Fecundity of Atlantic cod (*Gadus morhua*) farmed for stock enhancement in Newfoundland bays. Aquaculture. 171 3-4.
- Zhao, Y., Chen, Y., and Brown, J. A. 2001. Impacts of egg and larval size on survival and growth of Atlantic cod under different feeding conditions. Journal of Fish Biology [J Fish Biol]. 59 (3): 569-581.



Figuur 2: Schematische weergave fotomanipulatie voortplanting kabeljauw

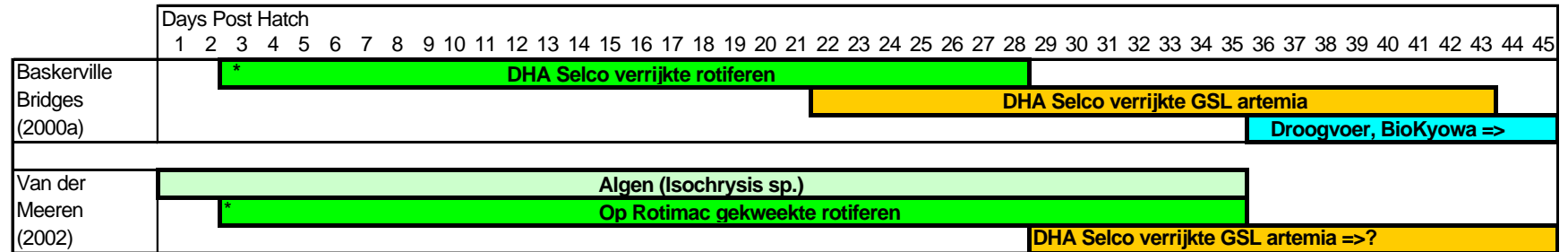
**Inductie twee paaiseizoenen per jaar middels de fotoperiode**

Stocking in outdoor net pens					Stocking in indoor spawning tanks							
Natural photoperiod					Continuous light 3 wks	6 months delayed photoperiod (1 Feb = 1 Aug)						
Maturation by December						1st spawning				2nd Maturation		Start 2nd spawning
Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	May	June	July	Aug

**Uitstel van het paaiseizoen middels de fotoperiode**

Stocking in outdoor net pens (no maturation)					Stocking in indoor tanks							
Natural light + continuous artificial light					Continuous light 3 wks	6 months delayed photoperiod (1 Feb = 1 Aug)						
No maturation by December						1st maturation						1st spawning
Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	May	June	July	Aug

Figuur 3: Schematische weergave van twee voederstrategieën voor kabeljauwlarven



\* Het moment van 'startfeeding' is afhankelijk van de ontwikkelingssnelheid van de larven c.q. de watertemperatuur