

Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit nr. 111

Þorskeldi á Íslandi

Ritstjórar:
Björn Björnsson
og Valdimar Ingi Gunnarsson

Reykjavík 2004

Efnisyfirlit

Formáli / <i>Foreword</i>	5
Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við strendur Íslands Steingrímur Jónsson.....	9
Hafís og lagnaðarís við strendur Íslands með tilliti til þorskeldis Þór Jakobsson	21
Útbreiðsla og magn þorskungviðis við Ísland Ólafur Karvel Pálsson.....	29
Framleiðsla þorskseiða Agnar Steinarsson.....	41
Matfiskeldi á þorski Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson og Jón Þórðarson.....	87
Fóður og fóðurgerð fyrir þorsk Jón Árnason	121
Gæðastjórnun, slátrun og vinnsla á eldisþorski Valdimar Ingi Gunnarsson og Kristján Guðmundur Jóakimsson	127
Sjúkdómar í eldisþorski Árni Kristmundsson, Bergljót Magnadóttir, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Gísli Jónsson, Matthías Eydal, Rannveig Björnsdóttir, Sigríður Guðmundsdóttir og Sigurður Helgason	145
Þorskeldiskynbætur á Íslandi Theódór Kristjánsson, Jónas Jónasson, Snorri Gunnarsson og Vigfús Jóhannsson	175

Þorskeldi á Íslandi

FORMÁLI

Þorskeldi á Íslandi: Stefnumörkun og upplýsingabanki

Í janúar 2002 hófst formlega verkefnið *Þorskeldi á Íslandi: Stefnumörkun og upplýsingabanki*. Meginmarkmið verkefnisins voru að:

1. Meta samkeppnishæfni þorskeldis á Íslandi.
2. Móta stefnu í rannsókn- og þróunarvinnu.
3. Afla og miðla upplýsingum um þorskeldi.

Verkefnið var samstarfsverkefni sjávarútvegsráðuneytisins, sjávarútvegsdeildar Háskólans á Akureyri, Hafrannsóknastofnunarinnar og sjávarútvegsfyrirtækja. Sérstök verkefnisstjórn stýrði verkefninu og henni til aðstoðar voru sérfræðingar á mismunandi sviðum sem aðstoðuðu við upplýsingaöflun og mat á stöðu einstakra þátta þorskeldis. Verkefnisstjórnina skipuðu:

- Guðbrandur Sigurðsson, Brimi ehf., formaður
- Finnbogi Jónsson, Samherja hf
- Jóhann Sigurjónsson, Hafrannsóknastofnuninni
- Jón Þórðarson, sjávarútvegsdeild (nú auðlindadeild) Háskólans á Akureyri
- Kristinn Hugason, sjávarútvegsráðuneytinu
- Kristján G. Jóakimsson, Hraðfrystihúsinu-Gunnvöru hf

Stefnumótunarfundur í Reykholti í Borgarfirði

Til að skilgreina mikilvæg rannsókn- og þróunarverkefni var haldinn stefnumótunarfundur í Reykholti í Borgarfirði 17.-18. október 2002. Á þennan fund mættu rúmlega 70 manns, sérfræðingar frá háskóla- og rannsóknastofnunum, athafnamenn, fulltrúar fjármálafyrirtækja, félagasamtaka og stjórnáslu. Í desember 2002 var gefin út stefnumótunarskýrslan *Þorskeldi á Íslandi: Stefnumótun í rannsókn- og þróunarvinnu*. Í skýrslunni kom fram niðurstaðan af stefnumótunarfundinum í Reykholti og í henni voru talin upp mikilvæg rannsókn- og þróunarverkefni í þorskeldi. Þar var m.a. bent á að efla þyrfti grunnrannsóknir til að geta lagt mat á hve heppileg ákveðin svæði eru m.t.t. fiskeldis og hvernig bæri að laga erlenda eldistækni að íslenskum aðstæðum. Kynbætur voru jafnframt taldar ein af mikilvægustu forsendunum fyrir því að tryggja samkeppnishæfni þorskeldis á Íslandi í framtíðinni. Þá var jafnframt lögð áhersla á að sinna fleiri rannsókn- og þróunarverkefnum til að tryggja sem best framþróun í greininni.

Tillaga um vinnu verkefnisstjórnar og faghópa

Í fyrrnefndri stefnumótunarskýrslu var lögð fram tillaga um áframhaldandi vinnu verkefnisstjórnar þorskeldisverkefnisins. Þar kom fram að hlutverk verkefnisstjórnar yrði að:

- Vera tengiliður við sjávarútvegsráðuneytið og AVS - verkefnisstjórnina.
- Hafa forustu um starf faghópa sem kallaðir yrðu til á helstu áherslusviðum fyrir frekari stefnumörkun.
- Afla upplýsinga um samkeppnishæfni þorskeldis á Íslandi.
- Hafa frumkvæði að reglulegu mati á framgangi rannsókn- og þróunarvinnu.

Til að tryggja samhæfingu og samvinnu við þróun þorskeldis á Íslandi voru stofnaðir fjórir faghópar til að fjalla um: a) umhverfismál og eldistækni, b) seiðaðeldi og kynbætur, c) matfiskeldi og d) vinnslu-, gæða- og markaðsmál. Hlutverk faghópa yrði að:

- Koma í framkvæmd mikilvægum rannsóknaverkefnum;
- Mynda rannsóknahópa og koma á samstarfi við erlenda vísindamenn;
- Vera verkefnisstjórninni um átak í þorskeldi til ráðgjafar.

Í framhaldi af stefnumótunarfundinum í Reykholti hafa faghóparnir haldið áfram að skilgreina rannsókn- og þróunarverkefni í þorskeldi. Faghóparnir kynntu niðurstöður sínar fyrir Fiskeldishópi AVS í desember 2003. Hóparnir komust að sömu meginniðurstöðum og fyrir lágu að loknum stefnumótunarfundinum í Reykholti en skilgreindu einstök verkefni nánar.

Fiskeldishópur AVS

Sjávarútvegsráðherra skipaði formlega starfshóp í mars 2003 til að vinna að átaki í fiskeldismálum á Íslandi. Fiskeldishópur AVS (www.fiskeldi.is) sem tók við af verkefnisstjórn þorskeldisverkefnisins er nú einn af stýrihópunum hjá AVS-verkefnisstjórninni (www.av.s.is), sem sjávarútvegsráðherra hefur komið á fót til að standa að fimm ára átaki til að auka virði íslenskra sjávarafurða (AVS-verkefnið). Í verkefnisstjórn fiskeldishóps AVS eru sömu aðilar og voru í verkefnisstjórn þorskeldisverkefnisins að viðbættum Ingimari Jóhannssyni úr landbúnaðarráðuneytinu og frá Háskólanum á Akureyri kemur nú Eyjólfur Guðmundsson í stað Jóns Þórðarsonar sem látið hefur af störfum við skólann.

Allar nánari upplýsingar um fiskeldishóp AVS er að finna á heimasíðu hans (www.fiskeldi.is) en þar er jafnframt hægt að sækja allar skýrslur sem gefnar hafa verið út á vegum þorskeldisverkefnisins.

Fjármögnun

Þorskeldisverkefnið var skipulagt á árinu 2001 með forverkefnisstyrk frá Rannsóknaráði Íslands og síðan fjármagnað á árinu 2002 með styrk úr ríkissjóði og með framlagi þátttakenda. Starf Fiskeldishóps AVS hefur verið fjármagnað með styrk úr AVS-rannsóknasjóðnum. Öllum þessum aðilum er þakkað þeirra framlag.

Þorskeldisverkefnið er í norrænu samstarfi sem m.a. hefur það markmið að stuðla að rannsóknasamstarfi og upplýsingamiðlun. Á vegum verkefnisins *Nordisk forum for torskeoppdrett* (www.torsk.net) var haldin þorskeldisráðstefna 13.-14. febrúar 2003 í Bergen.

Upplýsingamiðlun

Þetta hefti, *Þorskeldi á Íslandi*, er síðasta viðfangsefni þorskeldisverkefnisins. Höfundarnir eru sérfræðingar hver á sínu sviði sem fengnir voru til að gefa yfirlit yfir stöðu þekkingar á ýmsum sviðum tengdum þorskeldi. Mikil áhersla var lögð á að miðla upplýsingum til áhugamanna um þorskeldi. Verkefnið hefur sérstaka heimasíðu (www.thorskeldi.is) þar sem allt viðkomandi efni er að finna. Gefinn hefur verið út fræðslubæklingur um veiðar og áframeldi á þorski og vorið 2002 voru haldnir nokkrir kynningarfundir um þorskeldi með atvinnuþróunarfélögum á Ísafirði, Akureyri, Reyðarfirði og Grundarfirði.

Þakkir

Öllum greinarhöfundum eru færðar innilegar þakkir fyrir þeirra framlag svo og Guðmundi Pálssyni og Eiríki Þ. Einarssyni, Hafrannsóknastofnuninni, fyrir leiðréttingar á málfari og umbrot og samræmingu á útliti heftisins sem einnig verður aðgengilegt á vef Hafrannsóknstofnunarinnar, www.hafro.is.

17. nóvember, 2004

Björn Björnsson,
Valdimar Ingi Gunnarsson

Cod Farming in Iceland

FOREWORD

The Icelandic Cod Project started in January 2002. The main objectives were to:

- Evaluate the competitiveness of cod farming in Iceland;
- Collect and distribute information and know-how regarding cod farming in Iceland;
- Formulate and develop a R&D strategy in the field of cod farming.

The project was collaboration between governmental institutes and private fishing companies. On the board were representatives from the Ministry of Fisheries, Marine Research Institute, University of Akureyri and from three fishing companies active in the field of aquaculture. To assist the project management team, specialist helped to collect information and evaluate the status of different segments of cod farming. The project management team consisted of:

- Gudbrandur Sigurdsson, Brim ehf, chairman
- Jón Thórdarsson, Department of Resources, University of Akureyri
- Finnbogi Jónsson, Samherji hf.
- Jóhann Sigurjónsson, Marine Research Institute
- Kristinn Hugason, Ministry of Fisheries
- Kristján G. Jóakimsson, Hradfrystihúsid-Gunnvör hf.

Strategy meeting in Reykholt

To establish strategy in research and development of cod farming a strategy meeting was held in Reykholt, Borgarfjörður 17-18 October 2002. Around 70 participants attended this meeting, scientists from universities and research institutes, entrepreneurs and representatives from banks, aquaculture and fisheries associations and governmental administration. In December 2002 the report "Cod farming in Iceland: Strategy in research and development" was published. In the report which is based on the results of the meeting in Reykholt important research and development tasks in the field of cod farming are listed. Natural conditions for cod farming in Iceland are difficult and therefore it is important to evaluate the most promising inshore areas for on-growing and to adapt aquaculture technology to the local conditions. Selective breeding is one of the prerequisite for increasing the competitiveness of the industry in the future. Although the above research areas have been given priority it is necessary to also work on some other areas which will ensure successful development of commercial cod farming in Iceland.

Recommendation for further work of the management team and special groups

In the strategy report "Cod farming in Iceland: Strategy in research and development" the following objectives of the management team were suggested:

- be a liaison to the Ministry of Fisheries and to the AVS- project management group (AVS (Aukið Virði Sjávarafurða) stands for increased value of fishery products)
- be leading in the work of special groups to ensure further strategic work within the industry
- acquire more information regarding the competitiveness of cod farming in Iceland
- to take initiative in regular assessments of the progress of research and development

To ensure co-ordination and co-operation in the development of cod farming in Iceland four special groups were established: a) environmental issues and farming techniques, b) juvenile production and selective breeding, c) on-growing and d) processing, quality and marketing. The objectives of the special groups are as follows:

- initiate important research projects
 - establish research groups and make connections with foreign scientists
 - be consultative/advising to the project management team
-

The special groups have continued their work from the meeting in Reykholt to formulate and develop a R&D strategy in the field of cod farming. In December 2003 representatives of the special groups reported their conclusions to the AVS-project management group. The special groups came to same main conclusions as the meeting in Reykholt but defined in more detail the individual projects to be implemented.

Aquaculture group

Minister of Fisheries appointed a group in Mars 2003 to work on aquaculture development in Iceland. The aquaculture group (www.fiskeldi.is), previously The Icelandic Cod Project, became a part of the AVS group (www.av.s.is), established by the Minister of Fisheries to look at possible ways to increase the value of Icelandic fisheries products. The aquaculture group consists of the previous management team of The Icelandic Cod Project plus Mr. Ingimar Jóhannsson from the Ministry of Agriculture and Eyjólfur Gudmundsson University in Akureyri who replaces Mr. Jón Thórdarson.

More information about the aquaculture group can be found on the internet (www.fiskeldi.is) including all reports published by the project.

Financing

The Icelandic Cod Project was financed in the year 2002 by the state budget and with some contribution from the industry. The project was initially structured in the year 2001 with financial support from The Icelandic Centre for Research. In the year 2003 the group was financed by the AVS fund. The members of the cod project are thankful for the financial assistance.

Flow of information

Good flow of information to the aquaculture industry was ensured. The internet site www.thorskeldi.is serves as a key media where all the reports from the project can be found, e.g. "Catching and ongrowing of cod" and "Cod farming in Iceland: Strategy in research and development". In spring 2002 The Icelandic Cod Project organised seminars on cod farming in Ísafjörður, Akureyri, Reydarfjörður and Grundarfjörður in co-operation with local development centres. This issue, devoted to cod farming in Iceland and published by the Marine Research Institute is the final task of The Icelandic Cod Project. The designated authors were asked to write a review in their field of expertise. The Icelandic Cod Project has participated with other Nordic countries in The Nordic Cod Project, which has the main objective to establish partnership in research and increase the flow of information. The Nordic Cod Project (www.torsk.net) organised a conference 13-14 February 2003 in Bergen.

Acknowledgements

We express our sincere gratitude to all the authors, to Gudmundur Palsson, MRI, for correcting the text and to Eiríkur Th. Einarsson, MRI, for preparing the manuscripts for publication and for standardizing the format of the issue. The publication will be accessible on the homepage of the Marine Research Institute, www.hafro.is.

November 17, 2004

Björn Björnsson
Valdimar Ingi Gunnarsson

Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við strendur Íslands

Steingrímur Jónsson (steing@unak.is)

Hafrannsóknastofnunin og Háskólinn á Akureyri
Pósthólf 224, 600 Akureyri

ÁGRIP

Steingrímur Jónsson 2004. *Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við strendur Íslands. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 9-20.*

Þegar fiskeldi hófst á Íslandi á nýnda áratug síðustu aldar varð mikil eftirspurn eftir upplýsingum um umhverfisaðstæður og þá sérstaklega eftir hitastigi á ýmsum stöðum við landið, en hitastigið er einn af þeim þáttum sem hvað mestu máli skipta fyrir fiskeldi. Til þess að kanna aðstæður til fiskeldis hér við land hóf Hafrannsóknastofnunin hitamælingar árið 1987 víða við strendur landsins og er hér gerð grein fyrir þessum mælingum fram til ársins 2000. Gerður er samanburður á hitastigi í þeim löndum við norðanvert Norður-Atlantshaf sem líklegast er að verði helstu keppinautar Íslendinga í þorskeldi. Hitastig er almennt lægra við Ísland en við nágrannalöndin. Það er því mjög lítil hættu á of háu hitastigi til þorskeldis hér við land. Meðalhitinn lækkar þegar farið er frá suðurströndinni sölarsinnis kringum landið. Það eru ekki margir dagar á ári sem hitastigið fer undir 0°C en það virðist einkum gerast vestanlands. Því er frekar ólíklegt að þorskur í eldi drepist hér vegna kulda. Árstíðasveiflan í hitanum er frekar lítil. Hún er mest vestanlands en minnst er hún við suður- og austurströndina. Breytingar milli ára eru töluverðar, einkum norðan- og vestanlands. Einnig er fjallað um strauma í fjörðum og endurnýjunartíma sjávar í þeim. Þar sem íslenskir firðir eru frekar breiðir og opnir fyrir úthafinu er endurnýjunartími þeirra frekar stuttur eða fáeinir vikur. Fáir firðir hafa þröskuld í mynninu og þeir eru því almennt ríkir af súrefni sem einnig endurnýjast tiltölulega hratt með straumum.

ABSTRACT

Steingrímur Jónsson 2004. *Temperature, currents and dissolved oxygen in the coastal sea around Iceland. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 9-20.*

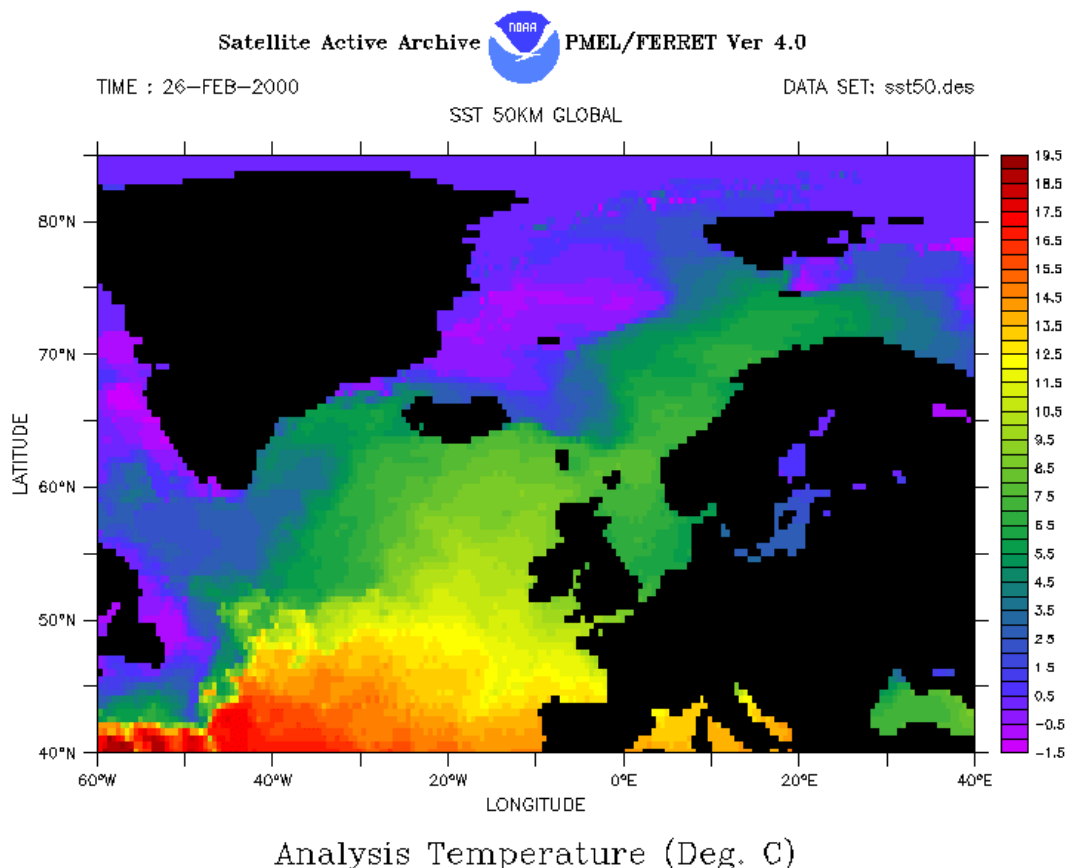
When aquaculture started to grow in Iceland in the 1980's there was an increasing demand for information concerning conditions for aquaculture, especially temperature, since it is one of the most important parameters for aquaculture. In response to this demand the Marine Research Institute began in 1987 measurements of temperature at various locations and in this paper the measurements until the year 2000 are described. A comparison is made with the temperature in the countries bordering the northern North Atlantic that are most likely to be the main competitors of Iceland in farming of cod. The temperature is generally lower around Iceland than can be found in the neighboring countries. There is therefore very little danger of too high temperature for cod farming. The average temperature lowers when going clockwise from the south coast and around the country. There are not many days per year with temperature below 0°C and this is most frequent along the west coast. It is therefore rather unlikely that cod in cages will die here because of too low temperature. The amplitude of the seasonal temperature cycle is generally rather small. It is largest at the west coast but smallest on the south and east coasts. Inter annual variations are significant, especially along the north and west coasts. Current measurements in fjords are discussed and related to the residence time of water in them. Since the Icelandic fjords are rather broad and open to the ocean outside, the flushing time is rather short or of the order of a few weeks. Very few Icelandic fjords have sills at their mouth and they are generally well oxygenated.

INNGANGUR

Þegar fiskeldi hófst á Íslandi á níunda áratug síðustu aldar varð mikil eftirspurn eftir upplýsingum um umhverfisaðstæður og þá sérstaklega eftir hitastigi á ýmsum stöðum við landið, en hitastig er einn af þeim þáttum sem hvað mestu máli skipta fyrir fiskeldi. Stafar það af því að vöxtur misheitra lífvera, svo sem fiska og hryggleysingja, er verulega háður hitastigi ef fæðuframboð er nægjanlegt (Björn Björnsson, 1997). Þetta er afar mikilvægt fyrir vistkerfið í hafinu við Ísland og einnig þegar hugað er að fiskeldi í sjó. Hvað varðar fiskeldi þá skiptir ekki eingöngu máli hversu hár meðalhitinn er, heldur einnig breytileiki hitans, svo sem hvort komið geti langir frostakaflar sem geti hreinlega drepíð eldisfiskinn eins og gerst hefur hér við land, t.d. lax í Hvalfirði (Eldisfréttir, 1988). Of

hátt hitastig getur einnig verið óhagstætt þar sem það getur aukið hættu á útbreiðslu sjúkdóma í eldisfiski (Björn Björnsson, 1997). Þá getur of hátt hitastig hamlað vexti fiska (Björn Björnsson & Agnar Steinarsson, 2002). Til þess að kanna aðstæður til fiskeldis hér við land hóf Hafrannsóknastofnunin hitamælingar árið 1987 víða við strendur landsins og verður hér gerð grein fyrir þessum mælingum fram til ársins 2000.

Það er tilgangslaust að ræða um aðstæður til fiskeldis á Íslandi, án þess að gera samanburð við aðstæður í öðrum löndum þar sem þessi atvinnuvegur er stundaður, vegna þeirrar samkeppni sem hlýtur að verða við þá staði. Bent hefur verið á að fiskeldi sé nú stundað á nyrstu nöfum Noregs, á breiddargráðum sem liggja langt norðan heimskautsbaugs. Það segir þó lítið um hvort hagkvæmt geti verið að stunda



1. mynd. Hitastig mælt frá gervihnöttum í norðanverðu Norður-Atlantshafi 26. febrúar 2000. Útbreiðsla Atlantssjávar markast í stórum dráttum af skilunum milli græna og bláa litarins á myndinni. Það sem er þar fyrir norðan og vestan er sjór sem er að verulegu leyti ættaður úr Norður-Íshafi (frá National Oceanic and Atmospheric Administration, USA, www.saa.noaa.gov/).

Figure 1. Sea surface temperature in the northern North Atlantic on 26 February 2000 measured from a satellite. The distribution of Atlantic water is marked by the separation between green and blue. To the north and west of that separation is water originating in the Arctic Ocean (based on data from National Oceanic and Atmospheric Administration, USA, www.saa.noaa.gov/).

fiskeldi á Íslandi eða Labrador en það síðar-nefnda nær þó suður undir 50°N, en enn hefur engum dottið í hug að þar sé hægt að ala fisk á hagkvæman hátt. Það er dreifing sjógerða í Norður-Atlantshafi sem ræður mestu um hitafar í sjónum á þessum slóðum og er því ekki úr vegi að byrja á því að kynna sér hana.

Hitastig í norðanverðu Norður-Atlantshafi er sýnt á 1. mynd. Um mestan hluta Norður-Atlantshafs er svokallaður Atlantssjór ríkjandi í yfirborðslögum og er þykkt hans hundruð metra. Hann á uppruna sinn langt suður í höfum og megineinkenni hans eru hátt hitastig og há selta. Atlantssjórinn sést á 1. mynd sem rauður syðst en kólnar eftir því sem norðar dregur, táknað með gulu og síðan grænu á myndinni. Þessi sjór berst með Golfstraumnum meðfram austurströnd Bandaríkjanna en þegar hann kemur að Cape Cod sveigir hann til austurs yfir Atlantshafið og heitir eftir það Norður-Atlantshafsstraumurinn. Megnið af honum streymir aftur til suðurs við Portúgal (Azoreyjastraumur). Stærsta greinin, sem heldur áfram til norðurs fer inn í Noregshaf (Noregsstraumur) og er næstum jafnmikið streymi milli Skotlands og Færeyja og fyrir norðvestan Færeyjar. Hluti af straumnum fer síðan inn í Barentshaf en hluti heldur áfram í átt að Svalbarða sem Vestur-Svalbarðastraumur.

Til Íslands berst ein grein Norður-Atlantshafsstraumsins (Irmingerstraumur) og er suður- og vesturströnd landsins umlukin þeim sjó. Meginhluti þessa straums sveigir síðan í átt til Grænlands út af Breiðafirði. Norður fyrir land berst einungis lítill hluti þessa sjávar eða u.þ.b. 1/10 af því sem er í Noregsstraumi og einnig er þessi sjór mun kaldari en sjórinn í Noregsstraumi. Mjög miklar sveiflur eru í þessu flæði og er það mjög breytilegt milli ára og hefur það veruleg áhrif á hitafar í sjónum úti fyrir Norður- og Austurlandi. Á 1. mynd sést vel hversu veikur þessi straumur er, en mjó græn tunga nær rétt norður fyrir Horn en síðan hverfur hún. Eftirtektarvert er að í Barentshafi er tunga Atlantssjávar mun breiðari en norðan Íslands og nær græni liturinn þar austur fyrir 30°A, en það er svipað og austustu mörk Noregs.

Úr Norður Íshafinu berst ískaldur og seltulítill pólsjór milli Grænlands og Svalbarða sem síðan streymir meðfram austurströnd Grænlands. Megnið af honum berst út um Grænlands-sund og mætir þar Atlantssjónum. Pólsjórinn, sem er léttari en Atlantssjórinn flýtur ofan á Atlantssjónum og heldur honum frá ströndinni.

Pólsjór liggur því við ströndina innan við Atlantssjóinn allt frá Grænlandssundi, og yfir til Labrador og Nýfundnaland.

Hitastig við strendur norðanverðs Norður-Atlantshafsins mótast mest af þessum tveim sjógerðum, þ.e. Atlantssjó og pólsjó.

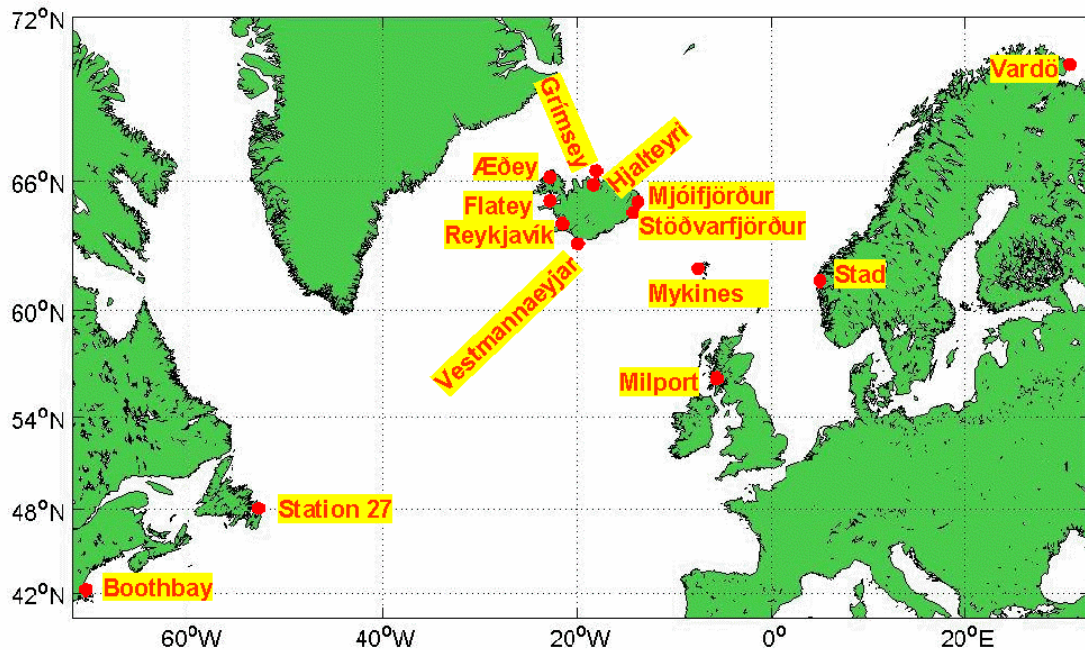
GÖGN

Síðan 1987 hefur Hafrannsóknastofnunin verið með nokkuð reglulegar mælingar á hitastigi sjávar á sjö stöðum við landið, þ.e. í Reykjavík, Flatey, Æðey, Grímsey, Hjalteyri, Mjóafirði og Stöðvarfirði. Í Vestmannaeyjum hófust samskonar mælingar um áramótin 1998/1999. Hitamælarnir hafa að jafnaði verið festir á bryggjustólpa um 1,5 metra neðan við stórstraumsfjöru. Notaðir hafa verið hitamælur sem fyrirtækið Hugrún ehf. framleiddi en Stjórnu-Oddi framleiðir nú. Mælarnir eru stilltir þannig að hitastigið er skráð á tveggja klukkustunda fresti. Af ýmsum ástæðum s.s. gölluðum rafhlöðum og skemmdum á mælingastað eru eyður í mælingunum. Þessar eyður skapa ýmsa erfiðleika við tölfræðilega úrvinnslu þessara gagna. Á 4. mynd má sjá yfir hvaða tímabil mælingarnar ná á hverjum stað og einnig hvar eyður eru í mælingunum. Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum þessara mælinga fram til ársins 2000. Til eru margar styttri mælingar frá fleiri stöðum og vísast í Stefán Kristmannsson (1989, 1991) hvað þær varðar, en þar er gerð grein fyrir þessum mælingum fram til 1990. Hægt er að nálgast þessi gögn á vef Hafrannsóknastofnunarinnar (www.hafro.is).

Hér verður einnig gerð grein fyrir hitastigi við strendur norðanverðs Norður-Atlantshafs og byggt á mánaðarmeðaltölum frá þeim stöðum sem merktir eru á kortinu á 2. mynd. Heimilda hefur verið aflað víða, frá Skotlandi (www.marlab.ac.uk/Ocean/OCEAN.html), Færeyjum (Hansen, Bogi 2000), Svartnes (Eilertsen o.fl. 1981), öðrum stöðum í Noregi (Breen, 1986) og Kanada (www.maritimes.dfo.ca/science/ocean/ocean_data.html og www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca/zmp/hydro_data_e.html).

Meðalhiti

Meðalhiti allra almanaksmánaða er sýndur á 3. mynd fyrir alla reglubundna mælingastaði við landið og sýnir myndin dæmigerða árstíðasveiflu hitans. Einnig eru sýnd staðalfrávik sem eru í þessu tilviki mælikvarði á breytileika hitastigsins milli ára. Þar er líka gefinn upp



2. mynd. Kort af Norður-Atlantshafi þar sem sjávarhiti við yfirborð var skoðaður.

Figure 2. A map of the North Atlantic where sea surface temperature was studied.

ársmeðalhiti og er hann hæstur í Vestmannaeyjum $8,02^{\circ}\text{C}$ en þess ber þó að geta að einungis er þar um að ræða mælingar frá árunum 1999 og 2000 en bæði þessi ár voru fremur hlý. Hitinn fer síðan í meginatriðum lækkandi þegar farið er sólarinnis kringum landið og er lægstur í Stöðvarfirði $3,84^{\circ}\text{C}$. Þetta er í samræmi við minnkandi áhrif Atlantssjávar og aukin áhrif kalds sjávar úr norðri þegar farið er sólarinnis kringum landið.

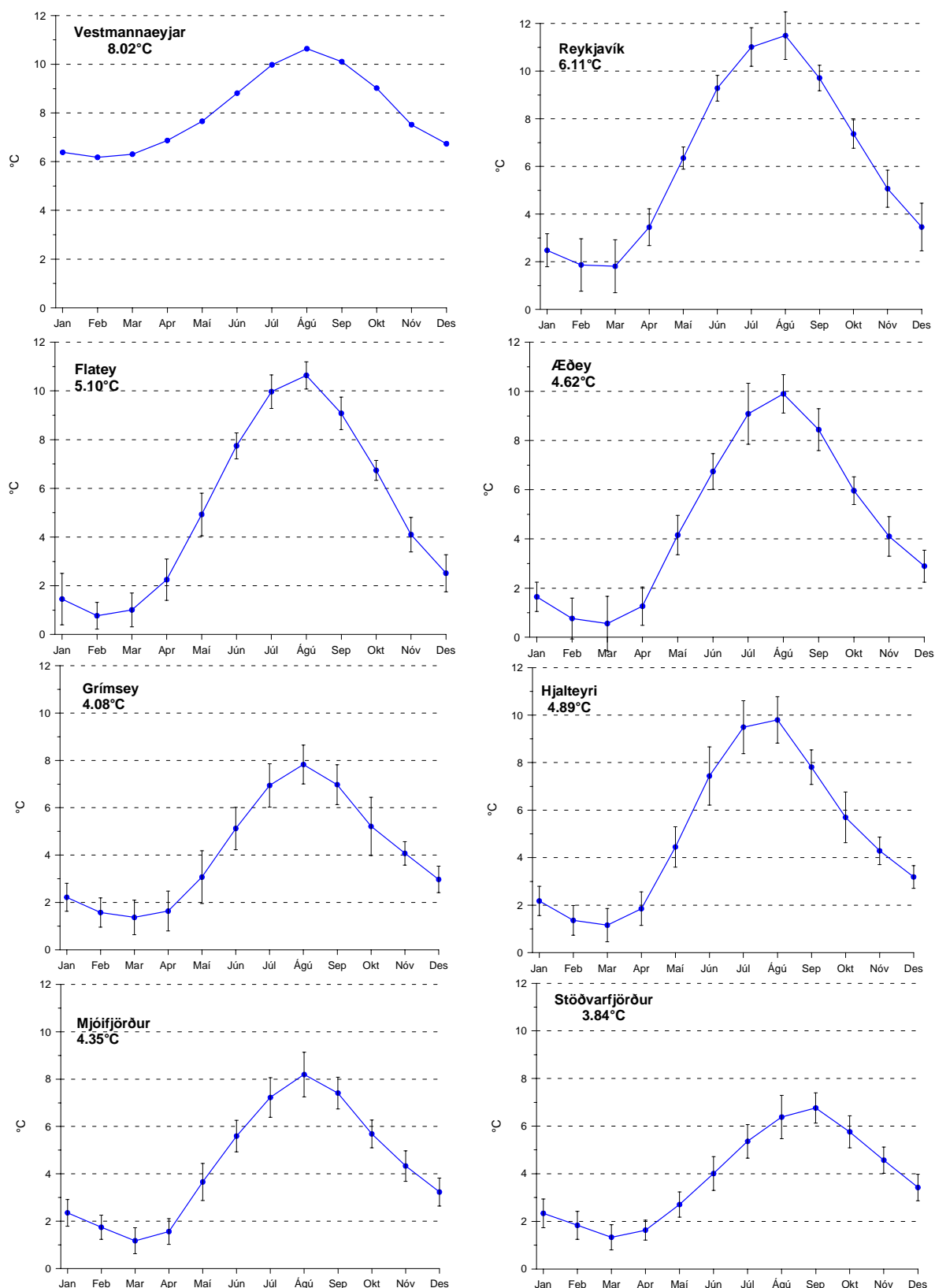
Lægstum meðalhita er náð í febrúar eða mars og hitinn hefur hækkað nokkuð í apríl á öllum stöðum. Langhæst er lágmarkið í Vestmannaeyjum, rúmlega 6°C en lægst við Aðey $0,6^{\circ}\text{C}$. Á myndinni sést að hiti er mjög svipaður við landið yfir köldustu mánuðina eða um $1-2^{\circ}\text{C}$ ef undan eru skildar Vestmannaeyjar.

Hámarkshita er náð síðla sumars eða í ágúst á öllum stöðum nema í Stöðvarfirði þar sem hitinn er örlítið hærri í september. Mun meiri munur er á hámarkshita á milli staða en á lágmarkshita. Þannig er hámarkshiti í Reykjavík hæstur eða $11,5^{\circ}\text{C}$ en lægstur í Stöðvarfirði $6,8^{\circ}\text{C}$. Ástæðan fyrir meiri mun á hámarkshita en lágmarkshita milli staða er sú að yfir kaldari mánuði ársins er meiri blöndun á sjónum og því þarf að hita eða kæla þykkara lag af sjó yfir vetrarmánuðina. Það þarf því meiri orku til að hafa áhrif á hitastigið. Yfir sumarmánuðina er minni blöndun og þá myndast tiltölulega þunnt

yfirborðslag sem er einangrað frá kaldari sjó sem liggur undir og minni orku þarf þá til að hækka hitastigið í þessu tiltölulega þunna lagi. Árstíðasveiflan er þess vegna töluvert mismunandi milli staða og er hún mest í Reykjavík eða $9,7^{\circ}\text{C}$ en minnst $4,2^{\circ}\text{C}$ í Vestmannaeyjum og $5,5^{\circ}\text{C}$ í Stöðvarfirði. Einnig er hún tiltölulega lítil í Grímsey og Mjóafirði.

Vestmannaeyjar skera sig úr hvað varðar háan vetrarhita og litla árstíðasveiflu. Þetta stafar af því að eyjarnar eru umluktar einsleitum Atlantssjó allt árið og lagskipting verður aldrei mikil. Svipað má segja um Grindavík en þar var lægsti meðalhitinn í febrúar $5,0^{\circ}\text{C}$ en hæstur í ágúst $11,0^{\circ}\text{C}$ (Unnsteinn Stefánsson, 1985). Því er ástæða til að ætla að slíkt hitafar eigi við um alla suðurströnd landsins.

Stöðvarfjörður virðist vera afbrigðilegur um margt. Árstíðasveiflan er mjög lítil, með mjög lágt hitastig yfir sumarið en vetrarhitinn er svipaður og annars staðar. Hámarkshitinn í Stöðvarfirði mælist ekki fyrr en í september og sumarupphitunin er mun hægari sem sést af minni halla ferilsins yfir vor- og sumarmánuðina en annars staðar. Allir þessir þættir stafa af því að blöndun af völdum sjávarfallastrauma, sem eru kröftugir við Austurland, er mjög mikil og hindrar það að þunnt yfirborðslag myndist í firðinum. Upphitunin að sumarlagi dreifist því yfir meira dýpi en annars staðar og hitastigið



3. mynd. Meðalhitastig í °C í hverjum mánuði. Lóðréttu strikin sýna eitt staðalfrávik. Í Vestmannaeyjum er einungis um að ræða gögn frá 1999 og 2000 og því eru ekki teiknuð staðalfrávik þar. Einnig er ársmeðalhitinn sýndur.

Figure 3. The average temperature for each month showing the seasonal variation. The vertical bars indicate one standard deviation. For Vestmannaeyjar only data from the years 1999 and 2000 exist and therefore the standard deviation is not shown. Also the average temperature is indicated.

nær því ekki að hækka jafnmikið. Stöðvarfjörður er einnig frekar stuttur og blöndun við sjóinn úti fyrir er því tiltölulega mikil sem hindrar enn frekar að lagskipting myndist.

Mælingarnar hafa yfirleitt verið gerðar við bryggju inni í höfnum en þar eru sveiflur yfirleitt meiri en lengra úti. Því gæti hugsast að hitastigsdreifingin væri eitthvað önnur þar sem kvíar yrðu staðsettar en inni í höfnum. Ef skoðað er hitastig á siglingaleið umhverfis landið á tímabilinu 1949-1966, en það tímabil var fremur hlýtt hér við land (Unnsteinn Stefánsson, 1969), þá kemur í ljós að munurinn á meðalhita þar og þeim gögnum sem hér er fjallað um er ekki mikill. Árstíðasveiflan er dálítið minni á siglingaleiðinni en hér er greint frá.

Unnsteinn Stefánsson (1970) rannsakaði hitastig á fjórum stöðum við landið, þ.e. Reykjavík, Látrabjarg, Grímsey og Vestmannaeyjar, fyrir tímabilið 1960-1969. Niðurstöður hans eru mjög áþekkar því sem hér kemur fram.

Kjörhiti til vaxtar lækkar með þyngd frá um 17°C fyrir tveggja g seiði í um 7°C fyrir tveggja kg fisk, (Björn Björnsson o.fl. 2001; Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002). Einnig kemur þar fram að kjörhiti til fóðurnýtingar, m. t.t. affalla er nokkru lægri en kjörhiti til vaxtar.

Miðað við þessar tölur er lítil hætt á að hitastig sjávar við Ísland verði of hátt. Reyndar er meðalhitastig í sjónum við Ísland frekar nálægt kjörhita stærri þorsks. Gögn um árstíðabreytingar á hita á mismunandi dýpum eru til frá Eyjafirði (Steingrímur Jónsson, 1996) og Ísafjarðardjúpi (Ólafur Ástþórsson & Ástþór Gíslason, 1992; Ólafur Ástþórsson & Guðmundur S. Jónsson, 1988).

Frávik frá meðalhita hvers mánaðar

Það er vel þekkt að árferði í sjónum við Ísland getur verið mjög mismunandi milli ára. Sérstaklega á þetta við um hafsvæðið norðan og austan við landið þar sem mjög mismunandi er hversu mikil áhrif Atlantssjávarins eru. Frávik frá meðalhita hvers mánaðar eru sýnd á 4. mynd. Á henni sést að 1987 var fremur hlýtt, sérstaklega um vorið. Síðan tók við kalt tímabil fram til haustsins 1990 en þá hófst hlýindakaflinn sem entist til vorsins 1992. Þessara hlýinda gætti á öllum stöðum en mest þó við norður- og austurströndina.

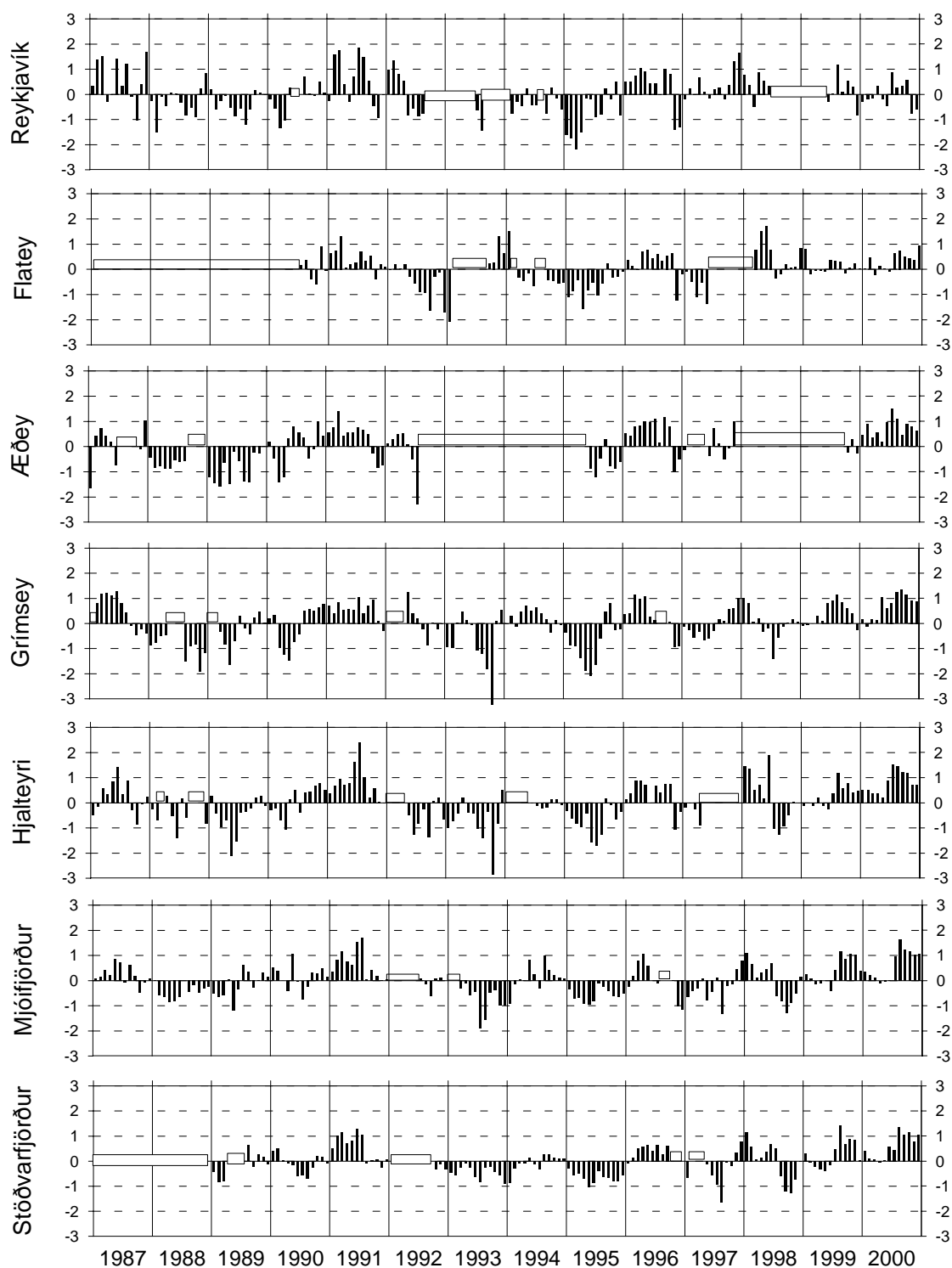
Seinni hluta ársins 1992 og fram til 1996 var fremur kalt en þó breytilegt ástand. Vorið 1995 var mjög kalt í Grímsey og við Hjalteyri og upphitun yfirborðslagsins um vorið hófst ekki

fyrir en seint í apríl. Kælingin var þó ekki bundin við svæðið fyrir norðan land heldur gætti hennar á öllum stöðunum. Þetta vor og veturinn á undan var mjög lítið streymi Atlantssjávar inn á Norðurmið. Árið 1996 varð síðan breyting til batnaðar á öllum stöðum nema hvað tveir síðustu mánuðir ársins voru undir meðaltali. Árin 1997 og 1998 skiptust á köld og hlý tímabil en breytingar voru fremur litlar. Síðustu tvö árin voru mjög hlý og var þetta tímabil það hlýjasta á þessu fjórtán ára tímabili sem hér er til umfjöllunar, sérstaklega norðanlands og austan, en á þessum árum varð vart við aukið streymi Atlantssjávar inn á Norðurmið.

Það vekur athygli hversu mikið samræmi er í frávikunum á milli staða, sérstaklega milli þess sem gerist fyrir norðan og austan land, þar sem meiri áhrifa af kaldari sjó að norðan gætir, og svo þess sem gerist fyrir sunnan og vestan land þar sem nær eingöngu gætir áhrifa Atlantssjávarins. Þetta gæti bent til þess að hitamælingarnar séu að einhverju leyti tengdar lofthita yfir landinu sem ekki er óeðlilegt þar sem um er að ræða yfirborðsmælingar nálægt landi.

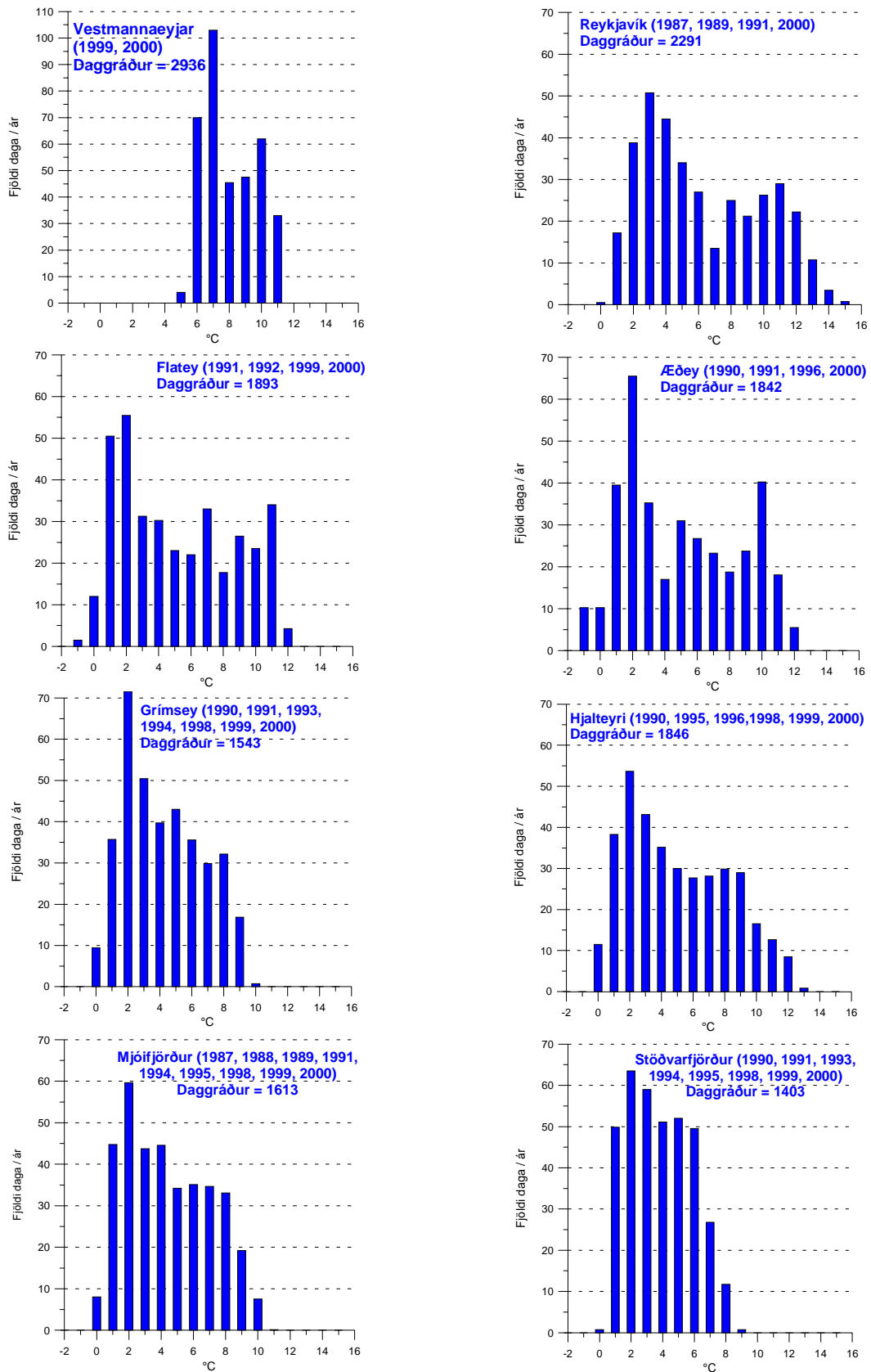
Daggráður

Breytileiki hitans er mjög mikilvægt atriði þegar hugað er að staðsetningu fiskeldis. Nauðsynlegt er t.d. að hafa hugmynd um hvort eða hversu oft megi búast við löngum frostaköflum sem geti haft áhrif á ástand fisksins, en í Hvalfirði olli slíkur frostakafl dauða laxa í kvíum í firðinum, (Eldisfréttir 1988). Ennfremur getur of hátt hitastig valdið aukinni hættu á útbreiðslu sjúkdóma í eldisfiski (Björn Björnsson 1997). Til þess að átta sig á þessum þáttum er á 5. mynd sýndur fjöldi daga að meðaltali á ári sem hitastigið er á einnar gráðu bili í kringum heila gráðu. Eingöngu eru notuð þau ár þar sem nægileg gögn eru til fyrir allt árið til að hægt sé að brúa þau línulega. Árin sem notuð eru á hverjum stað eru tiltekin á hverju línuriti. Aðeins í Æðey og Flatey hefur hitastig mælst undir -0,5°C á þeim árum sem notuð voru. Algengasta hitastigið er 1,5-2,5°C sem eins og fram hefur komið er algengasta hitastig seinni hluta vetrar. Mesta dreifingu sýnir hitastig sjávar vestanlands en dreifingin er minni fyrir norðan, en þó sérstaklega í Stöðvarfirði en þar fer hitastigið sjaldan niður fyrir frostmark en líka mjög sjaldan yfir 8°C. Ástæður þessa hafa verið raktar hér á undan. Einnig er dreifing hitastigsins mjög lítil í Vestmannaeyjum þar sem vetrarhitinn fer nánast aldrei niður fyrir 5°C.



4. mynd. Frávik frá meðalhita hvers mánaðar í °C. Eyðurnar tákna að mælingar séu ekki til.

Figure 4. The deviation from the average temperature for each month of the year. Gaps indicate that data do not exist.



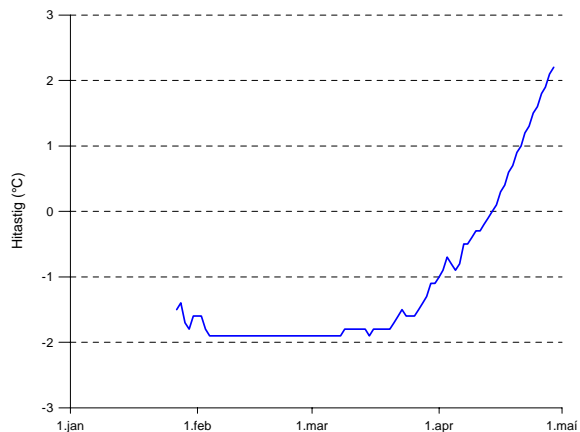
5. mynd. Fjöldi daga að meðaltali á ári sem hitastigið er $\pm 0,5^\circ\text{C}$ frá heilli gráðu. Árin sem notuð eru á hverjum stað eru gefin upp á myndinni. Daggráðurnar eru summan af margfeldi á hæð súlnanna með tilheyrandi hitastigi.

Figure 5. The average number of days where the temperature lies within $\pm 0.5^\circ\text{C}$ from each degree. The years used for each site are shown. The day-degrees are the sum of the heights of the columns multiplied by the corresponding temperature indicating the amount of heat present at each site.

Mælikvarði sem oft er notaður í fiskeldi eru svokallaðar daggráður en það er summan af margfeldi hitastigsins og dagafjölda sem hitastigið er á ákveðnu bili. Hér er það reiknað þannig að hæð súlnanna á 5. mynd er margfölduð með hitastiginu sem á við hverja súlu og þær tölur síðan lagðar saman. Með þessu fæst ein tala sem á einfaldan hátt gefur til kynna heildarvarmamagnið á staðnum og segir því mikið til um vaxtarskilyrðin fyrir eldisfiskinn. Þessi tala er gefin upp á 5. mynd og er hún hæst í Vestmannaeyjum eða 2936 en þess ber þó að geta að einungis er þar um að ræða mælingar frá árunum 1999 og 2000 en bæði þessi ár voru fremur hlý. Þessi tala lækkar síðan í meginatriðum þegar farið er sólarinnis kringum landið svipað og meðalhitinn gerir og er hún lægst í Stöðvarfirði, 1403.

Hitastig og frostþol þorsks

Frostþol þorsks hefur verið kannað við Kanada. Komið hefur í ljós að þorskur þolir allt að $-1,7^{\circ}\text{C}$ sem er mjög nálægt frostmarki fullsalts sjávar (Fletcher o. fl. 1997). Skilyrði fyrir því er að þorskurinn komist ekki í snertingu við ískristalla sem geta borist niður í sjóinn með umróti. Nánar er fjallað um frostþol þorsks annars staðar í þessu riti (Valdimar Ingi Gunnarsson o. fl. 2004). Hættan á þessu hér við land er sennilega frekar lítil ef þess er gætt að velja ekki staði inni á grunnnum fjörðum. Á árunum 1987-2000 voru einungis örfáir dagar með hitastig undir 0°C . Að meðaltali voru þeir flestir vestanlands, fjórir á ári í Reykjavík, 6 í Flatey og 14 í Æðey en mun færri eða engir á öðrum stöðum. Ef skoðaður er dagafjöldi með hita undir -1°C þá eru þeir enn færri og flestir eða tveir að meðaltali á ári í Æðey en annars staðar undir einum á ári. Þó að þetta séu fáir dagar á ári að meðaltali þá eru árin mismunandi og voru t.d. 42 dagar í Æðey undir 0°C fyrri part árs 1990, þar af 10 undir -1°C . Flesta þessa köldu daga eru sennilega froststillur þannig að það eru einungis allra efstu metrarnir sem kólna svona mikið en undir er svo heitari sjór og ískristallar ná ekki að berast niður í sjóinn. Þess vegna er sennilega lítil ástæða til að óttast að þorskur drepist vegna kulda í kvíum sem eru staðsettar í dýpri fjörðum við Ísland. En það eru til dæmi um að hitastig í fjörðum við Ísland sé við frostmark sjávar í lengri tíma og er það sýnt á 6. mynd sem sýnir yfirborðshita í Kjálkafirði á Barðaströnd. Þessi fjörður er mjög grunnur og aðgengi að úthafinu takmarkað og því nær hann



6. mynd. Hitastig í Kjálkafirði á Barðaströnd árið 1989.

Figure 6. The surface temperature at Kjálkafjörður, west Iceland in 1989.

að kólna að frostmarki alveg niður til botns.

Þess ber að geta að ekkert af þessum 14 árum sem hér er fjallað um er svokallað hafísár eins og árin 1965 og 1967-1969 en ef hafís leggst að landinu þá fylgir honum sjór sem getur verið mjög nálægt frostmarki sjávar niður á nokkurra tuga metra dýpi. Í slíku árferði gæti komið til þess að þorskur mundi drepast vegna kulda. Um hafís og hafískomur til Íslands er nánar fjallað annars staðar í þessu riti (Þór Jakobsson 2004).

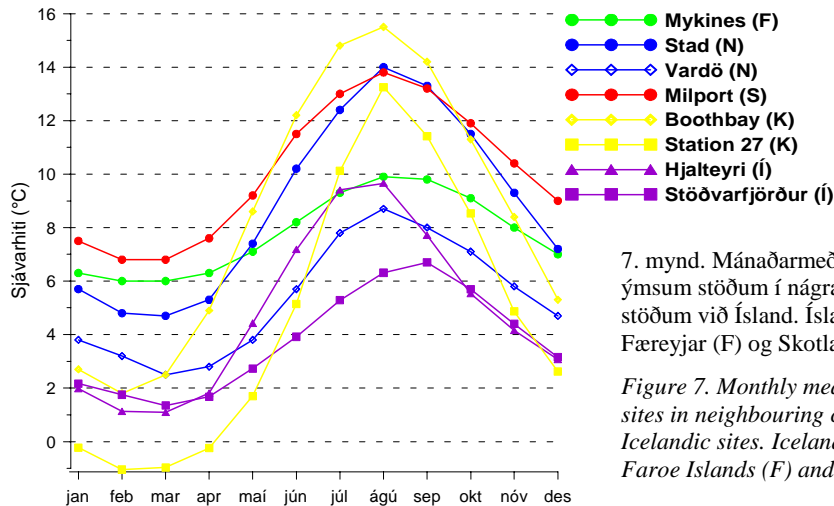
Samanburður við önnur lönd

Á 7. mynd eru sýnd mánaðarmeðaltöl sjávarhita á nokkrum stöðum í nágrannalöndunum. Við Kanada getur hitastig að vetrarlagi orðið mjög lágt og víða farið niður að frostmarki sjávar í lengri tíma sem skapar hættu fyrir þorsk í kvíum. Þetta sést einkar vel á Station 27 sem er austast á Nýfundnalandi en þar er yfirborðshitinn undir 0°C í fjóra mánuði á ári. Einnig getur hitastig orðið óþarflega hátt til þorskeldis að sumri víða við austurströnd Kanada sem líka er óhagstætt.

Við Færeyjar er ástandið mjög áþekkt því sem er í Vestmannaeyjum en báðir þessir staðir eru umluktir Atlantssjó árið um kring. Færeysku firðirnir kólna þó mun minna að vetrarlagi og haldast sennilega nær kjörhita þorsks en þeir íslensku.

Við Skotland sem einnig er umlukið Atlantssjó árið um kring getur yfirborðshiti yfir sumarið orðið óþarflega hár til eldis á stærri þorski.

Í Norður-Noregi eru aðstæður áþekkar því sem gerist hér við land. Eftir því sem farið er sunnar með Noregi hækkar hitastigið og getur þá farið vel yfir kjörhita stærri þorsks yfir sumarið.



7. mynd. Mánaðarmeðaltöl sjávarhita við yfirborð á ýmsum stöðum í nágrannalöndunum ásamt nokkrum stöðum við Ísland. Ísland (Í), Noregur (N), Kanada (K), Færeyjar (F) og Skotland (S)

Figure 7. Monthly means of surface temperature at some sites in neighbouring countries together with some Icelandic sites. Iceland (Í), Norway (N), Canada (K), Faroe Islands (F) and Scotland (S).

Til að koma í veg fyrir að fiskurinn sé við of hátt hitastig yfir sumarið er hægt að sökkva kvíunum dýpra þar sem sjór er kaldari og fiskurinn getur einnig leitað þangað af sjálfsdáðum ef kvíarnar eru nægilega djúpar.

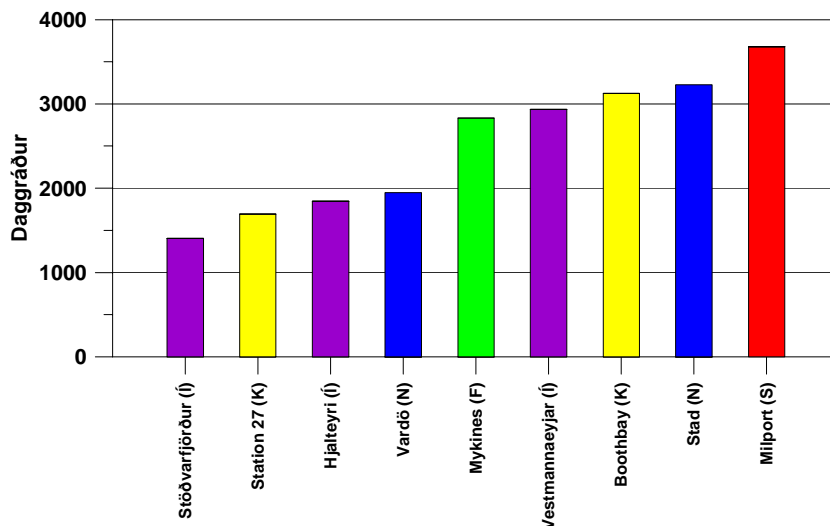
Ef miðað er við daggráður raða staðir við Ísland sér að mestu í neðstu sætin að undanteknum Vestmannaeyjum (8. mynd). Einnig eru daggráður hér álíka margar og í Norður-Noregi og við Nýfundnaland, en þar er stundað þorskeldi.

Straumar

Ýmis önnur atriði en hitastig geta haft áhrif á fiskeldi og eitt þeirra er hvernig umhverfið ræður við það aukna álag og mengun sem eldinu fylgir og einnig hvernig það getur fært fiskunum það súrefni sem til þarf. Í því sambandi er nauðsynlegt að athuga strauma og endurnýjun sjávar. Firðir á Íslandi eru frekar breiðir og opnir fyrir úthafinu. Margir firðir, t.d. í Færeyjum og Noregi, hafa þröskuld nálægt mynninu

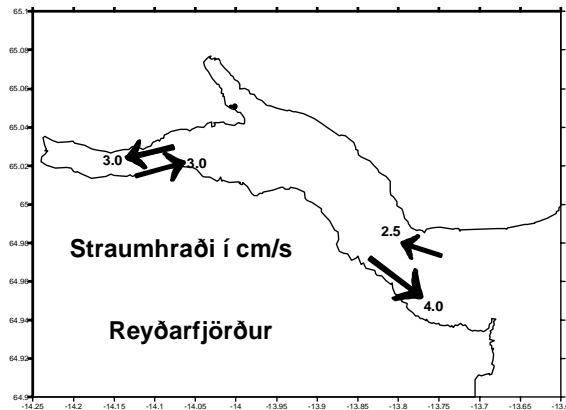
sem þýðir að endurnýjun sjávar í djúplögum fyrir innan þröskuldinn er hægt sem oft leiðir til súrefnisskorts þar. Getur úrgangur frá fiskeldi haft veruleg áhrif til hins verra á súrefnissinnihald í djúplögum slíkra fjarða. Einungis örfáir firðir við Ísland hafa slíkan þröskuld og þeir liggja frekar djúpt. Því er endurnýjun sjávar í íslenskum fjörðum oft hraðari en annars staðar þar sem fiskeldi er stundað. Straumar geta einnig valdið álagi á kvíar og jafnvel skemmdum ef ekki er rétt að málum staðið.

Ekki hafa verið gerðar margar umfangsmiklar rannsóknir á straumum í fjörðum á Íslandi og hafa þær aðallega verið gerðar að sumarlagi. Þetta hefur verið gert t.d. í Eyjafirði, Reyðarfirði og reyndar víðar. Oftast hafa þessar mælingar verið gerðar í tengslum við einhverjar framkvæmdir svo sem stóriðju, fiskeldi eða frárennsli. Í Reyðarfirði voru gerðar straum-mælingar með síritandi mælum sem mældu á 10 mínútna fresti frá 28. júlí til 2. október 2000 (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl. 2001). Samskonar mælingar voru gerðar í Eyjafirði sumarið 1992,



8. mynd. Daggráður á þeim stöðum sem sýndir eru á 2. mynd. Ísland (Í), Noregur (N), Kanada (K), Færeyjar (F) og Skotland (S).

Figure 8. Day-degrees, i.e. the product of temperature and the number of days for the sites in Fig. 2. Iceland (Í), Norway (N), Canada (K), Faroe Islands (F) and Scotland (S).



9. mynd. Meðalstraumur í cm/s á 10 metra dýpi í Reyðarfirði yfir tímabilið frá 28. júlí til 2. október 2000.

Figure 9. Mean current in cm/s at 10 m depth in Reyðarfjörður in the period from 28 July to 2 October 2000.

(Steingrímur Jónsson og Kristinn Guðmundsson, 1994; Steingrímur Jónsson, 1996).

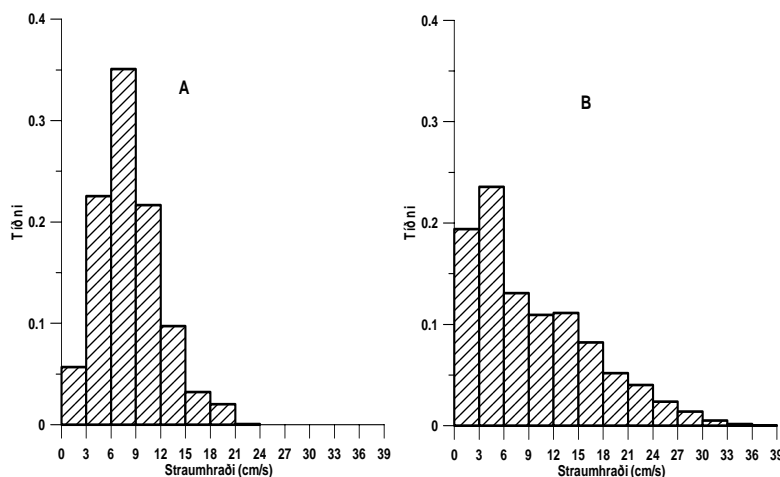
Svo virðist sem svipuð megineinkenni séu á straumum í þessum fjörðum. Straumur liggur yfirleitt samsíða dýptarlínunum. Innstreymi virðist vera hægra megin fjarðarins þegar horft er inn fjörðinn en útstreymi hinum megin (9. mynd). Meðalstraumhraði hefur mælst í kringum 5 cm/s en breytileikinn er töluverður. Sjórinn er þó yfirleitt alltaf á einhverri hreyfingu t.d. vegna sjávarfallastrauma. Endurnýjunartími sjávar hefur verið metinn fyrir Reyðarfjörð og fyrir fjörðinn í heild var niðurstaðan 4-5 vikur, en ef einungis var tekinn innri hluti fjarðarins fengust 8-9 dagar (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl. 2001). Fyrir Eyjafjörð hefur endurnýjunartíminn verið áætlaður 9-10 dagar. Vindur úti fyrir fjarðarmynninu virðist hafa áhrif á straumana og stjórna að verulegu leyti vatnsskiptunum. Þar sem hér hefur eingöngu verið rætt um mælingar

að sumarlagi má vænta þess að vatnsskiptin séu jafnvel örari að vetrarlagi þegar meiri vindur er. Einnig má búast við að straumhraði geti orðið meiri að vetrarlagi í hvassviðrum en ekki eru til nægilega miklar mælingar til að meta hversu mikill straumhraðinn getur orðið.

Of lítill straumhraði getur valdið lækkandi súrefnismagni í kvíum en of mikill straumhraði veldur miklu álagi á kvíar með hugsanlegum skemmdum á þeim. Dreifing straumhraðans er því mikilvæg, sérstaklega til að átta sig á hversu oft má búast við straumleysi og einnig hvenær megi búast við mjög miklum straumi. Á 10. mynd er sýnd dreifing straumhraða á tveim stöðum í Eyjafirði á 15 metra dýpi byggð á mælingum á 10 mínútna fresti, annars vegar við Dagverðareyri þar sem botndýpi er 55 metrar, og hins vegar í mynni fjarðarins vestanmegin þar sem botndýpi er 103 metrar. Straumhraðinn er minni innar í firðinum en út við mynnið. Þessar mælingar voru gerðar sumarið 1992 (Steingrímur Jónsson, 1996). Mjög lítið er til af straummælingum að vetrarlagi í íslenskum fjörðum og því lítið hægt að segja um hversu mikill straumur getur orðið en slíkt er ábyggilega mjög staðbundið.

Súrefni

Vegna atriða sem fram komu í síðasta kafla má gera ráð fyrir að endurnýjun sjávar í íslenskum fjörðum sé oft hraðari en í öðrum löndum þar sem fiskeldi er stundað. Samt sem áður hefur fiskur drepist vegna súrefnisskorts í eldiskvíum hér við land. Það var árið 2001 í Lóni í Kelduhverfi en þar háttar þannig til að sjór streymir inn í lónið og leggst á botninn en yfir liggur ferskara og léttara vatn sem einangrar sjóinn frá því að endurnýja súrefni sitt með



10. mynd. Dreifing straumhraða á tveim stöðum í Eyjafirði á 15 metra dýpi byggð á mælingum á 10 mínútna fresti, annars vegar við Dagverðareyri þar sem botndýpi er 55 metrar (A), og hins vegar í mynni fjarðarins vestanmegin þar sem botndýpi er 103 metrar (B).

Figure 10. Distribution of current speed at two sites in Eyjafjörður, north Iceland, at 15 m depth based on measurements at 10 minutes interval: (A) at Dagverðareyri in the inner part of the fjord where the bottom depth is 55 m, (B) at the mouth of the fjord on the western side where the bottom depth is 103 m.

snertingu við andrúmsloftið. Með tímanum eyðist súrefnið í neðra laginu vegna niðurbrots á fódurleifum og saur þar til það er uppurið. Ef þetta súrefnissnauda vatn nær síðan að streyma upp og fylla kvíarnar er fiskinum bráður bani búinn. Ekki er vitað til að staðfest hafi verið súrefnisþurrð í íslenskum fjörðum nema þar sem eru lón sem sjór streymir inn í. Það hefur til dæmis gerst í Lóni í Kelduhverfi, í Ólafsfjarðarvatni (Unnsteinn Stefánsson og Björn Jóhannesson 1983) og í Miklavatni í Fljótum (Unnsteinn Stefánsson og Björn Jóhannesson 1978).

ÞAKKIR

Mjög margir aðilar hafa komið að söfnun og úrvinnslu þeirra gagna sem hér hefur verið fjallað um. Eru það bæði starfsmenn Hafrannsóknastofnunarinnar sem og ýmsir aðilar sem annast hafa umsjón með hitamælum á hverjum stað. Er þeim öllum þakkað þeirra framlag.

HEIMILDIR

- Björn Björnsson 1997. Vöxtur og fódurnýting þorsks í eldistilraunum ásamt mati á heildaráti íslenska þorskstofnsins. Í: Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 57*: 217-225.
- Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002. The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 494-502.
- Björn Björnsson, Agnar Steinarsson & Matthías Oddgeirsson 2001. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science* 58: 29-38.
- Breen, O. 1986. *Oceanografi*. Gyldendal Norsk Forlag, Oslo, 179 bls.
- Eilertsen, H.Chr., Falk-Petersen, S., Hopkins, C.C.E. & Tande, K. 1981. Ecological investigations on the plankton community of Balsfjorden, Northern Norway. Program for the project, study area, topography, and the physical environment. *Sarsia*, 66: 25-34.
- Eldisfréttir 1988. Sjávarkuldí í Hvalfirði. *Eldisfréttir* 4(1): 19.
- Fletcher, G.L., Wroblewski, J.S., Hickey, M.M., Blanchard, B., Kao, M.H. & Goddard, S.V. 1997. Freezing resistance of caged Atlantic cod (*Gadus morhua*) during a Newfoundland winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(Suppl. 1): 94-98.
- Hafsteinn Guðfinnsson, Héðinn Valdimarsson, Jóhannes Briem, Steingrímur Jónsson, Jón Ólafsson, Sólveig Ólafsdóttir, Ástþór Gíslason & Sigmar A. Steingrímsson 2001. Rannsóknir á straumum, umhverfispáttum og lífríki Reyðarfjarðar í júlí til september árið 2000. *Hafrannsóknastofnunin*, 133 bls. (óbirt skýrsla).
- Hansen, Bogi 2000. *Havið*. Föroya skúlabókagrunnur. Tórshavn, 232 bls.
- Ólafur Ástþórsson & Guðmundur S. Jónsson 1988. Seasonal changes in zooplankton abundance in Ísafjord-deep, northwest Iceland, in relation to Chlorophyll a and hydrography. *ICES CM 1988/L:3*.
- Ólafur Ástþórsson & Ástþór Gíslason 1992. Investigations on the ecology of the zooplankton community in Ísafjord-deep, northwest Iceland. *Sarsia* 77: 225-236.
- Stefán S. Kristmannsson 1989. Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1987-1988. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 17*: 1-102.
- Stefán S. Kristmannsson 1991. Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1989-1990. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 24*: 1-105.
- Steingrímur Jónsson 1999. Ecology of Eyjafjörður project: Physical parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1991-August 1992. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 48*: 1-160.
- Steingrímur Jónsson 1999. Temperature time series from Icelandic coastal stations. *Rit Fiskideildar* 16: 59-68.
- Steingrímur Jónsson & Kristinn Guðmundsson 1994. An interdisciplinary study of Eyjafjörður, North Iceland. *ICES C.M. 1994/L:24*, 13 bls.
- Unnsteinn Stefánsson 1969. Sjávarhiti á siglingaleið umhverfis Ísland. Í: Markús Á Einarsson (ritstj.), *Hafsinn*, Almenna bókafélagið, Reykjavík, bls. 131-149.
- Unnsteinn Stefánsson 1970. Sjávarhiti og selta á nokkrum stöðum við strendur Íslands áratuginn 1960-1969. *Hafrannsóknir* 2: 9-22.
- Unnsteinn Stefánsson 1985. *Near-shore oceanographic conditions south of the Reykjanes peninsula, southwest Iceland*. Skýrsla fyrir Íslandslax.
- Unnsteinn Stefánsson & Björn Jóhannesson 1983. Ólafsfjarðarvatn - a saline meromictic lake in North Iceland. *Rit Fiskideildar* 7(3): 115-152.
- Unnsteinn Stefánsson & Björn Jóhannesson 1978. Miklavatn í Fljótum. *Náttúrufræðingurinn* 48: 24-51.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson & Jón Þórðarson 2004. Matfiskeldi á þorski. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111*: 87-120.
- Þór Jakobsson 2004. Hafís við strendur Íslands. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111*: 21-28.

Netheimildir:

- National Oceanic and Atmospheric Administration, USA, (www.saa.noaa.gov/).
- Hafrannsóknastofnunin (www.hafro.is/~argos/siritar/siritar.html)

Hafís og lagnaðarís við strendur Íslands með tilliti til þorskeldis

Þór Jakobsson (thor@vedur.is)

Veðurstofa Íslands
Bústaðavegur 9
150 Reykjavík

ÁGRIP

Þór Jakobsson 2004. Hafís og lagnaðarís við strendur Íslands með tilliti til þorskeldis. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), *Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 21-28.*

Við undirbúning að þorskeldi við strendur Íslands þarf að huga að hættu af hafís sem kynni að berast inn í firði og ryðja burt kvíum og eyðileggja. Í greininni er lýst í stórum dráttum hafískomu til Íslands, orsökum og tíðni og ennfremur greint frá hafísþjónustu við sæfarendur. Sýnt er með töflum hve koma hafíss til Íslands er breytileg frá ári til árs. Ýmist eru hafþök norður af landinu eða nánast enginn ís. Af þessum sökum er mikilvægt að fylgjast náið með myndun, hreyfingu og eyðingu hafíss við Ísland.

Hafís við strendur Íslands er rekis sem berst úr Grænlandssundi fyrir tilstyrk vinda og strauma. Hann er mestmegnis misþykkur lagnaðarís sem annaðhvort hefur myndast um veturinn í Austur-Grænlandsstraumi eða eldri ís kominn norðan úr Norður-Íshafi. Stöku borgarís úr skriðjöklum Austur-Grænlands berst einnig til Íslands þar sem hann um síðir brotnar niður og bráðnar.

Áratugareynsla og viðamikil gögn um ofangreindan hafís, stórgerðan aðkomuís úr Austur-Grænlandssundi, er fyrir hendi. Hins vegar hefur ekki verið fylgst kerfisbundið með lagnaðarís sem myndast nær, í fjörðum og flóum Íslands, og vinnsluhæfar athaganir eru því af skornum skammti. Þessi skortur á upplýsingum er bagalegur með tilliti til áætlana um fiskeldi við Ísland og yrði þarft verk að ráða bót á þeim vanda með nýju skipulagi tilkynninga um lagnaðarís sem myndast við strendur landsins.

ABSTRACT

Thor Jakobsson 2004. *Sea ice and local ice at the Icelandic coast in relation to cod farming. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 21-28.*

In planning fish farming in the fjords of Iceland the possibility of the arrival of sea ice has to be taken into consideration. The danger of destruction of expensive tools and devices would be imminent with the occurrence of sea ice as well as causing devastating damage to the fish itself. Arrival of sea ice at the coasts of Iceland is very variable in terms of time and extension, causing different severity from one year to another. Tables and charts are displayed, describing the variability in the last centuries.

Convenient for further studies, large amount of observations of sea ice advected from the East Greenland Current to the coasts of Iceland are available. On the other hand, information on locally formed sea ice, useful for the planning of fish farming, has not been collected systematically as it has until recently not been deemed as influential for human activities as the more common sea ice. It would be worth considering a design of such an observation system in relation to future undertakings close to the coasts.

Sea ice occurrences in Icelandic waters are very variable in terms of severity and extent. The variation in sea ice occurrence at the coasts of Iceland is an excellent indicator of weather and climate fluctuations. The amount of sea ice reaching Icelandic waters is a result of three factors, a) the amount of advected sea ice approaching from north, i.e. by the East Greenland Current, b) the oceanographic conditions occurring in the upper ocean layer and c) prevailing winds due to favorable atmospheric general circulation. The Denmark Strait (Grænlandssund) and the Iceland Sea (Íslandshaf) is an area of extremely variable fluctuations in the atmosphere and the ocean.

Sea ice at the coasts of Iceland has been observed and recorded through the ages in the Icelandic sagas, annals and diaries. In recent times it has been described by scientists and investigated more or less systematically by sea ice reconnaissance and by recording of reported observations. Ever more detailed information has been received and preserved in archives.

The worst conditions in the last century occurred in 1902 and 1968 when sea ice at the coasts was experienced for 5-6 months, altogether. During 5 years of the 20th century sea ice close to the Icelandic coasts was registered 3-5 months. During most years, however, sea ice was encountered at a much shorter interval of time, if at all. Several years may last without significant ice off Iceland, but in between it may cause difficulties in sailing, albeit briefly, i.e. for a few days or a couple of weeks. Then, on the other hand, it should be noted that the sea ice may occasionally linger on, resulting in hazardous shipping routes and temporarily closed harbours.

However, it may be stated that sailing along the coasts of Iceland is generally safe and without difficulties. This is most likely the case as relates to other activities at Icelandic coasts.

Returning to the question of locally formed sea ice at the coasts of fjords and bays of Iceland, statements of frequency of occurrence is not possible due to lack of observations. This type of ice is not common and in some years is generally absent whereas in relatively cold winters such ice is formed easily.

INNGANGUR

Í eftirfarandi yfirlitsgrein er almenn lýsing á hafís við strendur Íslands. Stuðst er við nýlega greinargerð um hafíshættu með tilliti til siglinga úti fyrir Norðurlandi (Þór Jakobsson o.fl. 2002). Til fróðleiks um margvíslega útbreiðslu hafíss við Ísland er annars vísað til hafísskýrslna er nefnast *Hafís við strendur Íslands* og Veðurstofa Íslands gefur út. Í ritum þessum sem um þessar mundir eru 16 talsins og lýsa hafís um aldarfjórðungsskeið seinni hluta 20. aldar eru m.a. birt hafískort Landhelgisgæslu Íslands sem alla jafna eru dregin að lokinni ískönnun. Í ritunum eru einnig yfirlit um hafís frá einum mánuði til annars þar sem stuðst er við tilkynningar frá skipum og veðurathuganastöðvum, auk fyrrgreindra ískorta.

HAFÍS VIÐ STRENDUR ÍSLANDS

Austur-Grænlandsstraumur liggur úr Norður-Íshafi suður með austurströnd Grænlands, um Grænlandssund milli Íslands og Grænlands og allt suður um Hvarf, suðurodda Grænlands. Mikill hafís berst með straumnum og er sumt komið langt úr norðri, en annað hefur myndast sunnar í Austur-Grænlandsstraumi. Auk hafíss sem myndast á sjó fljóta suður á bóginn borgarísjakar úr skriðjökklum Grænlands, og leyfar þeirra, borgarbrot.

Hafís á Grænlandssundi rekur stundum undan vindum og straumum inn á siglingaleiðir við Ísland og upp að ströndum landsins. Íssins gætir mest norður af Vestfjörðum og Norðurlandi. Hafísinn er ein helsta hindrun siglinga meðfram norðurströnd Íslands.

Alla jafna er siglingaleiðin með ströndum fram íslaus og greið yfirferðar, en alloft bregður þó út af. Íssins verður að jafnaði fyrst vart úti fyrir Hornströndum. Það eru einkum langvarandi suðvestan- og vestanáttir í Grænlandssundi sem valda því. Ríkjandi vestlæggar áttir norður af landinu valda því einnig að ísinn í Austur-Grænlandsstraumi berst af leið og austur í Íslandshaf. Ef vestanáttin varir enn dögum saman berst ísinn æ lengra austur, jafnvel á móts við Melrakkasléttu Ísbreiða þessi er gjarnan djúpt undan Norðurlandi. Engu að síður getur tilvist hennar á þessu hafsvæði gert það að verkum að norðlæggar áttir sem kynnu að taka við af vestlæggu áttunum eru nú mjög varasamar. Mikil hætta er á að ísinn berist suður inn á siglingaleiðir við Norðurland og jafnvel Austfirði.

Dæmi eru um að ís berist að Norðausturlandi úr norðri eftir langvarandi norðlæggar áttir án þess að áður hafi ríkt vestanáttir. Ísbreiðan nyrst í Íslandshafi, austur af Scoresby-sundi, hefur þá verið óvenjumikil og norðanáttin staðið lengi.

Að lokum ber að athuga að hafís sem á annað borð hefur borist inn á siglingaleiðir úti fyrir Norðurlandi berst austur á bóginn með strandstraumum þar til hann bráðnar eða hrekst frá landi í suðlægum áttum.

Hafísinn í Grænlandssundi er mestur að vorlagi. Hætta á hafískomu við Ísland er því mest í maí. Þá má minnst bregða út af með vindáttir eins og lýst hefur verið að ofan. Auk ísmagns og vindátta, skal að lokum bent á þriðja náttúrufyribærið sem þátt á í mismunandi hafískomu við Ísland. Langlífi íssins fer talsvert eftir yfirborðshita sjávar og seltu í yfirborðslaginu. Ástand sjávar við Ísland er mjög breytilegt. Myndun og bráðnun hafíss er þar af leiðandi mishröð.

Gögn

Athuganir á hafís nú á dögum eru gerðar frá skipum og flugvélum, einkum í eftirlitsflugi eða sérstöku ískönnunarflugi Landhelgisgæslu Íslands og frá strandstöðvum, þ.e.a.s. Veðurathuganastöðvum við sjávarsíðuna, ef ísinn er nærri landi. Veðurstofu Íslands er tilkynnt um ísinn um fjarskipti og eru upplýsingar um hafís lesnar upp í næsta veðurfréttatíma í útvarpi, strax skráðar á svonefnt Navtex-kerfi sem er fjarskiptanet ætlað skipum og svo ritaðar á heimavef Veðurstofunnar. Það líður því ekki á löngu frá því t.d. að Landhelgisgæsla sendir skýrslu um ískönnun til hafísdeildar Veðurstofunnar þar til upplýsingarnar eru gerðar heyrinkunnar sjófarendum við Ísland, bæði á íslensku og ensku og aðgengilegar til frambúðar þeim sem fletta upp á heimasíðu Veðurstofunnar.

Allar tilkynningar um hafís sem berast spádeild Veðurstofunnar eru skráðar í bækur sem í daglegu tali eru kallaðar ísbækur. Þeim er haldið til haga og er nú mikið safn gagna varðveitt í skjalasafni Veðurstofunnar.

Þess skal getið að hafísdeild Veðurstofunnar aflar sér erlendra hafískorta sem eru einkum teiknuð samkvæmt túlkun á fjarkönnunarmyndum veðurtungla sem svífa yfir Norður-Atlantshaf á leið sinni milli póla. Kortin koma frá hafísdeild dönsku veðurstofunnar sem sinnir hafísþjónustu og rannsóknum við Grænland, frá

norsku hafísdeildinni í Tromsø en kort hennar ná nokkuð suður fyrir Scoresbysund og þriðja hafísdeildin er sú bandaríska sem teiknar hafís-kort fyrir öll norðlæg höf og raunar einnig fyrir Suðurskautshöf. Yfirlitskort þessi gefa til kynna útbreiðslu hafíss í stórum dráttum á hafsvæðum í grennd við Ísland en þau koma ekki að notum við vöktun hafíss á siglingaleiðum við Ísland vegna þess að greiniahæfni og nákvæmni við fjarkönnun er enn ófullnægjandi. Rannsóknir á notkun fjarkönnunar lofa þó góðu en ekki er fyrirjáanlegt að hyggilegt þyki að draga úr könnun úr flugvélum og upplýsingaöflun frá skipum á íslenskum hafsvæðum.

Upplýsingar um hafís fyrir á tímum er fyrst og fremst að finna í bók Þorvalds Thoroddsen *Árferði á Íslandi í þúsund ár*. Þar er kafla um hafís frá landnámi til ársins 1915. Lýsing Þorvalds er samantekt unnin úr fornum ritum, annálum, dagbókum og skýrslum. Í *Veðráttunni*, mánaðaryfirliti Veðurstofu Íslands um veðurfar á Íslandi, hefur allt frá og með árinu 1924 birst stutt yfirlit um hafís við strendur landsins. Jón Eyþórsson skrifaði skýrslur á ensku um tímabilið 1953-1966 og birti í tímaritinu *Jökli*, en Hlynur Sigtryggsson gerði í sama tímariti grein fyrir árinu 1966-1967 og Flosi Hrafn Sigurðsson árinu 1967-1968. Eiríkur Sigurðsson samdi síðan yfirlitsskýrslur um hafís við strendur Íslands á tímabilinu frá október 1968 til september 1971. Þetta voru 3 bindi, textinn bæði á íslensku og ensku, og fyrstu skýrslurnar sem Veðurstofan gaf út með heitinu *Hafís við strendur Íslands*.

Hafíssveiflur síðustu aldir

Það er aldagömul reynsla Íslendinga að hafís við strendur Íslands hefur verið mjög breytilegur frá einum tíma til annars. Stundum hefur hann verið ágengur og tíður, en enginn aufúsgestur. Löng tímabil líða þess á milli án þess að hann láti á sér kræla að ráði og gleymist þá jafnvel alveg. Samanburður á tíðni hafískomu síðustu þrjár aldirnar eru vissulega 20. öld í vil, þótt erfiðir ískaflar hafi komið þá öldina líka. Á 18. öld var mikill hafís í upphafi aldarinnar, aftur um miðbik hennar og á ný seinustu áratuginna en skikkanleg hlé voru þess á milli með mun minni hafís.

Í skýrslu er nefnist *Staðarval fyrir orku-frekan iðnað* (1983) er yfirlitstafla eftir Eirík Sigurðsson veðurfræðing um hafís við landið á 19. öld. Taflan er endurbirt hér í viðauka 1.

Tafla 1 hér fyrir neðan var síðan unnin með hliðsjón af yfirlitstöflunni og kemur þar fram hve mörg ár á 19. öld hafís hafi verið einhvers staðar við strendur landsins í þrjá mánuði eða lengur.

Breytingar frá ári til árs

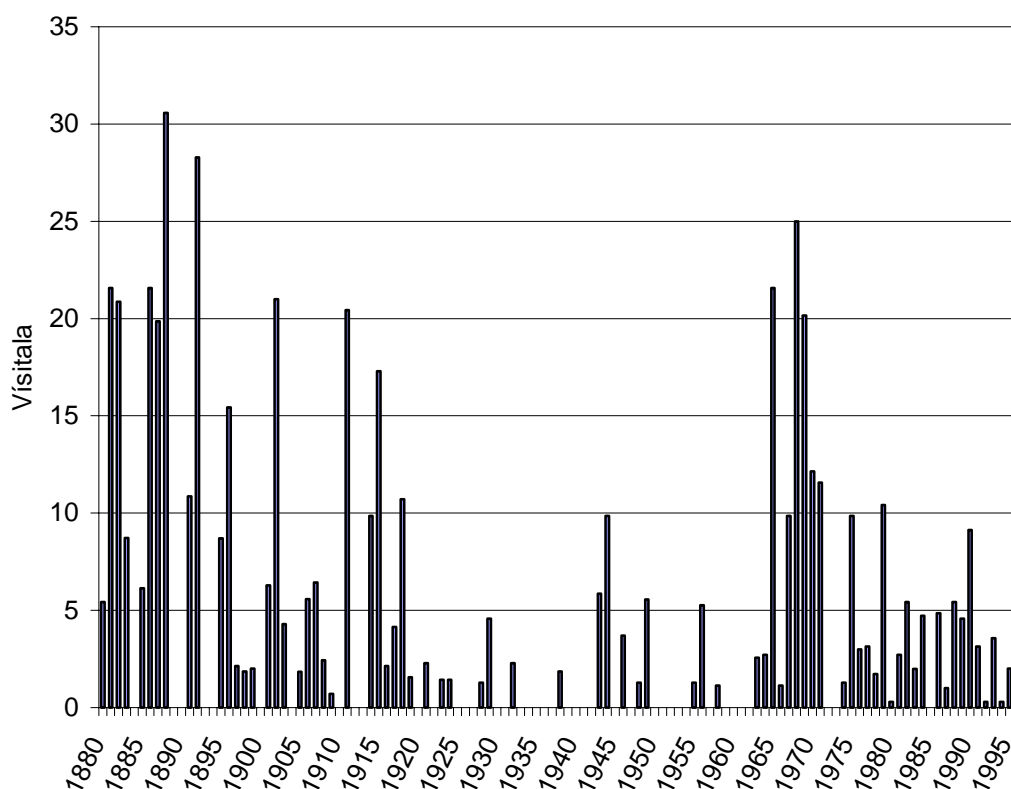
Tafla 1. Hafís við landið 1801-1900 (sjá viðauka 1).
Table 1. Annual sea ice duration in the 19th century.

3 mánuðir eða lengur	35 ár
4 mánuðir eða lengur	25 ár
5 mánuðir eða lengur	15 ár
6 mánuðir eða lengur	10 ár
7 mánuðir eða lengur	3 ár
8 mánuðir eða lengur	aldrei

Með haustinu vex útbreiðsla hafíss við Austur-Grænland og verður þar smám saman svo mikil nýmyndun íss að jaðarinn er að jafnaði miðja vegu milli Grænlands og Íslands þegar á líður veturinn. Meðalútbreiðsla íssins við Grænland verður mest í maí og nær þá samfelld breiða suður með öllu Austur-Grænlandi allt til Hvarfs, syðsta odda landsins og jafnvel suður fyrir og umhverfis suðuroddann.

Stundum verður útbreiðsla hafíssins við Grænland og í Grænlandssundi óvenjumikil og er þá hætt við að hann breiði úr sér langleiðina til Íslands. Er þá ýmist um að ræða nokkuð samfelldar breiður eða leifar af tættum ísjaðrinum sem losnað hefur um fyrir tilverknad ríkjandi vindátta. Vermandi vernd Irmingerstraumsins má sín þá lítills. Ísland er því við hafísmörk eða m.ö.o. í hafísjaðarsvæði norður-hafa.

Hafísmagnið og þar með hættan á hafís við strendur Íslands ræðst einnig af ástandi sjávar og margbreytilegum víxláhrifum hafs og lofts. Austur-Grænlandsstraumurinn og kvísl sú sem greinist suður með austurströnd Íslands og kallast Austur-Íslandsstraumur eru breytileg að hita og seltu við sjávaryfirborð. Skilyrði í hafi norður af landinu til myndunar og endingar á ís eru því misjöfn frá einum vetri til annars. En ekki eru öll kurl komin til grafar þótt vitað sé um ástand sjávar. Gangur lægða um Atlantshaf, styrkur hæðar yfir Grænlandi og þar af leiðandi loftstreymi og vindar ráða úrslitum um útbreiðslu hafíss í Íslandshafi. Á það ber að minna að hafísinn er aldrei fjarri fiskveiðilögsögu Íslands og þekur oft sinnis miðin vestast og nyrst innan hennar.



1. mynd. Ísvísitala Kochs á tímabilinu 1880-1996.

Figure 1. Koch index series, indicating the amount of annual sea ice at the coast of Iceland.

Flokkun ísára á 20. öld

Breytingar á hafís við Ísland frá ári til árs í langan tíma hafa verið metnar með eins konar vísitölu, kenndri við danska vísindamanninn Lauge Koch. Vísitala tiltekið ár er margfeldi viknafjölda sem hafís var við Ísland og fjölda afmarkaðra strandlengja sem strönd landsins er skipt í, sjá skýrslu eftir Jón Elvar Wallevik og Hjalta Sigurjónsson (1998).

Í stöplartíti á 1. mynd er vísitalan fyrir tímabilið 1880-1996 táknuð. Athygli vekur að tímabil lágra gilda er frá því um 1920 til 1964. Mikill og tíður hafís á tímabilinu 1965-1971 kemur skýrt í ljós en síðan verða Koch-gildin breytileg en aldrei jafnhá.

Tafla 2 hér á næstu síðu sýnir flokkun ísára mestalla 20. öld og er taflan endurbirt úr grein eftir Eirík Sigurðsson og Þór Jakobsson (1991). Skýring á bókstafatáknum eru næst á eftir töflunni. Árunum er skipt í fjóra flokka eftir ísmagni. Í samræmi við Koch-röðina á 1. mynd má lesa af töflunni að langt „íslaut tímabil“ hafi verið á tímabilinu 1920-1964. Árið 1965 hófst hins vegar tímabil ísára en síðan tóku við þrjú

„íslaus“ ár (1972-1974). Frá 1972 til 1991 skiptust á ísár og íslaus ár. Síðasta áratug aldarinnar voru yfirleitt væg ísár.

Hafíssvæðið liggur frá Vestfjörðum austur um Norðurland til Austfjarða (tafla 3). Hafís við landið nær mestri útbreiðslu í mars og apríl. Við Vestfirði er þó mestur ís í febrúar en ísdagar þar eru mun færri en fyrir Norðurlandi. Mesta hafíssvæðið eru Hornstrandir og nær útbreiðsla þar hámarki í mars. Fyrir Norðurlandi er fjöldi hafísdaga mun minni. Ís á Húnaflóa og Skagafirði nær hámarki í febrúar og maí en annars staðar í apríl. Fyrir Austfjörðum nær ísinn hámarki í maí en þar eru mun færri ísdagar en á hinum strandsvæðunum. Þannig er ísútbreiðsla við landið mest síðla vetrar og að vorlagi.

Hafís og siglingar

Áætlað hefur verið að lokun eða meiri háttar truflun á siglingaleiðum vari skemur en hafís telst vera við landið (tafla 4).

Í skýrslunni *Staðarval fyrir álver* (1986) er birt sams konar áætlun um líklega lokun eða

Tafla 2. Flokkun hafísára á 20. öld.

Table 2. Classification of sea ice years according to severity.

1901	B 1 – B 2	1931	A	1961	A
1902	B 3	1932	B 2	1962	A
1903	B 1 – B 2	1933	A	1963	A
1904	A	1934	A	1964	A
1905	A – B 1	1935	A	1965	B 3
1906	B 1 – B 2	1936	A	1966	A
1907	B 2 – B 3	1937	A	1967	B 2
1908	B 1 – B 2	1938	B 2	1968	B 3
1909	A	1939	A	1969	B 2 – B 3
1910	A – B 1	1940	A	1970	B 2 – B 3
1911	B 3	1941	A	1971	B 2
1912	A – B 1	1942	A	1972	A
1913	A	1943	B 1 – B 2	1973	B 1
1914	B 3	1944	B 2	1974	A – B 1
1915	B 2 – B 3	1945	A	1975	B 1 – B 2
1916	B 1	1946	A – B 1	1976	A – B 1
1917	B 1	1947	A	1977	B 1 – B 2
1918	B 3	1948	A	1978	A
1919	B 2	1949	B 1	1979	B 2 – B 3
1920	B 1	1950	A	1980	A
1921	B 1	1951	A	1981	A
1922	A	1952	A	1982	A
1923	A – B 1	1953	A	1983	A
1924	B 1	1954	A	1984	B 1 – B 2
1925	B 1	1955	A	1985	A
1926	A	1956	A	1986	B 1 – B 2
1927	A	1957	A	1987	A
1928	A	1958	A	1988	B 1 – B 2
1929	B 1 – B 2	1959	A	1989	B 1
1930	A	1960	A	1990	B 1 – B 2

A : Enginn ís eða óverulegur ís
(None or very limited ice)

B 1: Lítil ís (ís að jafnaði við Norðvesturland)
(Scanty ice (in general ice off NW-Iceland))

B 2: Miðlungsís (ís að jafnaði við Norðvestur- og Norðurland)
(Medium ice (in general ice off NW- and N-Iceland))

B 3: Mikill ís (ís að jafnaði við Norðvestur-, Norður- og Austurland)
(Heavy ice (in general ice off NW-, N- and E-Iceland)).

meiri háttar tafir í mestu hafísárum, sjá töflu 5. Var þar m.a. stuðst við stöplarityð á 1. mynd. Þrátt fyrir ósamræmi í einstöku árum í töflunum tveim sést einnig skýrt í töflu 5 að tími líklegar lokunar stendur skemur en tími hafíss við landið.

Litlar sem engar upplýsingar eru um þéttleika íssins á 19. öld. Hreyfing getur verið á ísnum sem stundum gæti auðveldað siglingu gegnum ísinn. Framangreindar töflur gefa því af þessum sökum til kynna versta ástand hvað varðar siglingu um hafsvæðið.

Til samanburðar gerðist það fimmtán sinnum á 19. öld að ís var 5 mánuði eða lengur við strendur landsins, tíu sinnum 6 mánuði eða lengur og þrisvar sinnum 7 mánuði eða lengur (tafla 1).

Lagnaðarís við Ísland og hinn venjulegi hafís

Lagnaðarís við strendur landsins getur lokað höfnum en það er þó fátítt. Yfirleitt fer saman mikill hafís og lagnaðarísar. Staðbundinn lagnaðarís er tæknilega meðfærilegri en hafís (úr Austur-Grænlandsstraumi) með tilliti til siglinga og er unnt með hjálp ísbrjóta, ef völ er á, að ryðja skipum leið, sbr. miklar vetrarsiglingar í Eystrasalti. Hins vegar er lagnaðarís eins og gefur að skilja mjög bagalegur með tilliti til fiskeldis. Þess má geta að hvorki á Veðurstofu Íslands né annars staðar er staðið skipulega að athugunum á lagnaðarís við Ísland og varðveislu slíkra upplýsinga. Yfirlitsgrein um lagnaðarís eftir Hlyn Sigtryggsson (1970) birtist í tímaritinu *Veðrinu* árið 1970.

Til skamms tíma hefur ekki verið talið jafn nauðsynlegt að fylgjast kerfisbundið með hinum frekar þunna lagnaðarís sem myndast við landið og hinum þykkari og umfangsmeiri hafís sem berst að ströndum landsins úr Grænlandssundi. En fiskeldi seinni ára í fjörðum landsins krefst aukinna upplýsinga um lagnaðarís og væri æskilegt að komið yrði á laggirnar skipulegu og viðráðanlegu fyrirkomulagi um athuganir og gagnavörslu. Gagnasafnið yrði efniviður til að kanna líkur á myndun lagnaðaríss í vogum og víkum landsins.

Varðandi siglingar meðfram landi og komu hafíss hingað til lands skal enn minnt á framangreindan fjölbreytileika frá einum tíma til annars. Greiðfært getur t.d. verið vestur og norður fyrir Vestfirði, þótt svo sé ekki úti fyrir Norðausturlandi og öfugt. Ennfremur kemur fyrir að ís er alveg við landið en íslaust úti fyrir og því vel greiðfært þar. Hafnir kynnu að lokast þótt íslaust sé úti fyrir. Margbreytnin er því mikil. Breytingarnar eiga sér líka stundum stað á skömmum tíma og munur á útbreiðslu frá einum degi til annars getur þá orðið talsverður.

Tafla 3. Fjöldi hafisdaga eftir strandsvæðum og mánuðum, árin 1968 - 1971.

Table 3. Number of ice days (with ice observed closer than 12 nautical miles) during 1968-1971.

Strandsvæði	Ár	Mánuðir												Fjöldi ís- daga alls	Ísdagar % af ári	
		O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	Á	S			
Vestfirðir	1968/69				4	7	2	7	1						21	5.4
	1969/70		2	8	3	0	4	3							20	5.5
	1970/71				2	(15)	9	0	0	1					27	7.1
	1968-71		2	8	9	22	15	10	1	1					68	6.2
Hornstrandir	1968/69				11	24	19	26	22	4					106	29.0
	1969/70		1	12	2	0	10	14	6	0	1				46	12.6
	1970/71			1	6	21	(27)	5	1	0	1				62	17.0
	1968-71		1	13	19	45	56	45	29	4	2				214	19.5
Húnaflói Skagafjörður	1968/69				2	9	5	20	(31)	15					82	22.5
	1969/70						5	0	2						7	1.9
	1970/71					17	4	0	0	0	0	7			28	7.7
	1968-71				2	26	14	20	33	15	0	7			117	10.7
Norðurland eystra	1968/69				5	8	10	15	14	8					60	16.4
	1969/70			2	0	0	14	(20)							36	9.9
	1970/71					15	1								16	4.4
	1968-71			2	5	23	25	35	14	8					112	10.2
Melrakka- slétta	1968/69				1	14	10	12	(31)	14					82	22.5
	1969/70						17	28	2						47	12.9
	1970/71					1									1	0.3
	1968-71				1	15	27	40	33	14					130	11.9
Austfirðir	1968/69						4		(23)						27	7.4
	1969/70						4	11							15	4.1
	1970/71															
	1968-71						8	11	23						42	3.8
Landið	1968/69				13	25	23	30	31	15					137	37.3
	1969/70		2	12	5	0	23	29	0	0	1				78	21.4
	1970/71			1	6	22	27	5	1	1	1	7			71	19.5
	1968-71		2	13	24	47	73	64	38	16	2	7			286	26.1

Tafla 4. Nokkur dæmi um hafis við landið og áhrif á siglingar.

Table 4. Examples of serious sea ice years and resulting duration of sailing disturbances.

Ár	Hafis við landið (mánuðir)	Líkleg lokun eða meiriháttar truflun (mánuðir)
1968	5,3	3 - 3,5
1915	3,3	2 - 2,5
1911	3,3	2
1902	5,0	2 - 2,5
1888	7,2	5 - 6 (erfitt mat)
1881	5,0	4,5 - 5

Til fróðleiks skal þess getið að ekki er einhlít fylgni milli kuldavetra og hafismagns enda eru orsakir hafískomu fleiri en ein eins og áður sagði. Tilraun hefur verið gerð til að raða mestu hafisárum 20. aldar eftir því hve alvarleg þau voru samkvæmt vísitölu og var röðin sem hér

segir: 1968 (mesta hafisárið), 1902, 1965, 1911, 1969, 1979, 1915, 1970, 1971, 1967. Köldustu ár 20. aldar (þ.e. ár með lægstum ársmeðalhita) voru hins vegar þessi: 1918 (hið kaldasta), 1979, 1903, 1907, 1981, 1914, 1917, 1983, 1969, 1919.

NIÐURSTAÐA

Samkvæmt framangreindri reynslu frá fornu fari og greiningu gagna til þessa er koma hafíss að ströndum Íslands mjög óreglulegur viðburður.

Þegar verst lét á 20. öld var hafis við landið um það bil 5 mánuði ársins 1902 og 6 mánuði ársins 1968 og önnur 5 ár var hann um það bil 3-5 mánuði. En flest árin berst ís inn á siglingaleiðir og að ströndum landsins mun skemur eða alls ekki. Ár geta liðið án þess að

Tafla 5. Mestu hafísar frá 1880 og áhrif á siglingar (sjá skýringar við athugasemdum 1,2,3,4, neðan við töflu)
 Table 5. Most severe sea ice years since 1880 and duration of sailing disturbances.

Ár	Hafískvarði skv. 1. mynd (1)	Hafís við landið skv. 1. mynd (mánuðir)	Líkleg lokun eða meiriháttar truflun (mánuðir)	Tímabil líklegar truflunar
1968-69	90	4,7	1-1,5	ósamfellt mars-maí
1967-68	180	6,0	2,5-3	samfellt frá 20/3
1964-65	115	5,0	2-2,5	samfellt frá 25/2

(1944)		(sjá ath. 2,3)	(0-0,5)	

1914-15	45 (2)	4,0	2	samfellt (maí-júlí)
1910-11	90	4,7	1,5	samfellt (apríl-maí)
1901-02	135	4,9	2,5	samfellt (feb.-apríl)
1895-96	85	3,5	2,5	samfellt (mars-júní)
1891-92	130	5,5	2-3,5 (3)	(feb.-júní)
1887-88	250	7,0	3,5-5,5 (3)	(jan.-júní)
1886-87	90	4,5	2,5-3,5 (3)	(maí-sept.)
1881-82	115	4,7	2,5-4 (3)	(apríl-sept.)
1880-81	160	5,0	4-4,5 (4)	samfellt (jan.-maí)

- (1) Hafískvarði er margfeldi af fjölda ísvikna á ári og fjölda strandsvæða þar sem ís sást (1. mynd).
 (2) Mikill ís fyrir Norðurlandi 1914-15.
 (3) Erfitt mat (ósamfelldur hafístími).
 (4) Lagnaðarís var á Eyjafirði frá því seint í janúar til 8.-9. maí 1881.

hafís berist að ráði inn á siglingaleiðir við Ísland, en þess á milli getur hann verið til trafala, oftast þó um stuttan tíma, nokkra daga eða fáeinar vikur, en stöku sinnum gerir hann sig heimakominn og veldur þá um skeið lokun siglingaleiða og jafnvel hafna.

Við samanburð á hafískomu að ströndum landsins, t.d. norðan lands, er þess einkum að gæta að leið íssins vestan úr Grænlandssundi er mislöng. Þar sem ísinn kemur langoftast í námunda við landið með vestlægum vindum og flýtur síðan með hlýjum strandstraumum austur með landi, er hafís t.d. algengari í utanverðum Skagafirði en Eyjafirði. Enn sjaldgæfari er ísinn þegar austar dregur þar sem hann heldur áfram að bráðna smám saman og ekkert bætist við. Haldist ísinn á annað borð lækkar því enn tíðni hafískomu austan Eyjafjarðar.

Hafa ber í huga að meginísinn í Grænlandssundi er alltaf að vorlagi - að loknum uppsöfnuðum áhrifum vetrarlangt - ekki fjarri Vestfjörðum og þarf lítið út af að bera til að valda

ísreki austur á bóginn og inn á Íslandshaf norðan siglingaleiða með ströndum fram. Það gerist í einhverjum mæli nánast hvern vetur síðla. En svo getur háttað til um ríkjandi vindáttir að hafísinn komi jafnvel að sumarlagi!

Að framan er greint frá upplýsingum um rekis við Ísland, ættaðan frá Grænlandshafi. Jafnframt er bent á skort upplýsinga um staðbundinn lagnaðarís við Ísland, ís sem hér hefur myndast. Þar er ólíku saman að jafna. Hvortveggja náttúruyfyrirbærið þarf að þekkja þegar hugað er að þorskeldi við strendur landsins. Hér er því klykkt út með því að benda á nauðsyn þess að komið verði á skipulagi athugana á lagnaðarís í fjörðum, vikum og vogum landsins, í líkingu við aldargamalt skipulag athugana á rekis við Ísland, hinum stórgerða hafís frá Grænlandi.

Að lokum skal bent á nauðsyn þess að starfsmenn þorskeldisstöðva temji sér að vera vel á varðbergi að vetrarlagi, hlýða á veðurspár Veðurstofu Íslands og viðvaranir er varða hafís. Tveggja, þriggja sólarhringa frestur til aðgerða ætti að koma að gagni og nýtast vel, en nokkurra stunda hik eða andvaraleysi gæti á hinn bóginn orðið afdrifaríkt.

HEIMILDIR

- Eiríkur Sigurðsson & Þór Jakobsson 1991. Hafís við strendur Íslands - flokkun hafísára. *Ægir* 84(1): 20-21.
- Eiríkur Sigurðsson & Þór Jakobsson. *Hafís við strendur Íslands*. Veðurstofa Íslands. Yfirlitsskýrslur um hafís frá ári til árs, hin fyrsta um „hafísárið“ október 1968 - september 1969. 16 hefti.
- Markús Á. Einarsson (ritstj.) 1969. *Hafísinn*. Almenna bókafélagið. 552 bls.
- Hlynur Sigtryggsson 1970a. Um lagnaðarís við Ísland. *Veðrið* 15(1): 27-29.
- Hlynur Sigtryggsson 1970b. Um lagnaðarís við Ísland. *Veðrið* 15(2): 52-58.
- Helgi Hallgrímsson 1984. *Húsavík. Náttúrufar og minjar*. Unnið fyrir Staðarvalsnefnd um iðnrekstur, iðnaðarráðuneytinu, af Náttúrugripasafninu á Akureyri.
- Jón Elvar Wallevik & Hjalti Sigurjónsson 1998. *The Koch Index. Formulation, corrections and extension*. Veðurstofa Íslands.
- Jökull 1953-1968: Jökull. Tímarit Jöklarannsóknafélags Íslands 1953-1968 (Journal of the Icelandic Glaciological Society), Reykjavík.
- Staðarval álfers 1982. *Áfangaskýrsla staðarvalsnefndar*. Iðnaðarráðuneytið, nr. 82 - 7, júlí 1982.
- Staðarval fyrir álver 1986. *Lokaskýrsla*. Staðarvalsnefnd um iðnrekstur. Iðnaðarráðuneytið, júlí 1986.
- Þór Jakobsson, Eiríkur Sigurðsson, Sigríður Ármannsdóttir & Sigríður Sif Gylfadóttir 2002. *Hafíshætta með tilliti til siglinga úti fyrir Norðurlandi*. Greinargerð 02002, VÍ-ÚR01, Reykjavík, janúar 2002, Veðurstofa Íslands.
- Þór Edward Jakobsson 2000. Sea Ice Incidents in Icelandic Waters and their Monitoring. *Proceedings of a Workshop on Mapping and Archiving of Sea Ice Data - The Expanding Role of Radar*. World Meteorological Organization. WMO/TD-No. 1027. JCOMM (Joint WMO/IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology) Technical Report No. 7, 2000.

Viðauki 1.

Hafís við strendur Íslands 1801-1900.
Annual sea ice duration in the 19th century.

Lauslegt yfirlit samkvæmt línuriti Þorvalds Thoroddsen

Ár	Mánuðir	Ár	Mánuðir	Ár	Mánuðir	Ár	Mánuðir
1801	3,9	1826	(0,4)	1851	-	1876	3,2
1802	7,9	1827	6,0	1852	0,8	1877	1,5
1803	4,0	1828	1,2	1853	0,8	1878	3,0
1804	0,7	1829	4,3	1854	0,8	1879	0,7
1805	-	1830	1,2	1855	4,6	1880	1,4
1806	0,7	1831	1,3	1856	0,7	1881	5,0
1807	6,1	1832	0,5	1857	2,8	1882	4,6
1808	1,4	1833	-	1858	1,4	1883	2,7
1809	-	1834	3,0	1859	3,8	1884	-
1810	-	1835	6,0	1860	3,3	1885	1,5
1811	6,6	1836	0,5	1861	-	1886	3,6
1812	2,6	1837	6,0	1862	0,7	1887	4,9
1813	-	1838	1,2	1863	4,0	1888	7,2
1814	-	1839	1,2	1864	-	1889	-
1815	0,6	1840	5,6	1865	1,4	1890	0,6
1816	3,9	1941	-	1866	7,4	1891	3,1
1817	6,4	1842	-	1867	4,3	1892	5,6
1818	0,3	1843	0,8	1868	5,0	1893	2,2
1819	1,6	1844	-	1869	6,3	1894	-
1820	0,5	1845	-	1870	4,7	1895	1,8
1821	5,3	1846	0,6	1871	1,4	1896	1,9
1822	4,4	1847	-	1872	3,2	1897	-
1823	0,6	1848	0,9	1873	2,6	1898	1,2
1824	-	1849	-	1874	4,8	1899	0,2
1825	1,6	1850	1,6	1875	-	1900	-

Útbreiðsla og magn þorskungviðis við Ísland

Ólafur Karvel Pálsson (okp@hafro.is)

Hafrannsóknastofnunin
Skúlagötu 4
101 Reykjavík

ÁGRIP

Ólafur Karvel Pálsson. Útbreiðsla og magn þorskungviðis við Ísland. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskelði á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 29-40.

Tiltæk gögn voru greind með hliðsjón af útbreiðslu og magni þorskungviðis til að meta möguleika á veiðum ungborsks til áframeldis. Gögnum þessum var safnað í stofnmælingu botnfiska í mars, í leiðöngrum á rækjuslóð innfjarða í september og október og í seiðamælingum í ágúst. Uppsjávarveiðar á þorskseiðum í ágúst eru líklegastar til að gefa góðan afla, a.m.k. í góðum seiðaárum. Þá er líklegt að veiðar innfjarða á botnlægum þorskseiðum (0-flokki) geti gefið góðan afla í góðum seiðaárum. Mun minni líkur eru á viðunandi afla á botnlægum ungborski úti á landgrunninu, einkum eins og tveggja ára þorski, en heldur meiri veiðimöguleikar hvað varðar þriggja og fjögurra ára þorsk. Nauðsynlegt er að stunda rannsóknir á magni þorskseiða í fjörðum hér við land til að leggja grunn að skynsamlegri nýtingu þorskstofnsins til fiskeldis á komandi árum.

ABSTRACT

Ólafur Karvel Pálsson. Distribution and quantity of juvenile cod in Icelandic waters. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 29-40.

Available data were analysed with respect to spatial distribution of juvenile cod in order to assess the potential for capturing fish for on-growing. The data include demersal surveys in March, in-fjord surveys in September-October and 0-group surveys in August. The probability of good catches is highest for pelagic 0-group cod in August, at least in favourable years. Furthermore, good catches of demersal 0-group cod may be expected in the fjords in favourable years. The likelihood of fair catches is much less for demersal cod on the continental shelf, especially for age groups I and II, but somewhat higher for age groups III and IV. The need is emphasized for investigations on the quantity and distribution of 0-group cod in Icelandic fjords in order to facilitate proper management of the cod stock for aquaculture.

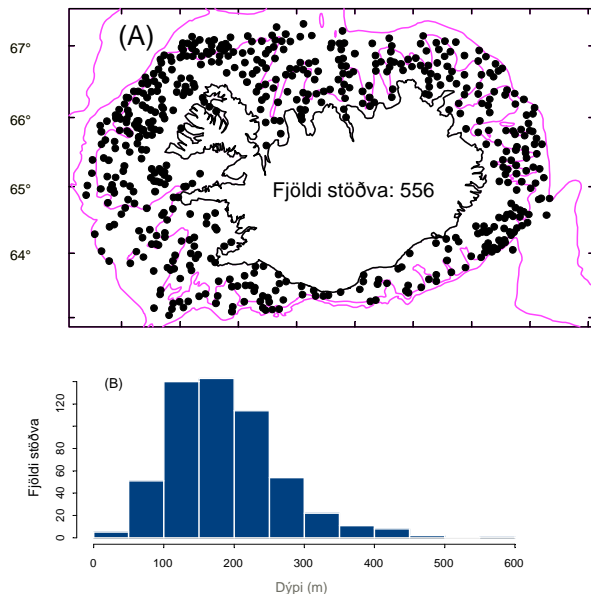
INNGANGUR

Veiðar á þorski, einkum smáfiski, til áframeldis í sjókvíum hafa verið stundaðar í takmörkuðum mæli hér við land síðustu ár. Ekki er endilega sjálfgefið hvar og hvenær best sé að stunda slíkar veiðar með tilliti til aflamagns. Í eftirfarandi greinargerð verða tiltæk gögn Hafrannsóknastofnunarinnar skoðuð með tilliti til þess, hvort þau gefi einhverjar vísbendingar um hvenær álitlegast kunni að vera að veiða smáþorsk til áframeldis. Þau gagnasöfn sem tiltæk eru í þessu sambandi eru:

- Stofnmæling botnfiska (togararall) í mars, sem fram hefur farið síðan 1985.
- Haustkannanir á fiskseiðum á rækjuslóð innfjarða, síðan 1980.
- Seiðamælingar í ágúst, síðan 1970.

STOFNMÆLING BOTNFISKA Í MARS

Í togararalli eru tekin um 550 tog með staðlaðri gerð af botnvörpu, með smáriðinni klæðningu í poka, allt umhverfis land (1. mynd A, Ólafur K. Pálsson o.fl. 1989).



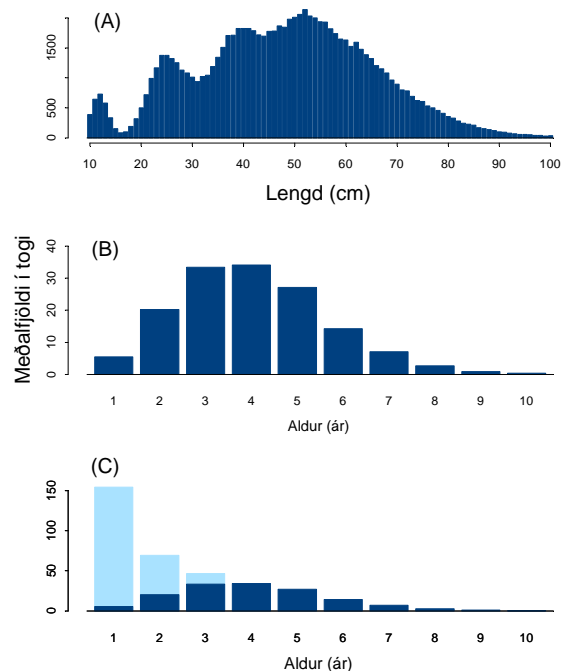
1. mynd. Stofnmæling botnfiska (SMB) í mars 2002. (A) Dreifing stöðva, (B) Fjöldi stöðva eftir dýpi.

Fig. 1. Icelandic demersal survey in March 2002. (A) Spatial distribution of stations, (B) Number of stations by depth.

Meginhluti toganna er á dýptarbilinu 100-250 m. Um 50 tog eru á 250-300 m dýpi, en færri dýpra. Á 50-100 m dýpi eru um 50 tog en aðeins 8 tog á grynstu 50 metrunum (1. mynd B). Togarallið gefur því mjög takmarkaðar upplýsingar um magn og útbreiðslu þorsks á allra grynstu slóðinni, þ.e. 0-50 m dýpi.

Lengdardreifingar þorsks eru mjög breytilegar frá ári til árs (2. mynd). Á fyrstu árum rallsins voru sterkir árgangar að koma inn í stofninn og endurspegladist það í miklu magni smáþorsks árin 1985-1988. Eftir það hefur nýliðun verið mun lakari og stofninn í lægri stöðu.

Pegar lengdardreifing alls tímabilsins 1985-2001 er skoðuð sést að fiskmagnið vex með aldri (3. mynd A). Tiltölulega lítið er af eins árs smáþorski (um 12 cm að lengd), mun meira af tveggja ára fiski (um 25 cm) og enn meira af þriggja ára fiski (um 40 cm). Fjöldinn nær síðan hámarki við rúmlega 50 cm lengd og fer minnkandi hjá stærri fiski. Sambærilegt ferli kemur í ljós í fjölda eftir aldri, þ.e. vaxandi fjöldi með aldri og hámarksfjöldi hjá þriggja til fjögurra ára fiski (3. mynd B). Þetta er til marks um að ralið nær í takmörkuðum mæli til yngsta þorsksins, þ.e. eins og tveggja ára fisks.



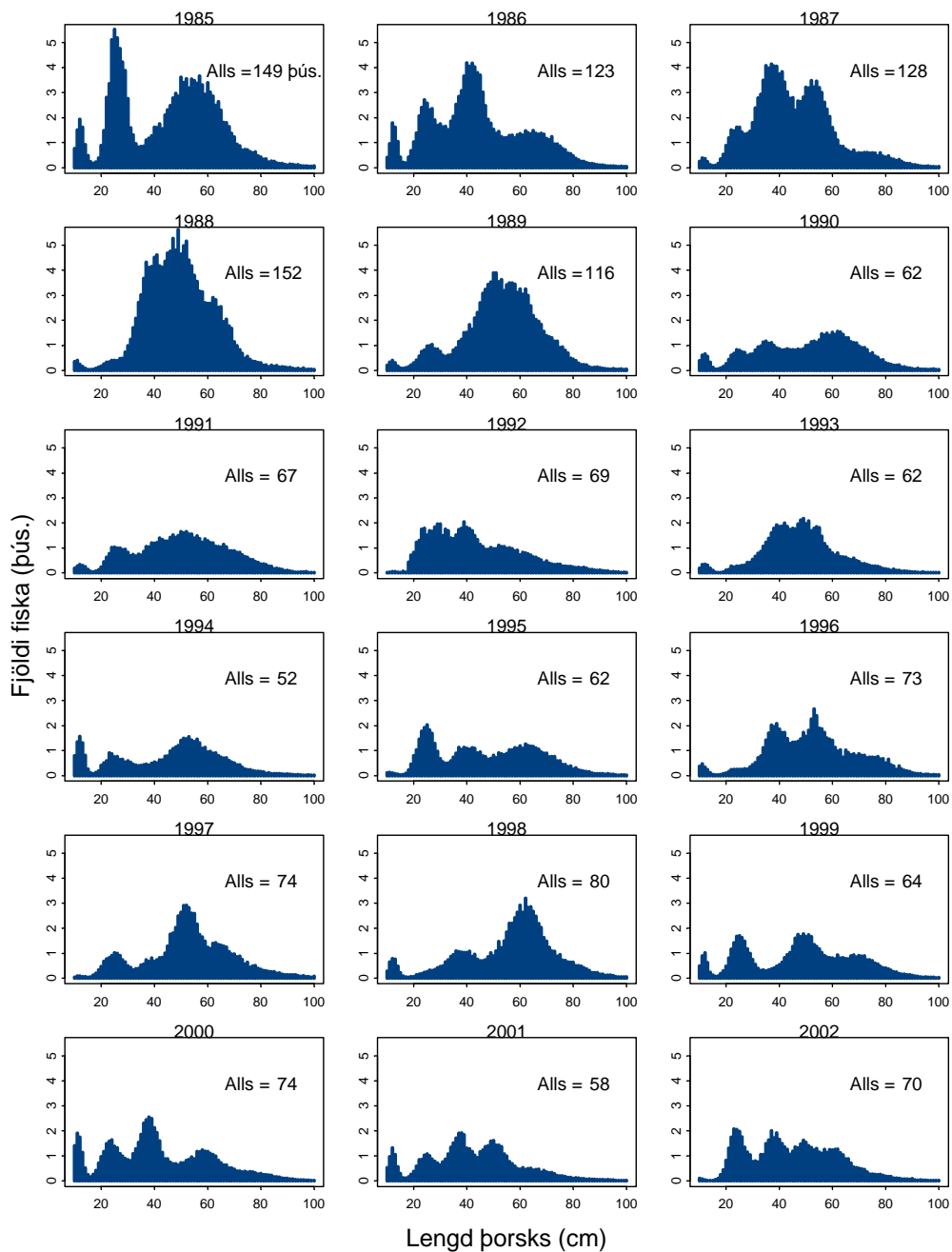
2. mynd. Lengdardreifing þorsks (fjöldi í þúsundum) í SMB 1985-2002.

Fig. 2. Length distribution of cod (numbers in thous.) in March 1985-2002.

Augljóst er að fjöldi fiska hlýtur að vera meiri eftir því sem aldurinn er lægri, þ.e. fiskunum fækkar með aldri vegna mikilla náttúrulegra dauðsfalla í fyrstu og síðan vegna veiða. Ef ralið nær til eins og tveggja ára þorsks í sambærilegum mæli og eldri fisks væri fjöldi þessa ungvíðis mun meiri en raun ber vitni (3. mynd C). Í þeim útreikningum er gert ráð fyrir að náttúruleg dauðsföll tveggja ára þorsks séu helmingi hærri en þriggja ára, eða $M=0.4$ og enn helmingi hærri hjá eins árs þorski, eða

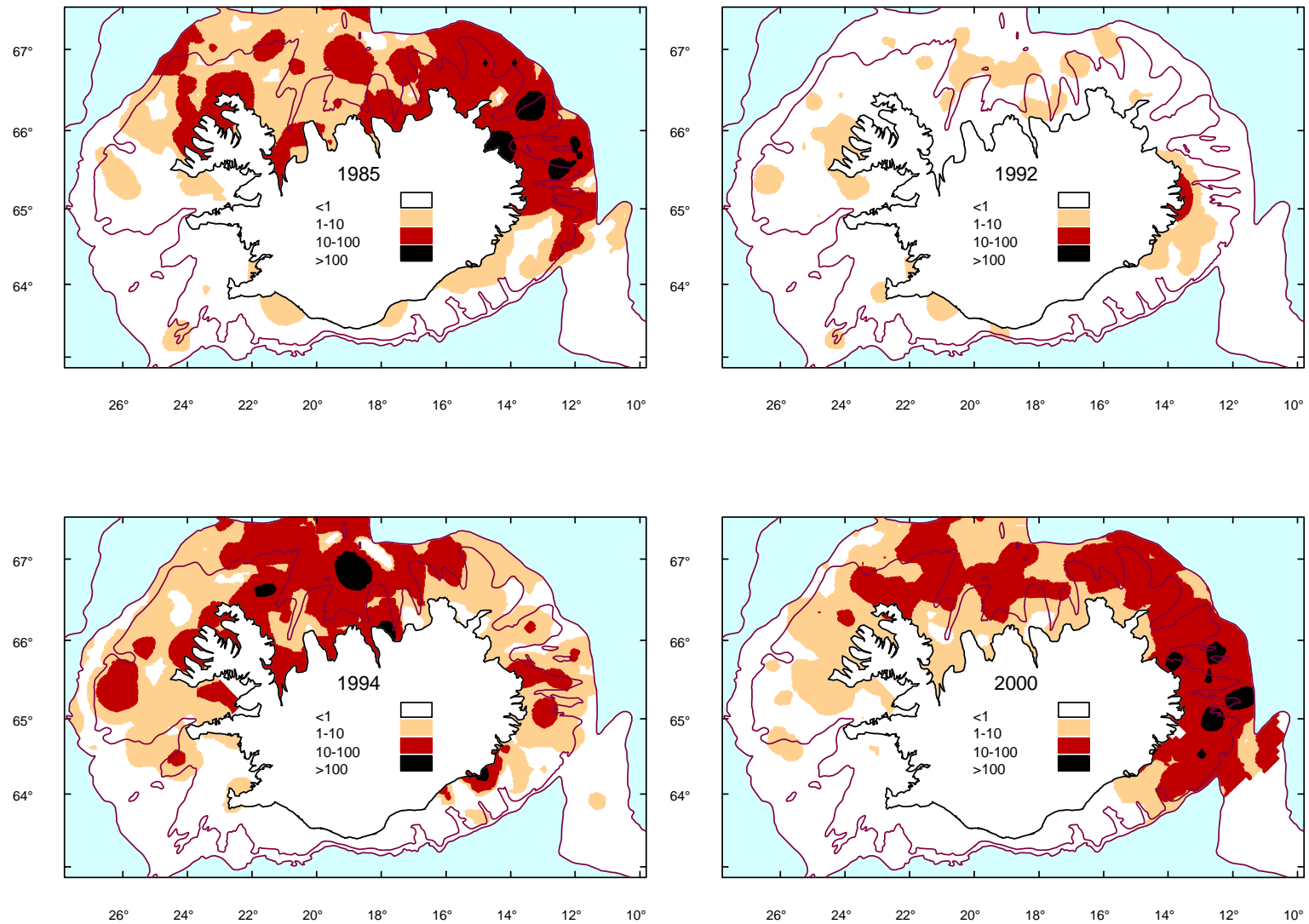
M=0.8. Þessi gildi eru innan þeirra marka sem niðurstöður um náttúruleg dauðsföll ungborsks í Barentshafi gefa til kynna (Sundby o.fl. 1989). Eins árs þorskur heldur sig því að mestu leyti annars staðar en á athafnasvæði rallsins og tveggja ára þorskur er einnig að talsverðu

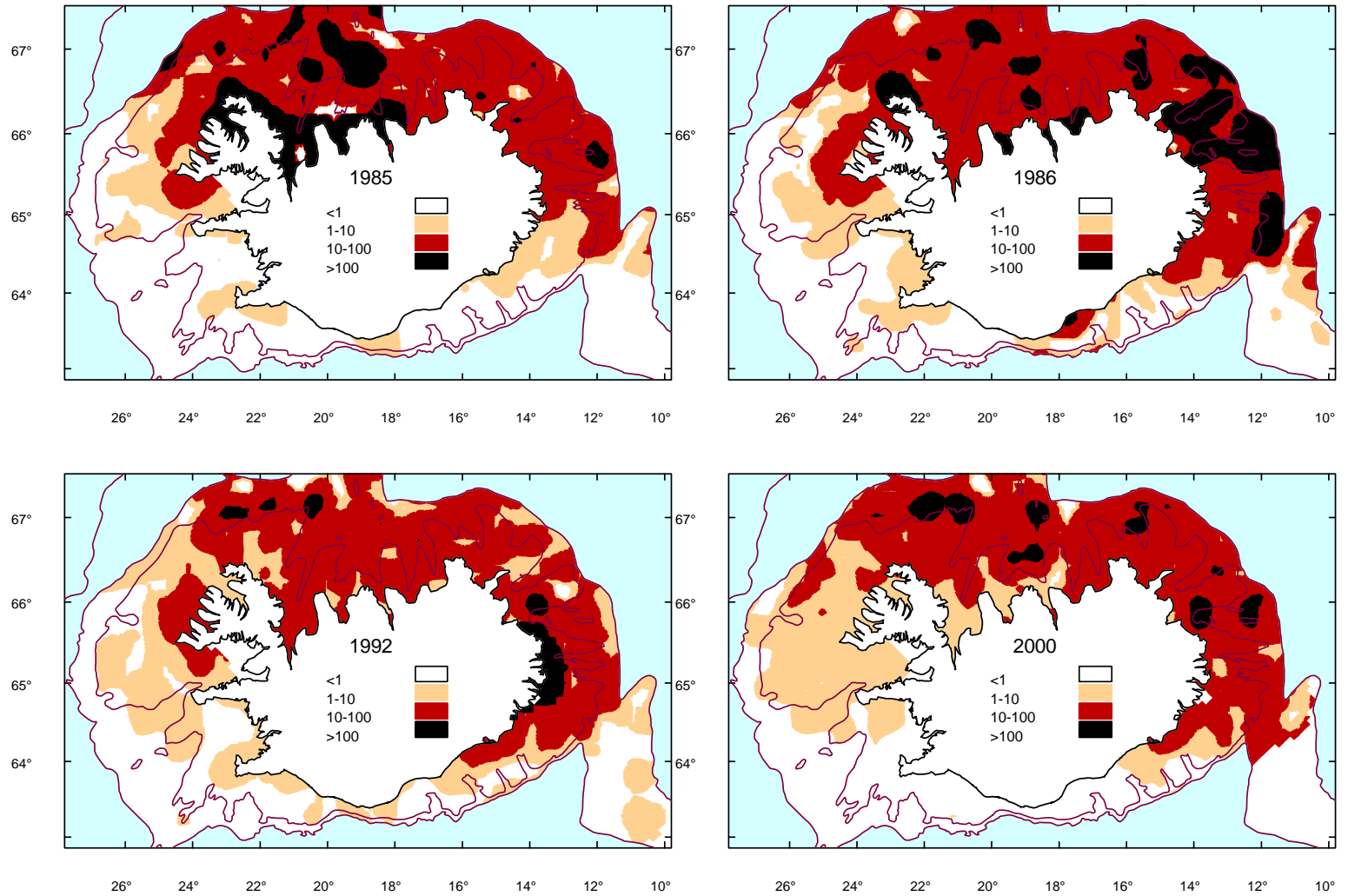
marki annars staðar. Ekki virðist vanta mikið á að þriggja ára þorskur haldi sig að mestu á rallsvæðinu.



3. mynd. Fjöldi þorska í SMB 1985-2002. (A) Lengdardreifing heildarfjölda, (B) Meðalfjöldi eftir aldri, (C) Bakreiknaður meðalfjöldi eins til þriggja ára (ljósblátt táknað viðbótarfjöldi).

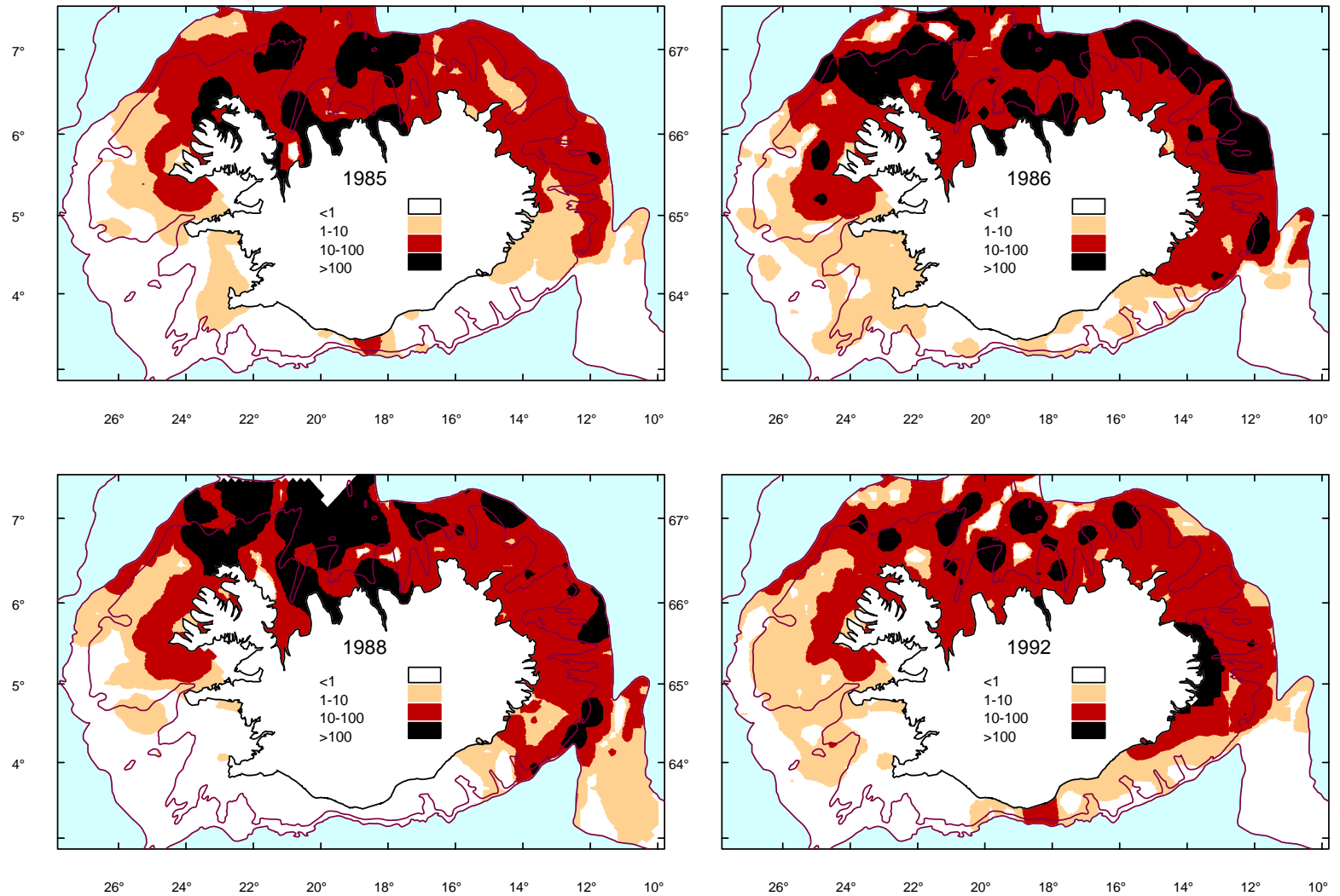
Fig. 3. Numbers of cod in March 1985-2002. (A) Overall length distribution, (B) Mean numbers by age, (C) Back-calculated numbers at age I-III (light shading indicates additional numbers).



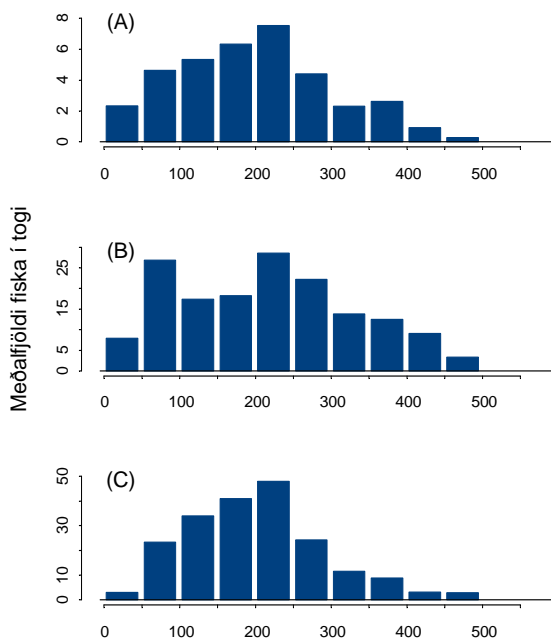


5. mynd. Útbreiðsla tveggja ára þorsks (fjöldi á togmílu) í mars 1985, 1986, 1992, og 2000 (dýptarlínur: 200 og 500 m).

Fig. 5. Spatial distributions (number of fish/nautical mile towed) of age II cod in March 1985, 1986, 1992 and 2000 (depth contours: 200 and 500 m).



Útbreiðsla er mjög breytileg frá ári til árs hjá einstökum aldursflokkum (4.-6. mynd). Árgangar voru valdir til að lýsa útbreiðslu með það í huga að þeir endurspegluðu breytileika í útbreiðslu hvers aldursflokks. Þess vegna eru mismunandi ár valin fyrir hvern aldursflokk. Eins árs þorskur fékkst einkum austan lands í mars 1985 og 2000 en norðan lands 1994 (4. mynd). Árið 1992 var sáralítið af eins árs þorski umhverfis land enda hefur árgangur 1991 reynst einn lakasti þorsk-árgangur síðan mælingar hófust. Mikið var af tveggja ára þorski af árgangi 1983 á grunnslóð norðan lands, einkum í Skagafirði í mars 1985 (5. mynd). Árið eftir fannst tveggja ára fiskur einkum austan lands og 1992 inni í fjörðum eystra. Árið 2000 var útbreiðsla tveggja ára þorsks dreifðari norðan lands og austan.



7. mynd. Dýptarútbreiðsla þorsks í mars 1985-2002. (A) eins árs, (B) tveggja ára, (C) þriggja ára.

Fig. 7. Depth distribution of cod in March 1985-2002. (A) Age I, (B) Age II, (C) Age III.

Þriggja ára þorskur fannst einkum á grunnslóð norðan lands árið 1985 en einnig djúpra fyrir Norðurlandi (6. mynd). Árið 1986 var þessi aldursflokkur mest áberandi djúpt fyrir norðan, norðaustan og austan land. Árið 1988 var þriggja ára þorskur mest áberandi norðan lands, bæði grunnt og djúpt. Árið 1992 var þessi aldursflokkur einkum inni í fjörðum eystra en einnig í nokkrum mæli norðan lands. Þrátt fyrir mismunandi landfræðilega útbreiðslu þorsks frá ári til árs, er dýptarútbreiðsla þessara þriggja aldursflokka fremur svipuð (7. mynd). Í heild fer magn eins, tveggja og þriggja ára þorskungviðis vax-

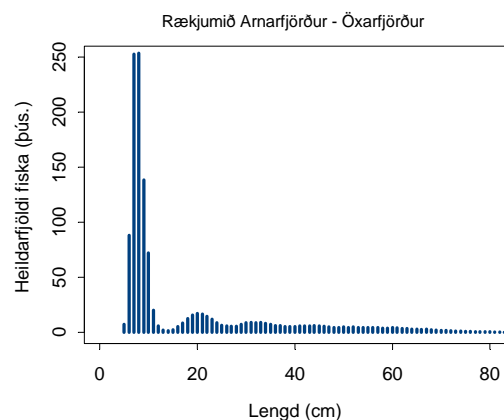
andi með auknu dýpi þar til hámarki er náð á 200-250 m dýpi. Eftir það fer fiskmagnið nokkuð hratt minnkandi með vaxandi dýpi. Undantekning frá þessu er mikið magn tveggja ára þorsks á 50-100 m dýpi, sem á rætur að rekja til mikils magns þessa aldurshóps í Skagafirði 1985.

Af framansögðu má draga eftirfarandi ályktanir:

- 1) Eins og tveggja ára þorskur er lítt aðgengilegur á meginathafnasvæði togararalls, þ.e. á landgrunninu utan fjarða og flóa.
- 2) Á þessu svæði er mest af þriggja og fjögurra ára þorski, en helstu veiðisvæði eru breytileg frá ári til árs.
- 3) Dýptarútbreiðsla eins til þriggja ára þorsks er svipuð á fyrrgreindu svæði eða mest á 150-250 m dýpi, óháð aldri.

HAUSTKANNANIR Á GRUNNSLÓÐ

Um árabíl hefur Hafrannsóknastofnunin kannað ástand rækjustofna og seiðamagn á grunnslóð í árlegum rannsóknaleiðöngnum í september og október (Unnur Skúladóttir o.fl. 2003). Árið 1985 voru tekin 32 tog en frá 1989 hafa verið tekin 150-200 rannsóknatog á hverju hausti á rækjumiðum frá Arnarfirði til Öxarfjarðar. Lengdardreifing þorsks samkvæmt þessum gögnum sýnir yfirgnæfandi magn fisks



8. mynd. Lengdardreifing þorsks innfjarða, frá Arnarfirði að Öxarfirði, að hausti 1985-2001.

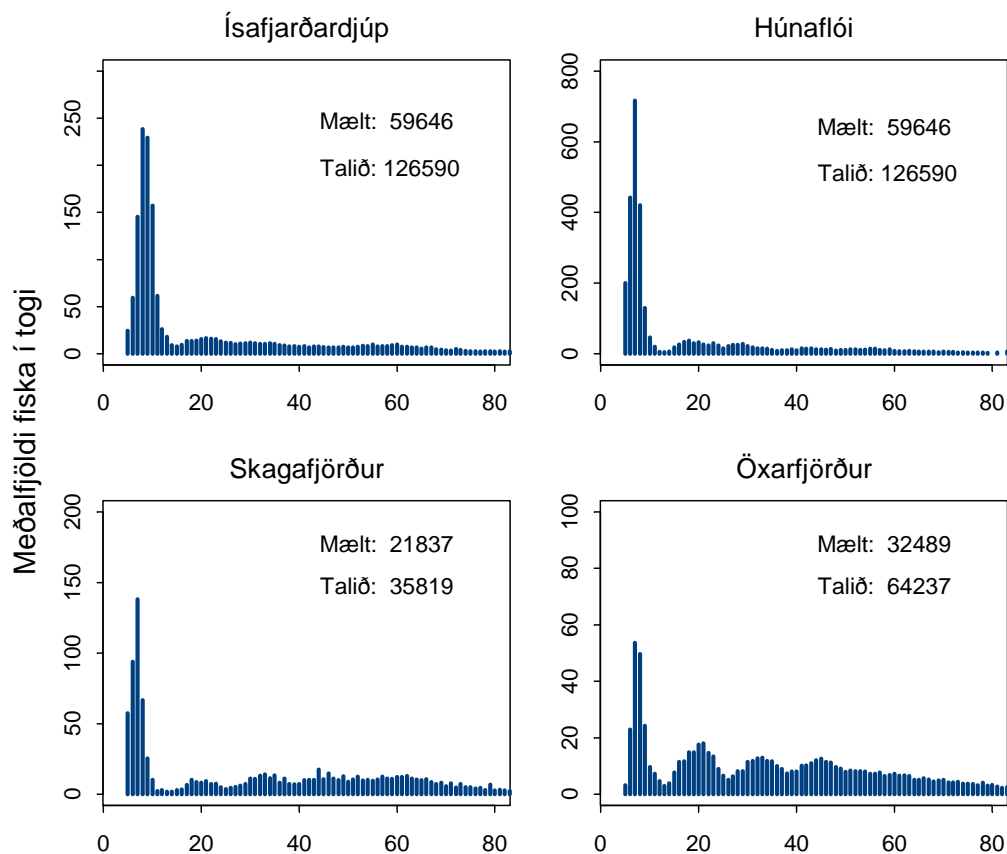
Fig. 8. Length distribution of cod in the northern fjords in autumn 1985-2001.

á fyrsta ári (hér eftir nefnd „seiði“), sem er 5-14 cm að lengd (8. mynd). Magn eins árs þorsks (15-23 cm) er um 16% af magni seiða og magn eldri fisks enn minna. Ef rekja mætti þessa lækun til náttúrulegs dauða, samsvaraði það

dánarstuðlinum 1,9 sem er býsna hátt gildi en þó ekki fjarstæðukennt. Einnig er vel mögulegt að hluti seiðanna hafi gengið af grunnslóð út á dýpri svæði. Þá er ekki heldur útilokað að seiði hafi gengið af dýpri svæðum inn á grunnslóðina.

Lengdardreifingar þorsks á nokkrum veiðisvæðum, þ.e. Ísafjarðardjúpi, Húnaflóa, Skaga-

m og 110-119 m, en minnst á minna dýpi en 50 m og meira dýpi en 130 m (10. mynd B). Eldri þorskur hefur fengist í mestu magni á 40-89 m dýpi (10. mynd C). Í Húnaflóa hefur langmest fengist af 0-flokki á 100-109 m dýpi og einnig mikið á 40-49 m dýpi, en minnst grynna en 30 m og dýpra en 130 m (11. mynd B). Eldri



9. mynd. Lengdardreifing þorsks í einstökum fjörðum að hausti 1985-2001. (A) Ísafjarðardjúpi, (B) Húnaflói, (C) Skagafjörður, (D) Öxarfjörður.

Fig. 9. Length distribution of cod in four northern fjords in autumn 1985-2001.

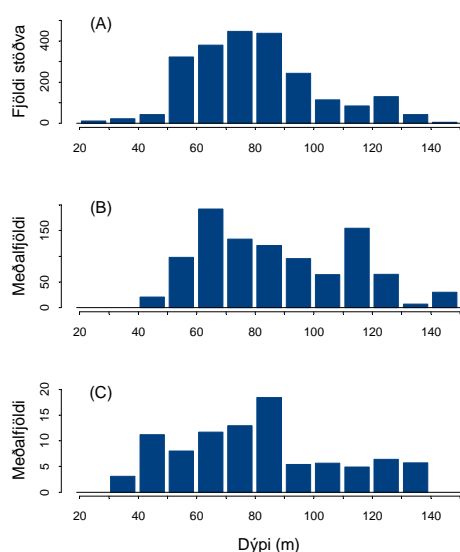
firði og Öxarfirði, eru nokkuð mismunandi (9. mynd). Í Ísafjarðardjúpi og Húnaflóa eru seiði yfirgnæfandi hluti af heildarfjölda fiska. Í Skagafirði og Öxarfirði er meira af stærri fiski en á hinum svæðunum, enda þótt seiðin sé algengust. Í Ísafjarðardjúpi voru flest tog tekin á 50-99 m dýpi, en mjög fá á minna dýpi en 50 m (10. mynd A). Í Húnaflóa voru flest tog á 50-129 m dýpi (11. mynd A). Þessar kannanir gefa því takmarkaðar upplýsingar um fiskmagn á grynustu slóðinni, þ.e. grynna en 50 m.

Í Ísafjarðardjúpi hefur mest fengist af þorskseiðum á tveimur dýptarbilum, þ.e. 60-69

þorskur fékkst í mestu magni á 40-59 m dýpi í Húnaflóa, en var að öðru leyti fremur jafndreifður (11. mynd C).

Af framansögðu má draga eftirfarandi ályktanir:

- 1) Magn þorskseiða innfjarða að haustlagi er margfalt miðað við magn eins árs þorsks í mars á landgrunnssvæðinu.
- 2) Möguleikar til veiða á þorskseiðum hljóta því að teljast góðir að haustlagi innfjarða, einkum í Ísafjarðardjúpi og Húnaflóa.



10. mynd. Dýptarútbreiðsla þorsks (meðalfjöldi í togi) í Ísafjarðardjúpi að hausti. (A) Fjöldi stöðva, (B) Meðalfjöldi seiða, (C) Meðalfjöldi eldri þorsks.

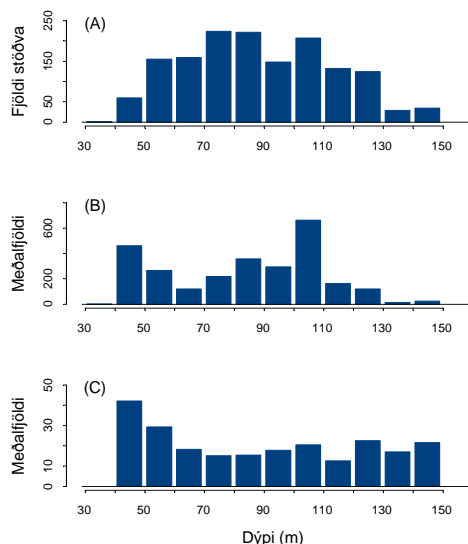
Fig. 10. Depth distribution of cod (average number/tow) in Ísafjarðardjúpi during autumn. (A) Number of stations, (B) Mean number of 0-group cod, (C) Mean number of older cod.

SEIÐAMÆLINGAR Í ÁGÚST

Seiðamælingar hafa farið fram í ágústmánuði síðan 1970 (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1994). Seiðin eru veidd uppi í sjó með smáriðinni flotvörpu, yfirleitt á minna dýpi en 50 m. Stærð þorskseiðanna er oftast á bilinu 3-8 cm.

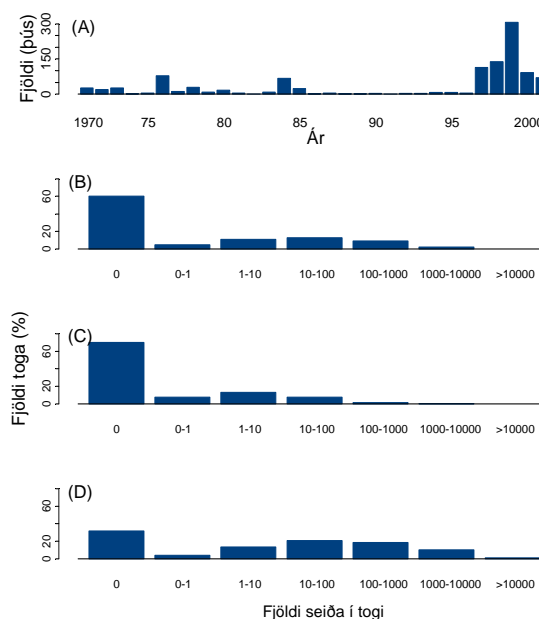
Á árunum 1970-1985 var magn þorskseiða mjög breytilegt og nýliðun þorsks einnig. Tímabilið 1986-1996 var seiðamagn mjög lítið og nýliðun þorsks var einnig mjög slök í flestum árum. Síðustu 6 ár hefur seiðamagn verið mun meira og jafnara en áður hefur mælst (12. mynd A). Áhrif þessa á nýliðun þorsks eru ekki að fullu komin í ljós, en þó virðist sem nýliðun sé ekki í samræmi við þetta mikla seiðamagn.

Þegar seiðamagn er í líkingu við ástandið tímabilið 1970-1985 er við því að búast að á meirihluta stöðva fái engin seiði (12. mynd B). Jafnframt eru þó talsverðar líkur (9%) á að seiði fái í nokkru magni, eða 100-1000 seiði/tog, og jafnvel fleiri en 1000 seiði/tog (2%). Þegar seiðamagn er í lágmarki, eins og var árin 1990-1996, er ekki við mikilli veiði á þorskseiðum að búast (12. mynd C). Í slíkum árum fæst í flestum tilvikum (70%) ekkert seiði í togi, alloft (20%) 1-10 og allt upp í 100 seiði, en sjaldan (1,5%) fleiri en 100 seiði.



11. mynd. Dýptarútbreiðsla þorsks (meðalfjöldi í togi) í Húnaflóa að hausti. (A) Fjöldi stöðva, (B) Meðalfjöldi seiða, (C) Meðalfjöldi eldri þorsks.

Fig. 11. Depth distribution of cod (average number/tow) in Húnaflóa during autumn: (A) Number of stations, (B) Mean number of 0-group cod, (C) Mean number of older cod.



12. mynd. Fjöldi þorskseiða í ágúst 1970-2001 (n táknar fjölda toga). (A) Heildarfjöldi seiða (í þúsundum) eftir árum. Tíðnidreifing fjölda í togi: (B) 1970-1985 (n=2698), (C) 1986-1996 (n=2739), (D) 1997-2001 (n=1157).

Fig. 12. Numbers and frequency distributions of 0-group cod in August 1970-2001 (n indicates number of tows). (A) Total number of 0-group (thousands) by years. Frequency distributions by tows, (B) 1970-1985 (n=2698), (C) 1986-1996 (n=2739), (D) 1997-2001 (n=1157).

Í mjög góðum seiðaárum eins og verið hafa síðan 1997 fást oftast en ekki einhver þorskseiði (12. mynd D). Alloft (18%) fást 100-1000 seiði og jafnvel fleiri en 1000 (10%) og stöku

sinnnum (1%) fleiri en 10000 seiði í 0.5 sjm. togi. Í slíkum árum eru því mjög góðir möguleikar á að veiða þorskseiði í miklu magni á stuttum tíma með flotvörpu, enda fari veiðar fram áður en seiðin leita botns. Síðustu árin og reyndar í flestum árum (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1994), hefur meginútbreiðslusvæði þorskseiða verið á grunnslóð norðan lands, ekki síst í fjörðum og flóum frá Ísafjarðardjúpi allt austur í Þistilfjörð (13. mynd).

Af framansögðu má draga eftirfarandi ályktun:

Í mjög góðum seiðaárum eins og verið hafa síðan 1997, ættu innfjarðaveiðar á þorskseiðum í ágúst að gefa góða raun hvað varðar fjölda veiddra seiða.

HELSTU NIÐURSTÖÐUR OG ÁLYKTANIR

- 1) Veiðar á þorskseiðum í ágúst eru líklegastar til að gefa mjög góðan afla (>1000 seiði/tog), a.m.k. í góðum seiðaárum eins og tímabilið 1997-2003. Í slökum seiðaárum gætu slíkar veiðar þó reynst erfiðar, nema e.t.v. á mjög afmörkuðum svæðum. Áhrif veiða á seiðastofna við þær aðstæður væru því líklega mun meiri og ekki einsýnt hvort þær stæðust með tilliti til verndunarsjónarmiða.
- 2) Haustveiðar innfjarða á botnlægum þorskseiðum (0-flokk) eru líklegar til að gefa góðan afla (>1000 seiði/tog), a.m.k. í góðum seiðaárum. Reynslan af slíkum veiðum í Ísafjarðardjúpi árin 2002-2003 staðfestir þetta. Í slökum seiðaárum gildir hið sama um þessar veiðar og veiðar á seiðum í ágúst með flotvörpu.
- 3) Veiðar á eins og tveggja ára þorski í mars á landgrunnssvæðinu eru ekki líklegar til að gefa teljandi afla.
- 4) Veiðar á þriggja og fjögurra ára þorski í mars á landgrunnssvæðinu eru líklegar til að gefa nokkurn afla (> 100 fiska/tog).

Fyrstu tveir kostirnir hafa einkum tvennt sér til ágætis: Aflamagn er líklegt til að vera mjög gott og veiðar á svo ungum fiski hafa tiltölulega lítil áhrif á hefðbundna nýtingu þorskstofnsins, vegna mikilla náttúrulegra affalla fisksins fram til nýliðunar í veiðistofn við þriggja ára aldur. Þriðji kosturinn er lítt

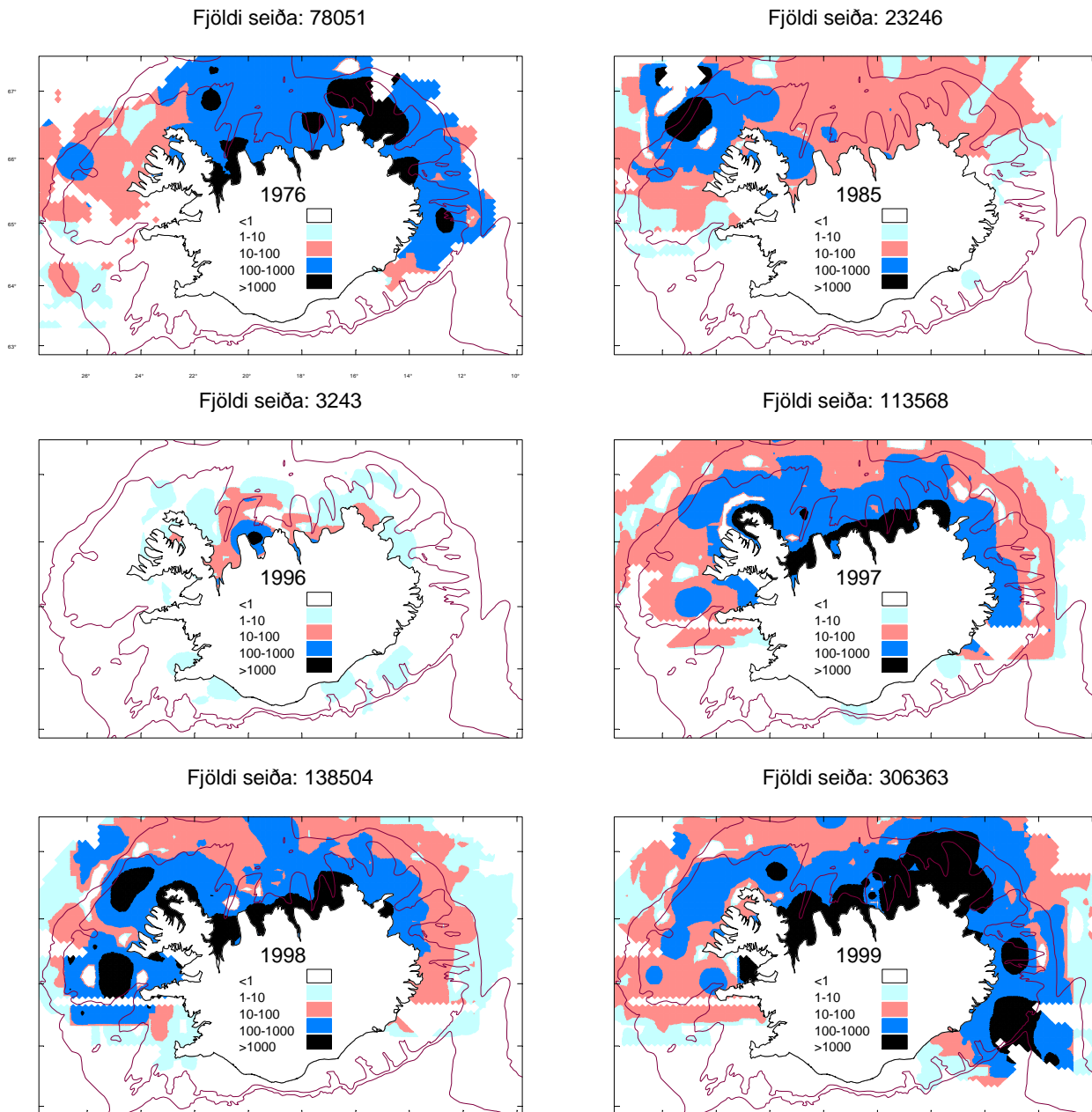
fýsilegur vegna þess hve veiðilíkur eru takmarkaðar. Síðasti kosturinn, þ.e. veiðar á þriggja og fjögurra ára fiski, er þeim annmarka háður að þar væri um beina samkeppni við hefðbundnar veiðar að ræða og þyrfti því að skerða þær veiðar samsvarandi.

UMFJÖLLUN

Þau gögn sem skoðuð voru í þessari greiningu á útbreiðslu þorskungviðis, sýna að veiðar á seiðum eru líklegastar til að skila góðum árangri við að ná í fisk til áframeldis. Reynsla síðustu tveggja ára staðfestir þetta. Seiðaveiðar í Ísafjarðardjúpi haustin 2002 og 2003 gáfu mjög góða raun, einkum 2003, þegar meira en hálf milljón seiða var veidd á nokkrum vikum (Þórarinn Ólafsson, samtal). Þær veiðar fóru reyndar fram í október og nóvember og var beitt sérhannaðri botnvörpu. Norðmenn hafa fyrr komist að svipaðri niðurstöðu varðandi veiðar á seiðum við Noreg (Olsen & Soldal, óbirt fjölrituð skýrsla).

Rannsóknir á náttúrulegum afföllum þorsks við Noreg sýna gríðarleg afföll á 5 til 6 mánaða tímabili frá klaki til seiðastigs, eða um og yfir 99%. Dauðsföll frá seiðastigi til þriggja ára aldurs eru talin vera allt að 80-90%, en þó breytileg frá ári til árs (Sundby o.fl. 1989). Dauðsföll á seiðastiginu, í ágúst-september, eru talin um og yfir ein milljón seiða á dag, jafnvel hjá veikum árgöngum eins og 1980, 1982 og 1987. Með hliðsjón af slíkum niðurstöðum hefur verið ályktað að veiðar á t.d. 5 milljónum seiða við Noreg muni ekki hafa í för með sér mælanlegar afleiðingar fyrir stofninn (Olsen & Soldal, óbirt fjölrituð skýrsla).

Ætla má að svipuð megin sjónarmið gildi fyrir íslenska þorskstofninn. Íslenski stofninn er reyndar mun minni en sá norski, en hér er fyrst og fremst verið að vega og meta stærðargráðu „ásættanlegra“ veiða, en ekki nákvæma tölu. Meðalþorskárgangur við Ísland er um 200 milljónir við þriggja ára aldur (Anon. 2003). Stærð árgangsins á seiðastigi væri því í námunda við einn milljarð, ef afföll til þriggja ára aldurs væru 80-90%. Sterkur árgangur væri á hinn bóginn nokkrir milljarðar að stærð á seiðastigi, en veikur árgangur nokkur hundruð milljónir. Veiði nokkurra milljóna seiða, úr meðalárgangi eða stærri, er því ekki líkleg til að hafa nein teljandi áhrif á afkomu árgangsins.



13. mynd. Útbreiðsla þorskeiða í ágúst 1976, 1985, 1996, 1997, 1998 og 1999 (dýptarlínur: 200 og 500 m).

Fig. 13. Spatial distributions of 0-group cod in August 1976, 1985, 1996, 1997, 1998 and 1999 (depth contours: 200 og 500 m).

Veiðar af þessu tagi munu, miðað við reynslu síðustu ára, einkum fara fram á afmörkuðum svæðum í fjörðum og flóum þar sem þéttleiki seiðanna er mestur. Áhrif slíkra veiða á staðbundna stofna er ekki unnt að meta nema til komi vitneskja um stærð þess stofns sem veitt er úr. Það hlýtur að teljast nokkurt álitamál hversu langt megi ganga í umfangsmikilli, árlegri, staðbundinni veiði

meðan ekki er unnt að meta áhrif hennar með viðunandi nákvæmni. Norðmenn hafa gert tilraunir til að bergmálsmaða magn seiða á grunnslóð (Olsen & Soldal 1989) og telja slíkar mælingar lofa góðu. Nauðsynlegt er að slíkar mælingar verði reyndar í fjörðum hér við land til að treysta þekkingu okkar á þessu sviði og leggja grunn að skynsamlegri nýtingu þorsstofnsins til fiskeldis á komandi árum.

ÞAKKIR

Dr. Björn Björnsson, fiskifræðingur, las handrit greinarinnar yfir og kom með ýmsar gagnlegar ábendingar.

HEIMILDIR

- Anon. 2003. Nytjastofnar sjávar 2002/2003. Aflahorfur fiskveiðiárið 2003/2004. State of marine stocks in Icelandic waters 2002/2003. Prospects for the quota year 2003/2004. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 97*: 1-168.
- Ólafur K. Pálsson, Einar Jónsson, Sigfús A. Schopka, Gunnar Stefánsson & Björn Æ. Steinarsson 1989. Icelandic groundfish survey data used to improve precision in stock assessments. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 9: 53-72.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason & Ásta Guðmundsdóttir 1994. Distribution, abundance and length of pelagic juvenile cod in Icelandic waters in relation to environmental conditions. Í: Jakob Jakobsson [o. fl.] (ritstj.): *Cod and climate change*, Reykjavík 1993. *ICES Marine Science Symposia* 198: 529-541.
- Olsen, S. & Soldal, A.V. 1989. Observations on inshore distribution and behaviour of 0-group northeast Arctic cod. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 191: 296-302.
- Sundby, S., Björke, H., Soldal, A.V. & Olsen, S. 1989. Mortality rates during early life stages and year-class strength of northeast Arctic cod (*Gadus morhua* L.). *Rapports et Procès-verbaux des Réunions Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 191: 351-358.
- Unnur Skúladóttir, Hreiðar Þór Valtýsson, Stefán H. Brynjólfsson & Guðmundur Skúli Bragason 2003. Þorsk- og ýsuungviði í rækjukönnunum á grunnslóð. *Ægir* 96(5): 8, 10-16.

Framleiðsla þorskseiða

Agnar Steinarsson (agnar@hafro.is)

Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar
Stað við Grindavík, Pósthólf 42, 240 Grindavík

ÁGRIP

Agnar Steinarsson 2004: Framleiðsla þorskseiða. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 41-86.

Í Noregi, Kanada, Bandaríkjunum, Bretlandseyjum og Íslandi eru rúmlega 20 eldisstöðvar sem framleiddu samtals um það bil 6 milljónir þorskseiða á árinu 2004. Á Íslandi var hlutafélagið Icecod stofnað á árinu 2003 í þeim tilgangi að vinna að þróun á seiðaeldi og kynbótum í þorskeldi. Framleiðsla seiða hefur farið fram í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík og þar hafa verið framleidd um það bil 450.000 seiði undir merkjum Icecod á undanförunum tveimur árum. Seiðin hafa flest verið seld áfram til sjókvíastöðva og ef allt gengur að óskum má reikna með því að fiskurinn muni ná sláturstærð á 28-36 mánuðum frá klaki.

Aðferðafræði þorskseiðaframleiðslu byggir á eldistækni sem á rætur sínar að rekja til Japans en hefur verið þróuð áfram í löndum Miðjarðarhafsins við eldi á sjávarfiskunum barra og brama. Þessar tegundir eiga það sameiginlegt með þorskinum að hrygna örsmáum hrognum og lifurnar eru að sama skapi örsmáar og óproskaðar við klak. Hjöldýr eru yfirleitt eina fæða liffanna fyrstu tvær vikurnar en eftir 4-5 vikur hafa saltvatnsrækjur (Artemía) tekið við af hjöldýrunum. Nauðsynlegt er að auðga fæðudýrin sérstaklega með prótínum, fitusýrum og vítamínum, og mikilvægt er að sótthreinsa fæðudýrin fyrir gjöf. Þurrfóðri er síðan smám saman bætt á matseðilinn og eftir 8 vikur er algengt að seiðin séu alveg komin á þurrfóður.

Með nýlegri tilkomu endurnýtingarkerfa hefur ræktun hjöldýra fleygt mikið fram og algeng framleiðni í slíkum kerfum er í kringum tveir milljarðar hjöldýra/m³/dag. Það þarf að gefa 20-40.000 hjöldýr til þess að framleiða eitt þorskseiði og kostnaður vegna ræktunar hjöldýra í endurnýtingarkerfi getur orðið minni en 0,1 króna á hvert framleitt seiði. Framleiðni við ræktun og auðgun á Artemíu er um það bil 200 milljónir Artemía/m³/dag. Á Stað hefur Artemíugjöf verið um það bil 40.000 Artemíur á hvert seiði en rannsóknir benda þó til þess að hægt sé að minnka gjöfina niður undir 10.000 Artemíur á seiði, án þess að tapa vexti. Efniskostnaður vegna ræktunar Artemíu væri þá orðinn minni en 0,5 krónur á hvert framleitt seiði. Í Noregi hafa menn hins vegar náð að framleiða verulegt magn seiða án þess að fódra með Artemíu.

Í seiðaframleiðslunni gengur þorskurinn í gegnum fjögur þroskastig: hrogn, lifra (4-12 mm), ungseiði (12-45 mm) og seiði (>45 mm). Á Stað tekur það um það bil 16 vikur frá frjóvgun að framleiða bóluset 5 g seiði og eldið skiptist í þrjá hluta: hrognahald (tvær vikur), lifrueldi (8 vikur) og ungseiðaeldi (6 vikur).

Kynþroska hrygna í eldiskeri hrygnir að jafnaði 900.000 hrognum á hvert kg líffþyngdar og yfirleitt eru 60-70% hrognanna frjóvguð. Með ljósastryringu tekur aðeins 18 mánuði að hlíðra hrygningu klakfisks að því marki að hægt sé að fá hrogn árið um kring. Kjörhitu hrognahalds er 7-8°C og algengt klakhlutfall er 70-80%. Mikil afföll verða á fyrstu tveimur vikunum eftir klak og aðeins 20-50% liffanna lifa lifrustigið af (6 vikur). Lifun frá klaki til bólusetts seiðis (14 vikur) er almennt á bilinu 10-40%. Með aukinni reynslu og þekkingu virðist vera raunhæft að ná 30-40% lifun í seiðaframleiðslunni.

Hitastig í lifrueldi er oft haft í kringum 8°C fyrstu vikuna, til þess að bæta nýtingu kviðþokans og auðvelda myndun sundmagans, en eftir það er hitastigið hækkað rólega upp í 10-14°C. Vaxtarhraðinn nær hámarki 5 vikum eftir klak (15-20%/dag) en lengdarvöxturinn er mestur hjá 2-3 g seiðum (allt að 1,7 mm/dag). Á Stað hafa ungseiðin verið komin á þurrfóður eftir 8 vikur (33 mm) en í norskrri stöð hefur þessi tími náðst niður í 5 vikur (13-14 mm). Í rannsóknum á barra hefur nýlega tekist að framleiða seiði með þurrfóðurgjöf eingöngu án þess að það hafi komið niður á vexti eða lifun.

Á Stað hefur framleiðnin úr lifrueldinu verið allt að 10-12 seiði á lítra. Í barra- og bramaeldi eru hins vegar dæmi um framleiðni á bilinu 50-80 seiði á lítra. Í seiðastöð með fjórum umferðum á ári, virðist vera fyllilega raunhæft að framleiða 100 þorskseiði á lítra á ári. Með slíkum afköstum gæti stöð með 40 m³ lifrueldisrými, eins og eldisstöðin á Stað, framleitt 4 milljónir seiða á ári, ef hún væri lögð algjörlega undir framleiðslu þorskseiða. Í stöð með 100 m³ lifrueldisrými væri hægt að framleiða 10 milljónir seiða á ári.

ABSTRACT

Agnar Steinarsson 2004: Hatchery production of cod. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 41-86.

In the year 2004, some 20 hatcheries in Norway, Canada, USA, Britain and Iceland produced a total of approximately 6 million cod fry. Icecod was founded in Iceland in 2003, for the sole purpose of developing hatchery production and selective breeding of cod. Hatchery production has been performed in the Marine Research Laboratory (MRL) at Staður near Grindavík and over the past two years some 450.000 fry have been produced by Icecod. Most of the fry have been sold locally and they are expected to reach market size in 28-36 months from hatch.

The hatchery production technique was originally developed in Japan and has been mastered in the farming of bass and bream in the Mediterranean. Much like cod, these species spawn tiny eggs which hatch into tiny, undeveloped larvae. Live rotifers are usually the only food item during the first two weeks but by 4-5 weeks post-hatch they have gradually been replaced by brine shrimp (*Artemia*). The prey need to be enriched with protein, fatty acids and vitamins, and it is essential to disinfect the prey before feeding them to the larvae. A dry microdiet is gradually introduced and by 8 weeks post-hatch the fry have been fully weaned.

With the arrival of high-density recirculation systems, rotifer culture has progressed rapidly and production rates of 2 billion rotifers/m³/day are now commonly achieved. A total of 20-40.000 rotifers are required to produce one viable cod fry and the associated cost can be less than 10⁻³ ECU per produced fry. The maximum yield from the hatching and enrichment of *Artemia* is approximately 200 million *Artemia*/m³/day. At the MRL the production of one cod fry typically requires some 40.000 *Artemia* to be offered, while research indicates that this figure can be lowered down to approximately 10.000 per fry without compromising growth or survival. The feeding cost of *Artemia* production would thus account for less than 10⁻² ECU per produced fry. In Norway, the full-scale production of cod fry without the use of *Artemia* has already been achieved in at least one farm.

In the production process the cod will move between four successive stages of development: egg, larva (4-12 mm), early juvenile (12-45 mm) and juvenile (>45 mm). At the MRL it typically requires 16 weeks from fertilization to vaccinated 5 g fry and the entire process can be divided into three parts: incubation (2 weeks), hatchery (8 weeks) and nursery (6 weeks).

A mature female in captivity will spawn approximately 900.000 eggs per kg live weight and typically 60-70% of those will be fertilized. Through light manipulation a spawning stock can be induced to spawn off-season and it requires only 18 months to effectively shift the stock to produce viable eggs all year round. The optimum incubation temperature is 7-8°C and a hatching ratio of 70-80% can typically be achieved. Heavy mortalities occur during the first two or three weeks post-hatch and only 20-50% of the larvae will survive through pre-metamorphosis (6 weeks). Survival from hatch to vaccination (14 weeks) is generally 10-40%. With increased knowledge and experience a survival rate of 30-40% seems to be a realistic goal in the large scale hatchery production of cod.

The rearing temperature in the hatchery is often kept constant at 8°C during the first week post-hatch, to optimise the yolk conversion and facilitate a proper filling of the swim bladder, but after that the temperature is gradually raised to 10-14°C. The growth rate peaks at 5 weeks post-hatch (15-20%/day), while the length increment is largest at a size of 6-7 cm (up to 1,7 mm/day). At the MRL the juveniles have been fully weaned at 8 weeks post-hatch (33 mm) but in one Norwegian farm weaning has been successfully completed at 5 weeks post-hatch (13-14 mm). In laboratory experiments weaning has been completed well before metamorphosis at 3 weeks post-hatch (8 mm) but the growth rates have been poor. Recently, sea bass has been reared on dry microdiet alone with excellent growth and survival.

At the MRL the hatchery output has been up to 10-12 fry per litre. In bass and bream production, however, an output of 50-80 fry per litre is regularly achieved. In a large-scale hatchery production of cod, with four production cycles per year, a hatchery output of 100 fry per litre per year seems realistic and modest even. With such an output, a farm with a 40 m³ hatchery volume, like the MRL, could hypothetically produce 4 million fry per year. A farm with a 100 m³ hatchery volume could accordingly produce 10 million fry per year.

1.0 INNGANGUR

1.1 Staða þorskseiðaeldis

Norðmenn hafa verið í fararbroddi í þorskeldi og hafa á undanförunum 20 árum framleitt milljónir þorskseiða í lónum og kvíum þar sem seiðin eru alin á dýrasvífi. Meirihluta þessara seiða hefur verið sleppt í hafbeit í norskum fjörðum. Á undanförunum árum hefur áhugi Norðmanna á þorskeldi aukist verulega og eru þeir nú farnir að veðja á þorsk sem sína næstu stóru eldistegund. Í Noregi eru nú starfræktar 15-20 seiðastöðvar og margar þeirra hafa ljósa-stýrðan hrygningarfisk og framleiða seiði árið um kring. Seiðaframleiðsla Norðmanna hefur aukist ár frá ári og var þrjár til fjórar milljónir seiða á árinu 2003 (Bailey o.fl. 2004, Valdimar I. Gunnarsson 2004). Stærsti einstaki framleiðandinn undanfarin tvö ár (2003-2004) hefur verið Lofilab sem framleitt hefur þorskseiði í dúkklæddum eldiskvíum, alls 850.000 seiði hvort ár (www.lofotposten.no). Seiðaframleiðsla ársins 2004 hefur verið nokkuð undir væntingum og eftir því sem næst verður komist voru framleiddar um það bil 5 milljónir seiða í Noregi á árinu 2004 (www.lofilab.no). Seiðaverðið í Noregi hefur verið í kringum 90 krónur fyrir 50 g seiði (Karlsen 2004). Seiðaframleiðsla ársins 2004 er efniviður í um það bil 12.500 tonn innan þriggja ára en opinber markmið hljóða upp á allt að 100.000 tonn árið 2010 (Valdimar I. Gunnarsson 2004).

Í Noregi er unnið mjög öflugt rannsóknastarf til stuðnings við þróun þorskeldis. Í rannsóknastöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Austevoll eru 45 starfsmenn og þar af eru 15 sérfræðingar sem fyrst og fremst sinna rannsóknum sem tengjast þorskeldi. Þar fyrir utan eru sérfræðingar og nemendur við Háskólana í Bergen og Tromsø sem einnig stunda rannsóknir á sviði þorskeldis. Markvisst er unnið að því að þróa sérhæfð bóluefni fyrir þorsk, enda hafa baktærisjúkdómar verið verulegt vandamál víða í Noregi, sérstaklega að sumarlagi þegar hitastig sjávar verður hátt. Kynbætur eru hafnar í tveimur stöðvum í Noregi, Fiskeriforsknung í Tromsø og Akvaforsk á Sunndalsøra (Gjerde o. fl. 2004, Valdimar I. Gunnarsson 2004).

Í Bandaríkjunum og Kanada eru þrjár seiðastöðvar sem framleiddu samtals um hálfu milljón seiða á árinu 2003. Á Nýfundnalandi (tilheyrir Kanada) eru mikil áform varðandi þorskeldi en bygging á nýrri stórrí seiðastöð

strandaði fyrr á árinu 2004, vegna fjárskorts (www.peicanada.com). Opinber markmið fyrir Bandaríkin og Kanada hljóða upp á fjórar milljónir seiða árið 2006 og 40-50.000 tonn af þorskfiskum árið 2010 (Valdimar I. Gunnarsson 2004). Á Bretlandseyjum eru tvær seiðastöðvar og fjórar matfiskstöðvar og þar stefna menn á 10-15.000 tonn árið 2010.

1.2 Þorskseiðaeldi á Íslandi

Hafrannsóknastofnunin hefur verið frumkvöðull í þróun á þorskseiðaframleiðslu á Íslandi. Í samræmi við lögbundið hlutverk stofnunarinnar um að stunda rannsóknir á eldi sjávardýra var árið 1987 ráðist í byggingu tilraunaeldisstöðvar á Stað við Grindavík (1. mynd). Í stöðinni hafa farið fram margþættar rannsóknir á ýmsum sjávardýrum og áhersla verið lögð á að finna og hlúa að nýjum, vænlegum vaxtarsprotum fyrir íslenskt fiskeldi. Unnið hefur verið að þróun seiðaframleiðslu hjá þorski, lúðu, sandhverfu og sæeyrum og í dag hafa allar þessar tegundir náð fótfestu í íslensku fiskeldi.



1. mynd. Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík.

Figure 1. The Marine Research Laboratory in Grindavík (MRL).

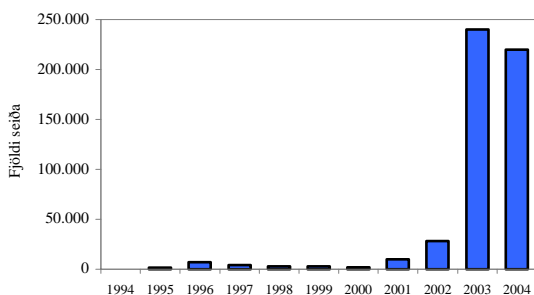
Hafrannsóknastofnunin hefur framleitt þorskseiði á hverju ári síðan 1994 og hafa þau verið notuð sem efniviður í fjölmörg rannsóknaverkefni í stöðinni og víðar. Framleiðslan var að jafnaði í kringum 5.000 seiði á ári, allt fram til ársins 2001 en þá jókst framleiðslan í 10.000 seiði, enda hafði áhugi á þorskeldi verið endurvakinn og ákvörðun verið tekin um að leggja aukna áherslu á þorskeldi í stöðinni. Á árinu 2002 réðst Hafrannsóknastofnunin, með myndarlegum fjárstuðningi frá Rannís, í að reisa viðbyggingu við eldisstöðina og var hún tekin í notkun strax um vorið. Í kjölfarið jókst framleiðslan í 28.000 seiði, þrátt fyrir að tækjabúnaði og aðstöðu innanhúss væri enn nokkuð ábótavant. Áfram var haldið með uppbyggingu stöðvarinnar og hún jafnframt útbúin ýmsum

sérhæfðum fiskeldisbúnaði. Þegar kom fram á árið 2003 var stöðin loksins í stakk búin til þess að ráða við verulega aukningu í framleiðslu þorskseiða. Þann 28. mars 2003 var viðbyggingin síðan tekin formlega í notkun. Tilkoma hússins hefur valdið straumhvörfum í möguleikum stöðvarinnar til seiðaframleiðslu og stöðin getur nú annað innlendri eftirspurn eftir þorsk- og sandhverfuseiðum.

Árið 2003 stofnuðu Hafrannsóknastofnunin, Stofnfiskur, Fiskeldi Eyjafjarðar, Fiskey og Þorskur á þurru landi, hlutfélagið Icecod í þeim tilgangi að vinna að þróun á seiðaeldi og kynbótum í þorskeldi. Kynbótaverkefnið fór strax í gang og Hafrannsóknastofnunin lagði Tilraunaeldisstöðina undir verkefnið. Ákveðið var að seiðaframleiðslan færi eingöngu fram á Stað og þá sem hluti af kynbótaverkefninu. Fyrsti hluti verkefnisins er til þriggja ára (2003-2005) og er þá stefnt að kortlagningu og samanburði á hinum ýmsu stofneiningum þorsks við Ísland. Markmiðið er að safna erfðaeftirbrotum úr stofninum og mynda allt að 200 fjölskylduhópa á ári í þrjú ár.

Kynbótaverkefni Icecod hófst vorið 2003 með kreistingu og frjóvgun hrognna úr afla vertíðarbáta. Góður árangur náðist í seiðaframleiðslunni og þegar upp var staðið hafði tekist að framleiða 240.000 seiði. Icecod keypti seiðin af Hafrannsóknastofnuninni og ýmist seldi þau beint áfram eða ól þau vetrarlangt í eldisstöð Stofnfisks í Höfn. Icecod seldi á endanum öll seiðin og nú eru þau í sjókvíum hjá fyrirtækjum á Vestfjörðum og Austfjörðum fyrir utan 20.000 seiði sem flutt voru með brunnbáti til Hjaltslandseyja.

Á árinu 2004 náðist svipaður árangur í seiðaframleiðslunni og alls voru framleidd 220 þús.



2. mynd. Framleiðsla þorskseiða í Tilraunaeldisstöðinni á Stað á árunum 1994-2004.

Figure 2. The production of cod fingerlings at the MRL in the years 1994-2004.

seiði. Óhætt er að fullyrða að ágætur stöðugleiki sé kominn í seiðaframleiðsluna. Eldi seiðanna hefur almennt gengið vel, þó að auðvitað hafi komið upp ýmis vandamál, svo sem sýkingar og augnskaðar. Gæði seiðanna hafa ekki alltaf verið sambærileg við villt seiði en kaupendur eru sammála um það að gæðin hafi aukist verulega á undanförunum tveimur árum. Ef allt gengur að óskum má reikna með því að síðustu tveir árgangar muni ná þriggja kg markaðsstærð á 28-36 mánuðum frá klaki (sbr. Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002). Á 2. mynd má sjá yfirlit yfir fjölda framleiddra þorskseiða á Stað frá 1994-2004.

Háafell ehf, sem starfrækir seiðaeldisstöð á Nauteyri við Ísafjarðardjúp, hefur á undanförunum árum veitt samtals 1,8 milljónir þorskseiða með rækjuvörpu og flutt í eldisstöð sína til áframeldis. Fyrirtækið hefur einnig keypt um það bil 70.000 eldisseiði og alið þau til samanburðar. Mikil afföll hafa orðið á villtu seiðunum og sjúkdómar hafa verið stórt vandamál. Þau seiði sem lifað hafa af hafa þó vaxið vel og aðlagast eldisaðstæðum. Á árinu 2002 komu eldisseiðin heldur illa út úr samanburðinum við villtu seiðin, hvað varðar vöxt og útlitgæði, en síðustu tveir árgangar hafa komið mun betur út. Meðalstærð eldisseiða af árgangi 2003 var þannig 80% meiri en villtra seiða við útsetningu í sjókvíar í júní 2004 (Þórarinn Ólafsson 2004). Villtu seiðin hafa þó dregið á eldisseiðin í kvíunum. Að framansögðu er ljóst að eldisseiðin eru á góðri leið með að verða samanburðarhæf við villt seiði.

1.3 Seiðaframleiðsla í hnotskurn

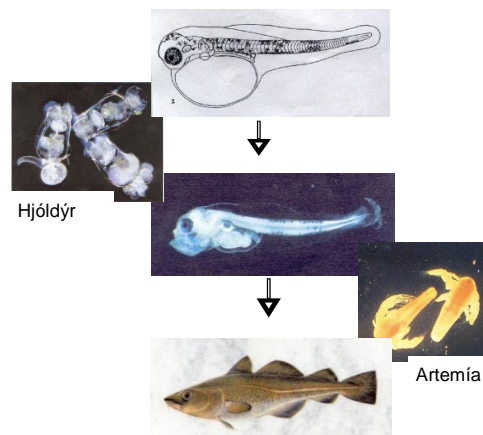
Í seiðaframleiðslunni er reynt að líkja eftir því ferli sem á sér stað við strendur landsins á hverju vori með hækandi sól, þegar milljarðar örsmárra þorsklirfa nærast á dýrasvifi þar til þær taka botn síðsumars sem fullsköpuð þorskseiði. Þorskurinn, líkt og flestir aðrir sjávarfiskar, hrygnir afar smáum hrognum og úr þeim klekjast lirlfur sem eru lítt þroskaðar og hafa einungis orkuforða til nokkurra daga. Eftir það eru lirlurnar algjörlega háðar lifandi bráð af rétttri stærð og samsetningu og ferlið frá fjögurra mm kviðpokalirlfu til 45 mm seiðis tekur gjarnan 2-3 mánuði. Í seiðaframleiðslu þykir gott ef 20% lirlfanna lifa ferlið af og ná því að verða fullburða seiði.

Lirlfan (*larva*) myndbreytist í ungseiði (*early juvenile*) þegar hún er 12 mm löng en verður

ekki að fullþroskuðu seiði (*juvenile*) fyrr en í stærðinni 45 mm (van der Meeren 1990, Pedersen & Falk-Petersen 1992, Blom 1995). Vaxtargetan er gífurlega mikil enda hafa fiskalirfur mesta vaxtargetu allra hryggdýra (Kjörsvik o.fl. 2004). Þyngdaraukningin í eldinu samsvarar því að lirfan vaxi úr mús í fíl á tveimur mánuðum (Finn o.fl. 2002). Í töflu 1 er sýnt hvernig eldinu er skipt upp í þrjá aðskilda hluta: hrognahald (*incubation*), lirfueldi (*hatchery*) og ungseiðaeldi (*nursery*). Tölur yfir hitastig, lengd og þyngd eru reynslutölur úr þorskeiðaframleiðslu í eldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað árið 2004.

Hjöldýr eru yfirleitt eina fæða lirfanna fyrstu tvær vikurnar en eftir 4-5 vikur hafa saltvatnsrækjur (*Artemía*) tekið við af hjöldýrunum. Þurrfóðri er síðan smám saman bætt á matseðilinn og eftir 8 vikur er algengt að hætta Artemíugjöf og gefa eingöngu þurrfóður. Þurrfóður virðist nú á góðri leið með að leysa Artemíu af hólmi sem frumfóður en svo virðist sem hjöldýrið muni enn um sinn verða í lykilhlutverki sem fyrsta fæða í eldi þorsklirfa. Lokapunktur lirfueldisins er þegar seiðin eru bólusett við 3-4 mánaða aldur. Þau eru þá á bilinu 5-10 g að stærð og fær í flestan sjó.

Aðferðafræði lirfueldis byggir á eldistækni sem á rætur sínar að rekja til Japans en hefur verið þróuð áfram í löndum Miðjarðarhafsins. Þar hafa menn á undanförunum 20-30 árum byggt upp umfangsmikið eldi á sjávarfiskunum barra (*Dicentrarchus labrax*) og brama (*Sparus aurata*). Þessar tegundir eiga það sameiginlegt með þorskinum að hrygna örsmáum hrognum og lirfurnar eru að sama skapi örsmáar og óþroskaðar við klak. Við Miðjarðarhafið hafa menn náð góðum tókum á lirfueldinu og á árinu



3. mynd. Seiðaframleiðsla þorskeiða í hnotskum. Myndirnar sýna: kviðpokalirfu, hjöldýr, lirfu, Artemíu, og seiði.

Figure 3. The hatchery production of cod fingerlings in a nutshell. The figures show: yolk sac larva, rotifers, larva, Artemia and juvenile.

1999 var framleiðslan yfir 450 milljón seiði á ári (Shields 2001). Á Íslandi hefur Fiskeldi Eyjafjarðar stundað framleiðslu á lúðuseiðum um árabil og hefur lengi verið í fararbroddi á sínu sviði í heiminum. Fyrirtækið hefur á undanförunum tveimur árum framleitt 1,3 milljónir lúðuseiða og verið með rúmlega helming af heimsframleiðslunni (Arnar Jónsson 2004).

Við Norður Atlantshafið njóta eldismenn góðs af þeirri þekkingu sem skapast hefur í lirfueldi barra og brama, og eru nú sem óðast að yfirfæra hana yfir á lirfueldi þorskeiða. Almennt séð má segja að svipuð aðferðafræði gildi í lirfueldi þessara tegunda en hver tegund hefur þó sín sérkenni. Lirfueldi þorsks líkist bramaeldinu meira en þó er ýmislegt sem líkist barraeldinu, eins og síðar verður vikið að. Í umfjöllun um eldi þorsklirfa verður gerður

Tafla 1. Yfirlit yfir þroskaferil þorsks í seiðaframleiðslu.

Table 1. Developmental stages in the hatchery production of cod.

Aldur (dagar)	Hiti (°C)	Lengd (mm)	Þurrvigt (mg)	Lífþyngd (g)	Þroskaþættir	Þroskastig	Eldisstig
-13	8,0				Frjóvgun	Hrogn	Hrognahald
0	8,0	4,3	0,06	0,0005	Klak	Kviðpokalirfa	Lirfueldi
10	10,5	5,4	0,13	0,0014	Sundmagi	Lirfa	Lirfueldi
20	11,7	7,6	0,38	0,004		Lirfa	Lirfueldi
30	12,9	11,4	1,4	0,01		Lirfa	Lirfueldi
40	13,9	17,8	6	0,04	Myndbreyting	Ungseiði	Lirfueldi
50	14,3	26,9	23	0,15	Myndbreyting	Ungseiði	Lirfueldi
60	14,3	38,1	70	0,42	Myndbreyting	Ungseiði	Ungseiðaeldi
70	14,1	50,6	175	1,0	Myndbreyting	Ungseiði	Ungseiðaeldi
80	13,8	63,6	370	2,0	Fullþroskað	Seiði	Ungseiðaeldi
90	13,5	76,8	670	3,4		Seiði	Ungseiðaeldi
100	13,3	90,0	1100	5,5		Seiði	Ungseiðaeldi

samanburður við ýmsa þætti barra- og bramaeldis, enda er eldi þessara tegunda komið mun lengra í þróunarferlinu en þorskeldið.

2.0 RÆKTUN FÆÐUDÝRA

2.1 Ræktun hjóldýra

2.1.1 Líffræði hjóldýra

Hjóldýr (rotifers) eru fjölfrumungar sem nærast á því að sía örsmáar agnir, eins og baktaríur og þörungur úr umhverfinu. Flestar tegundir hjóldýra eru botnlægar en tegundin *Brachionus plicatilis* er svíflæg og víða ræktuð sem lifandi bráð í lifrueldi sjávarfiska. Þessi tegund skiptist í margar svipgerðir og eru tvær þeirra mest notaðar í fiskeldi, þ.e. stór (L) og lítil (S) hjóldýr. Stærri gerðin er að jafnaði um 240 μm á lengd (bolurinn), hefur lægri kjörhita (25°C) og hentar vel sem fyrsta fæða þorsks. Litla gerðin kallast *Brachionus rotundiformis* og hentar vel sem frumfóður fyrir kjaftsmáar liffur, eins og t.d. brama. Litla gerðin fjölgar sér hraðar en sú stærri og flestar seiðastöðvar í Evrópu rækta nú eingöngu smærri gerðina (Moretti o.fl. 1999, Olsen o.fl. 2004).

Hjóldýrin verða kynþroska eftir einn dag og byrja þá að fjölga sér með kynlausri æxlun (meyfæðingu) kvendýra sem framleiða tvílitna egg. Kynæxlun á sér eingöngu stað við óhagstæð umhverfisskilyrði en þá klekjast út einlitna karldýr sem frjóvga einlitna egg og mynda tvílitna dvalaregg sem geta lifað af við óhentugar aðstæður. Hjóldýrin geta lifað í eina viku við 25°C og getið af sér allt að 20 afkvæmi á þeim tíma (Lavens & Sorgeloos 1996). Rannsóknir hafa leitt í ljós að hjóldýr geyma fitusýrur sem fosfólípíð, en liffur eiga auðvelt með að nýta sér það form fitusýra. Artemía geymir fitusýrur sem tríglyseríð, sem er óhagstæðara form fyrir lifurnar (Bell o.fl. 2003). Hjóldýrin eru því mjög hentug sem fyrsta fæða fyrir liffur sjávarfiska.

2.1.2 Ræktunaraðferðir

Til þess að koma af stað hjóldýrarækt er best að kaupa hjóldýr í dvalareggjum. Dvalaregginn geymast árum saman í frysti og þola vel sótt-hreinsun, þannig að tryggt er að sjúkdómar og aðskotadýr fylgi ekki með í kaupunum (Balompapueng 1997). Egginn klekjast út á 24 tímum og byrja þegar að vaxa og fjölga sér. Fullyrt er að hjóldýrin geti fjölgað sér úr 100 upp í einn milljarð á einungis 20 dögum. Eitt tilraunaglas með milljón eggjum kostar um 70.000 krónur

fyrir utan flutning, tolla og skatta (www.cellpharm.co.uk).

Hjóldýr eru ræktuð í saltvatni í kerum eða sílóum af ýmsum stærðum og gerðum. Best er að hitastigið sé 25-27°C og seltan á bilinu 18-25‰, þó fullsaltur sjór sé einnig í lagi. Hjóldýrum og fóðri er stöðugt haldið á hreyfingu með nokkuð kröftugri loftun sem bæði súrefnisbætir vatnið og fjarlægir kolsýru að hluta. Við góð skilyrði getur ræktin náð miklum þéttleika og þá er nauðsynlegt að bæta hreinu súrefni í vatnið og halda uppleystu súrefni á bilinu 5-7 ppm. Ef þéttleikinn er sérstaklega mikill getur verið nauðsynlegt að bæta efni í ræktina (t.d. ClorAm-X) til þess að halda styrk ammóníaks (NH₃) undir einu mg/l (Moretti o.fl. 1999). Hár styrkur ammóníaks hefur slæm áhrif á fjölgun hjóldýranna og sumir bæta saltsýru í ræktina til þess að lækka pH og minnka um leið eituráhrif ammóníaks (Yoshimura o.fl. 2003). Sýrustigið má hins vegar alls ekki lækka niður fyrir pH 6,6 enda eru hjóldýrin viðkvæm fyrir eituráhrifum CO₂.

Hjóldýr má geyma í miklum þéttleika (12.000/ml) ef bætt er við hreinu súrefni og hægt er að auka geymsluþolið verulega með því að bæta við pH-búffer, eins og Antitox frá Dryden Aqua (www.program.forskningsradet.no). Ef hjóldýrin eru geymd við lágt hitastig (t.d. 10°C) tapa þau mjög litlu af næringarefnum eftir nokkurra klukkustunda geymslu (Lubzens o.fl. 1995). Ræktunaraðferðum má skipta í þrjá flokka: framhaldsrækt, loturækt og sírækt.

Framhaldsrækt (*semicontinuous culture*) er ræktun sem er keyrð í 2-4 vikur í sama íláti án rennslis (Snell 1991). Á bilinu 20-25% af ræktinni eru uppskorin á dag og nýr sjór settur í staðinn. Þéttleikinn er oftast undir 500 hjóldýr/ml þ.a. framleiðslan verður mest í kringum 100 milljónir/m³/dag. Framhaldsræktin er bæði rúm málsfrek og vinnukrefjandi og hentar fyrst og fremst til þess að halda ræktun gangandi utan framleiðslutíma.

Loturækt (*batch culture*) er ræktun sem er keyrð í sama íláti í 3-4 daga en þá er öll ræktin uppskorin í einu og byrjað upp á nýtt með hreinum afleggjara (de Wolf o.fl. 1998). Í hefðbundinni loturækt er ekkert rennsli í ræktina. Þéttleikinn eykst dag frá degi og endar gjarnan í 1.000-2.000 hjóldýr/ml, þannig að framleiðslan getur orðið allt að 500 milljónir/m³/dag. Loturæktin hefur þann kost að auðvelt er að stýra ræktunarrýminu eftir mismunandi þörfum á hverjum tíma.

Sírækt (*continuous culture*) er ræktun sem er keyrð með stöðugu rennsli í lengri tíma. Í Belgíu hefur verið þróað síræktunarkerfi með endurnýtingu, þar sem bakteríum er haldið í skefjum með lífhreinsi og ósongjafa og þéttleikinn helst að stöðugur í kringum 7.000 hjóldýr/ml (Suantika o.fl. 2003). Hægt er að uppskera 30% af ræktinni á dag þannig að framleiðslan er að jafnaði 2,1 milljarðar/m³/dag eða fjórfalt meira en í loturæktinni. Fleiri aðilar hafa náð svipaðri framleiðslu í endurnýtingarkerfum, svo sem Fu o.fl. (1997) og Abu-Resq o.fl. (1997). Endurnýtingarkerfi Aquatic Eco Systems er með svipaða framleiðslugetu og er fánlegt í þremur stærðum: 150, 450 og 1.000 lítrar (www.aquaticeco.com).

Endurnýtingarkerfi hafa þá kosti að bakteríufjöldinn er aðeins 1-10% af því sem venjan er úr loturækt (Rombaut o.fl. 2001) og bakteríuflóran inniheldur ekki *Vibrio*-tegundir sem geta valdið sýkingum í lirlueldinu (Dhert o.fl. 2001). Þegar litið er til hagkvæmni, stöðugleika og hjóldýragæða er ótvírætt að endurnýtingarkerfið hefur vinninginn umfram aðrar ræktunaraðferðir. Í Japan eru menn þó að stíga skrefinu lengra og eru farnir að hugsa hjóldýraræktun í allt öðrum skala en áður hefur þekkt (*ultra-high density culture system*). Verið er að vinna að ræktunarkerfi, þar sem framleiðslan getur orðið allt að 30 milljónir/lítra/dag (Yoshimura o.fl. 2003) eða 60 sinnum meiri en í loturækt. Enn hefur ekki náðst nægilegur stöðugleiki í þessari ræktun en líklegt er að svona ræktunarkerfi verði komin á markað innan fárra ára.

Ef sú staða kemur upp að hjóldýraræktin hrynur eða dugar ekki til, er hægt að kaupa og flytja inn mikið magn hjóldýra frá erlendum ræktunarstöðvum (t.d. Reed Mariculture í Bandaríkjunum og AquaMer í Frakklandi). Hjóldýrin eru kæld niður og flutt í loftdræpum öndunarpokum í þéttleikanum 5 milljónir á lítra. Hjá Reed Mariculture kosta 100 milljón hjóldýr um það bil 50.000 krónur fyrir utan flutning, tolla og skatta (www.rotifer.com). Hjóldýrin þola allt að fimm daga flutning en raunhæft er þó að reikna með allt að 60% afföllum.

Ræktunarkostnaður í loturækt er gjarnan í kringum 35 kr/milljón hjóldýr (Suantika o.fl. 2003). Ræktun í endurnýtingarkerfi eru hins vegar mun hagkvæmari og ræktunarkostnaðurinn getur náðst niður í allt að þrjár kr/milljón hjóldýr (Suantika o.fl. 2003). Við þetta bætist stundum kostnaður við auðgunarefni sem getur

verið á bilinu 1-5 kr/milljón hjóldýr. Milljón hjóldýr geta verið hráefni í allt að 50 þorskseiði (sjá síðar), þannig að kostnaður vegna hjóldýraræktunar gæti orðið minni en 0,1 króna á hvert framleitt seiði, ef notast væri við hagkvæmt ræktunarkerfi. Þetta er það lítill hluti af framleiðslukostnaði seiðisins að það er óvíst hvort þurrfóður eigi eftir að leysa hjóldýrin algjörlega af hólmi sem frumfóður.

2.1.3 Fæða og auðgunarefni

Rannsóknir hafa leitt í ljós að sjávarfiskar geta ekki myndað fjölmættaðar fitusýrur (HUFA) heldur verða að fá þær úr fæðunni (Lee 2001). Dýrasvif, hrogn og ýmsir þörungar innihalda mikið af fjölmettuðum fitusýrum (Sargent o.fl. 1999). Margar rannsóknir hafa líka sýnt að DHA-fitusýran (22:6(n-3)) er mikilvæg fyrir eðlilega lirluþroskun þorsks og annarra sjávarfiska. EPA-fitusýran (20:5(n-3)) er einnig mikilvæg en DHA:EPA hlutfallið þarf þó að vera hátt svo þroskun verði eðlileg (Rainuzzo o.fl. 1997). Í frumfóðrun þorsklirfa er talið að DHA/EPA - hlutfall á bilinu 1,5-2 skapi forsendur fyrir góðri lifun og vexti lirlfanna (Kjørsvik o.fl. 2004). Ástæðan fyrir því að DHA er mikilvægara en EPA er sennilega sú að lirlfurnar geta umbreytt DHA yfir í EPA en ekki öfugt (Sargent o.fl. 1999). Þorskhrogn innihalda mikið af DHA og EPA (Tocher o.fl. 1984) og það er talið mikilvægt að andoxunarkerfi fósturs og lirlfu starfi vel svo fitusýrurnar þráni ekki, en það getur gerst við skort á andoxunarefnum s.s. E-vítamíni o.fl. (Lee & Dabrowski 2004). Mikið er af DHA í taugavef og augum og DHA er talið sérlega mikilvægt við fyrsta fæðunám lirlfanna. EPA er hins vegar mikilvægt forstígg *prostaglandíns* sem aftur er forstígg ýmissa hormóna (Olsen o.fl. 2004). Fósólípið gegna einnig lykilhlutverki við það að stuðla að upptöku á fitusýrunum. Heilbrigður sundmagi inniheldur fósólípið og því er mikilvægt að ekki sé skortur á þeim í fæðunni (Kjørsvik o.fl. 2004).

Hjóldýrin geta síað og nærst á ögnum sem eru allt að 30 µm að stærð. Þegar í ljós kom að hægt væri að fódra þau með bökunargerri varð nánast bylting í ræktun hjóldýra enda bökunargerrið ódýrt en að sama skapi næringarsnautt. Hjóldýrin eru í sjálfu sér tiltölulega næringarsnauð og oft eru því notuð sérstök auðgunarefni til þess að auka næringargildi þeirra. Talið er að auðguð hjóldýr uppfylli í flestum tilfellum næringarþörf þorsklirfa á prótíni, fitu og kol-

vetni, en helst er talið að vítamínin A, C og B₁ (thíamín) geti orðið undir æskilegum mörkum (www.program.forskningsradet.no). Í dýrasvifi er mikið af C-vítamíni og thíamíni og auk þess mikið magn karótenóíða sem eru forstig A-vítamíns (van der Meeren 2003). Komið hefur í ljós að thíamín hefur jákvæð áhrif á vöxt og lifun í lúðuseiðaframléiðslu og talið er að thíamínþörf lúðulirfa sé meira en 20 mg/kg þurrvig. Einnig hefur verið bent á það að dýrasvif inniheldur mikið af jöði og því gæti verið ráðlegt að auka magn þess í ræktuðum fæðudýrum.

Auðgun hjóldýra má skipta í skammtíma-auðgun og langtímaauðgun. Skammtímaauðgun með fituefnum tekur minna en 8 tíma en þykir þó hafa ýmsa alvarlega ókosti (Dhert o.fl. 2001):

- stoðgrind hjóldýranna auðgast ekki
- hjóldýrin tapa fljótt næringargildi
- talsvert tapast af hjóldýrum við auðgunina
- fituinnihald hjóldýra getur orðið of hátt
- prótínnihald hjóldýra getur orðið of lágt
- auðgunarefnin geta mengað liffukerið
- mikil fjölgun baktería í auðguninni
- tækifærissýklar í bakteríuflórunni

Langtímaauðgun tekur meira en 24 tíma og þykir af ýmsum ástæðum vera æskilegri og betri aðferð. Í raun og veru er þarna um að ræða sírækt án sérstakrar auðgunar. Aðferðin þykir hafa efirfarandi kosti (Dhert o.fl. 2001):

- stoðgrind hjóldýranna auðgast
- hjóldýrin halda næringargildi sínu lengi
- prótín/fituhlutfallið er jafnara og betra
- hóflegur og stöðugur bakteríufjöldi
- betri bakteríuflóra án tækifærissýkla

Auðgunarefnum má skipta í eftirfarandi 5 flokka: þörunga, vítamín, fitu, prótín og tilbúið fóður (Dhert o.fl. 2001).

Auðgun með þörungum hefur fyrst og fremst verið stunduð í Japan en á undanförmum árum hefur hún orðið algengari í Evrópu með tilkomu þörungaþykknis sem sparar mikla vinnu í eldisstöðvunum (Lubzens o.fl. 1995). Þörungar eru prótínríkir (50-70% af þurrvig) og sumar tegundir innihalda talsvert magn af fjölmömettuðum fitusýrum og lausum amínósýrum sem eru lifrunum afar mikilvægar. Með þörungagjöf er hægt að auka magn amínósýra í hjóldýrunum (Aragao o.fl. 2004).

Hjóldýrin þarf að auðga með vítamínum eða efnum sem þau breyta í vítamín. Þörungar eru yfirleitt vítamínríkir en flest tilbúin auðgunarefni innihalda viðbætt vítamín. Mikilvægt er að lifurnar fái nóg af A-vítamíni fyrir sjónina og mælt er með því að auðga hjóldýrin með *luteini* eða *astaxanthini* (Rønnestad o.fl. 1998). C-vítamín er mikilvægt fyrir ónæmiskerfið, beinaþroskun o.fl. (Merchie o.fl. 1997, Lavens o.fl. 1998). Auðvelt er að auðga hjóldýr með thíamíni en það getur haft afgerandi áhrif á vöxt og lifun í lifrueldinu.

Hjóldýr er auðvelt að auðga með fitusýrum og líkja eftir samsetningu dýrasvifs. Ýmsar gerðir af fitum og olíum eru á markaðnum en á Stað hefur gefið góða raun að nota tvö auðgunarefni sem hafa mjög hátt DHA-innihald, þ.e. Fiskey-fitu (auðgunarefni framleitt af Lýsi hf fyrir lúðveldi hjá Fiskey) og Algamac 3050 (frostþurrkaðir *Schizochytrium* þörungar). Algamac 3050 inniheldur 50% fitu, 40% HUFA og 24% DHA og er sennilega DHA-ríkasta fituefnið á almennum markaði. Komið hefur í ljós að hátt hlutfall fitu í fæðudýrum flýtir fyrir þroskun á meltingarkerfi barralirfa (Zambonino Infante & Cahu 1999). Við fituauðgun þarf þó að hafa í huga að of hátt fituhlutfall getur haft skaðleg áhrif á lifurnar (Kjørsvik o.fl. 1991, Lee 2001). Ef skortur er á fosfólípíðum í fæðunni getur fitan hæglega safnast upp í meltingarvegi og dregið lifuna til dauða (Kjørsvik o.fl. 2004, Lee 2001). Auðguð fæðudýr eru yfirleitt mun feitari en dýrasvif vegna þess að nota þarf sérstakan fitugjafa (yfirleitt *lesítín*) til þess að ná upp nægilega magni fosfólípíða (Olsen o.fl. 2004).

Hlutfall prótína í hjóldýrum getur sveiflast frá 28% upp í 67%, allt eftir vaxtarhraða og ástandi þeirra (Øie & Olsen 1997). Í loturæktun hjóldýra dregur úr vaxtarhraða eftir því sem líður á ræktunartímamann og prótínhlutfallið lækkar að sama skapi. Eftir fituauðgun getur því prótín/fituhlutfallið (P/F) verið orðið mjög lágt en margt bendir til þess að þetta hlutfall sé mikilvægt fyrir afkomu liffanna (Olsen o.fl. 1999). Í tilraunum með sandhverfulirfur kom í ljós að prótínnihald hjóldýra hafði afgerandi áhrif á vöxt og lifun, og bestur árangur náðist ef hvert hjóldýr innihélt 150-170 ng af prótíni (Øie o.fl. 1997). Fyrstu dagana er sérstaklega mælt með því að gefa lifrunum hjóldýr úr vaxandi rækt (40% vöxtur á dag) með hátt P/F-hlutfall (Dhert o.fl. 2001, Olsen o.fl. 2004).

Í seiðastöðvum í Evrópu er yfirleitt fóðrað með tilbúnu hjóldýrafóðri sem inniheldur mikið af prótíni og vítamínum. Algengustu fæðuefni í Evrópu eru Selco vörurnar frá Inve í Belgíu (Dhert o.fl. 2001). Fæðuefni fyrir langtímaauðgun innihalda gjarnan 40-50% prótín en eru hins vegar frekar lág í HUFA og DHA. Fæðuefni fyrir skammtímaauðgun eru hins vegar mun ríkari af DHA.

Að auki mætti nefna auðgun með lífefnum (ensímum og peptíðum) og bakteríum, en þess konar auðgun er í raun enn á frumstigi.

2.1.4 Hjóldýraklefinn á Stað

Á Stað er ræktinni viðhaldið með framhaldsrækt í litlum sílóum (150 lítra) en á framleiðslutíma er skipt yfir í loturækt í stærri sílóum (800 lítra). Ræktunarklefinn er 35 m² að stærð og þar er hitastiginu haldið við 26°C með hitablásara og viftu. Í klefanum eru sjólagirnir með köldum (7°C) og volgum (20°C) sjó, ásamt heitu ferskvatni til þrifa. Lagnir undir sjó, loft og súrefni liggja í hvert síló og neðarlega í hverju síló eru loftunarslanga og súrefnissteinn. Hvert síló er útbúið með botnloka til þess að uppskera ræktina og hleypa undan óhreinindum. Í hverju síló er örtrefjarenningur (3M Scotch Brite) sem dregur til sín óhreinindi og bifdýr (*Vorticella* o. fl.) sem síðan er hægt að skola burt eftir þörfum (Lavens & Sorgeloos 1996, Moretti o.fl.1999).

2.2 Ræktun Artemíu

2.2.1 Líffræði Artemíu

Saltvatnsrækjan, *Artemia salina*, er notuð sem lifandi bráð í seiðaeldi sjávarfiska víða um heim. Þetta krabbadýr hefur sérstaka eiginleika sem nýtast vel í seiðaframleiðslunni. Sá mikilvægasti er tvímælalaust sá að Artemían framleiðir í náttúrunni frjóvguð dvalaregg sem geta varðveist á þurru formi í langan tíma. Þessum eggjum er safnað saman og þau síðan seld til eldisstöðva, nánast eins og kaffi í sekkjum eða dósam. Eggjin eru afar smá og eru á bilinu 230-320.000 egg í hverju þurru grammi. Ef eggjin eru sett í sjó við 28°C klekjast þau út á 24 tímum og ganga síðan í gegnum 15 hamskipti á 8 dögum.

Fullvaxin kvenkyns Artemía er um 10 mm á lengd, getur lifað í nokkra mánuði og eignast um 300 afkvæmi á fjögurra daga fresti. Það eru hins vegar fyrstu tvö lifrustigin sem einkum eru nýtt til seiðaframleiðslu. Fyrsta stigið (náplía,



4. mynd. Hjóldýraklefinn á Stað. Myndin sýnir ræktunarsíló og hjóldýrasíur á gólfinu.

Figure 4. Silos and filters for batch culture of rotifers at the MRL.

instar I) er um 400-500 µm á lengd og er stundum notað sem lifandi bráð strax eftir klak. Oftast er Artemían þó auðguð í 24 tíma og gefin á öðru stigi (metanáplía, instar II), en þá er hún orðin einn mm á lengd. Stundum er Artemían þó ræktuð áfram í 24 tíma til viðbótar og gefin sem bráð fyrir stærri liffur. Artemían syndir hægt og það gerir hana að sérlega hentugri bráð fyrir fiskalifur.

Hægt er að kaupa Artemíu af misjöfnum uppruna og gæðum, og eru gæðin metin út frá eggjafjölda, klakstærð, klakprósentu og næringargildi við klak. Dýrustu gerðirnar (>\$100/kg) eru í senn smáar og næringarríkar við klak, og henta þannig til fóðrunar strax sem náplíur án auðgunar. Artemía sem er næringarrík og klekst síður (<90%) er ódýrari og kostar yfirleitt \$40-50/kg, fyrir utan skatta, flutning og tolla (Callan o.fl. 2003).

2.2.2 Ræktunaraðferðir

Artemían síar fæðuagnir úr vatninu og getur orðið mjög næringarrík fyrir lifurnar ef hún er fóðruð með næringarríku fóðri. Ræktunartíminn er á bilinu 1-3 dagar, eftir því hversu stór Artemían á að vera við gjöf, en algengast er að auðga hana í einn sólarhring og gefa hana í eins mm stærð. Með því að auðga hana í einn dag til viðbótar er hægt að minnka Artemíuþörfina um 40% en á móti kemur að ræktunarrýmið tvöfaldast (Lavens & Sorgeloos 1996).

Í stórra ræktun er óhjákvæmilegt að nota sérhæfða Artemíusíu (Lavens & Sorgeloos 1996, Moretti o.fl. 1999). Sían er úr ryðfríu stáli, með 125 µm möskvastærð, þannig að skurn, himnur

og önnur óhreinindi skolast út, en Artemían verður eftir. Sían er mjög afkastamikil og aðeins tekur um tvær mínútur að uppskera 100 milljón Artemíur úr 350 lítra síló. Skolunin tekur hins vegar a.m.k. 15 mínútur og því er gott að hafa aðra síu í klefanum til þess að nýta tímann á meðan skolun er í gangi.

Með því að auðga Artemíuna sérstaklega með fitusýrum, vítamínum og jafnvel lyfjum, er hægt að bæta verulega gæði, vöxt og lifun hjá lirlifunum (McEvoy & Sargent 1998). Hér gildir það sama og sagt var um auðgun á hjóldýrum, DHA-innihaldið skiptir miklu máli, ásamt DHA/EPA-hlutfallinu. Í rannsóknum SINTEF í Noregi hefur komið í ljós að Artemían þarf að innihalda a.m.k. 20 mg af DHA/g þurrvigt, 20% DHA-hlutfall og DHA/EPA nálægt tveim til þess að lúðulirfur taki réttan lit og myndbreytist eðlilega (Evjemo 2001). Góð fylgni er á milli DHA-innihalds í Artemíu og lirlifun og því henta Fiskey-fitan og Algamac vel til þess að auðga Artemíu. Með 24 tíma auðgun er hægt að ná þessum gildum og fara jafnvel upp fyrir þau. Hjá SINTEF eru staðalgildi fyrir auðgaða Artemíu í kringum 40 mg DHA/g, 21% DHA og 9% EPA.

Það er mikilvægt að vanda til verka í auðgun á Artemíu því rannsóknir hafa sýnt að ýmislegt getur stuðlað að lélegri upptöku á fitusýrum, svo sem hár eða lágur hiti, lágt súrefni, lítill fæðuþéttleiki, lágt pH, röng afskurnun, þránun fæðuefna, lélegt hreinlæti, mikið bakteríuálag, léleg auðgunarefni og röng geymsla á auðgaðri Artemíu. Artemían er þeirrar náttúru að brjóta stöðugt niður DHA (Navarro o.fl. 1999) og því skiptir máli að gefa hana sem fyrst, en ef það er ekki hægt þarf að geyma hana við 6-8°C til að hægja á DHA-tapinu. Einnig skiptir máli að viðverutími Artemíu í lirlifun sé sem stystur og að hún sé étin áður en hún tapar næringargildi sínu (Evjemo 2001).

Ræktunin skiptist í þrjá afmarkaða þætti, þ.e. afskurnun, klak og auðgun.

2.2.2.1 Afskurnun

Artemían er keypt á þurrkuðu formi í loftþéttum dósnum, pokum eða fötum og þannig er hægt að geyma hana mánuðum og jafnvel árum saman. Dvalaregg Artemíunnar eru hins vegar hjúpuð þykkri skurn og skurnin er yfirleitt þakin bakteríum og öðrum örverum sem ekki eru velkomnar í lirlifuninu. Til þess að sótthreinsa eggj og losna jafnframt við skurnina, sem getur

valdið lirlifunum skaða, er skurnin fjarlægð með ferli sem kallast afskurnun. Afskurnunin skiptist í fimm þætti: bleyti í 45 mínútur, klórbað í 10 mínútur, skolun með hreinum sjó, hlutleysingu á klórleifum og þækilsöltun í 24 tíma (Lavens & Sorgeloos 1996). Afskurnuð er Artemían orðin að þykkri leðju sem hægt er að geyma í kæli í nokkrar vikur. Rúmmál eggjanna eykst verulega við þessa meðferð og oftast klekjast 90-120.000 Artemíur úr hverju afskurnuðu grammi.

2.2.2.2 Klak

Ræktunin hefst á því að afskurnuð egg eru sett út í volgan sjó (28°C) með sterkri lýsingu (2.000 lux) og kraumandi loftun. Hámarksþéttleiki er 2,5 g/lítra af skurnuðu en 5 g/lítra af afskurnuðu. Um leið og eggj eru sett í sjó, hefst fósturþroskun inni í eggjnu og u.þ.b. 22 tímum síðar klekjast úr þeim náplíur. Að talningu lokinni er ljósið slökkt og skrúfað fyrir loftið. Við það fljóta himnurnar upp á yfirborðið og óklakin egg falla til botns en Artemían þéttist skammt frá botni. Eftir 10 mínútur er Artemíunni síðan tappað undan, ofan í Artemíusíuna, en hratið skilið eftir. Stundum er þó allri ræktinni hleypt niður án þess að skrúfa fyrir loftið, sérstaklega ef Artemían er ekki fullklakin. Artemían er síðan skoluð í síunni með volgum sjó í 5-10 mínútur og loftið látið krauma á meðan. Að því loknu er lækkað í síunni, þéttri Artemíunni hellt yfir í fötu og síðan beint út í auðgunarsíló.

2.2.2.3 Auðgun

Náplíunum er hellt út í volgan sjó (28°C) með kraumandi loftun, en ekki er þörf fyrir neina sérstaka lýsingu fyrir ofan sílóin. Hámarksþéttleiki í auðgun er u.þ.b. 300.000 náplíur/lítra. Auðgunarefnið er hrært vel í blandara og síðan hellt út í ræktina í tveimur skömmtum, þ.e. 1/3 í upphafi og 2/3 í lok vinnudags. Loftunin þarf að vera kröftug til þess að halda súrefninu uppi og sumir bæta hreinu súrefni í ræktina til þess að halda súrefninu yfir 5 ppm. Til þess að halda sýrustiginu innan æskilegra marka (>pH 7,5) er uppleystum vítissóða (0,1 g/l) bætt út í ræktina í lok vinnudags.

Næsta morgun er ræktin uppskorin með því að hleypa henni niður í síuna og skola með ferskvatni í 10-20 mínútur. Að því loknu er lækkað í síunni og þéttri Artemíunni hellt yfir í fötu. Eftir eina mínútu er henni síðan hellt yfir í aðra fötu og botnfallið skilið eftir. Artemíunni



5. mynd. Artemíuklefinn á Stað. Myndin sýnir auðgunarsíló og Artemíusíu á gólfinu.

Figure 5. Enrichment silos and a concentration filter for *Artemia* production at the MRL.

er þá skipt jafnt í nokkrar fötur og síðan fyllt upp með hreinum sjó. Hún er nú tilbúin til gjafar í lirlukerinn. Oftast er hálf ræktin gefin að morgni en restin geymd í kælitanki við 10-15°C (ein milljón/lítra) og gefin síðdegis. Nauðsynlegt er að halda bakteríum í skefjum með sýklalyfjum eða öðrum aðferðum, s.s. ósonbaði (Tolomei o.fl. 2003). Í kjölfar auðgunar situr mikill fjöldi baktería á yfirborði Artemíu og nauðsynlegt er að halda bakteríum í skefjum með sýklalyfjum eða öðrum aðferðum (Dehasque o.fl. 1998).

2.2.3 Artemíuklefinn á Stað

Á Stað er afskurnað í einu 150 lítra síló í 5 m² afskurnunarklefa en sjálf ræktunin er hins vegar framkvæmd í sérstökum 16 m² ræktunarklefa. Í klefanum eru átta klaksíló (170-200 lítra) á hægri hönd og sex auðgunarsíló (340 lítra) á vinstri hönd (sjá 5. mynd).

Klefinn hefur alls 1.500 lítra klakrými og 2.000 lítra auðgunarrými og afkastagetu upp á 600 milljónir Artemía á dag. Loftlagnir og sjólagir liggja að hverju síló og auk þess eru í klefanum slöngur með ferskvatni og volgum sjó. Loftblásari sér um að halda lofthitanum stöðugum í kringum 30°C. Fyrir ofan hvert síló hanga tveir ljósalampar en í auðguninni þarf ekki sérstaka ljósgjafa.

3.0 SEIÐAFRAMLEIÐSLA

3.1 Hrognöflun

Eldisþorskur verður yfirleitt kynþroska á öðru ári og náttúruleg hrygning á sér stað á vorin (sjá kafla um hrygningu þorsks). Við

Íslandsstrendur fer hrygningin að mestu leyti fram í apríl og maí (Guðrún Marteinsdóttir & Agnar Steinarsson 1996). Þorskun kynfrumna er í hámarki í nóvember til janúar þegar hrognavísarnir fyllast af *vitellogenin* sem framleitt er í lifrinni (Norberg o.fl. 2004). Þorskurinn er mjög frjósamur fiskur og frjósemin eykst með aldri, stærð og holdastuðli. Hann getur hrygnt allt að 20 sinnum yfir tveggja mánaða tímabil og yfirleitt líða þrjú dagar á milli skammta (Kjesbu 1989).

Tvær leiðir eru færar til þess að afla hrognafyrir eldið, annars vegar að frjóvga hrogn úr fiski í afla vertíðarbáta og hins vegar að ala þorskin og láta hann hrygna í eldisstöð. Auðvelt er að ala hrygningarfisk og með því að fódra fiskinn á sérstöku fæði er hægt að fá jafngóð hrogn og úr villtum fiski (sjá kafla um fóður). Jafnframt er hægt að kynbæta eldisfiskinn og ná þannig stöðugum framförum í eldinu. Hafrannsóknastofnunin var um áráð með hrygningarfisk á Stað og fékk úr honum hrogn til seiðaframleiðslu. Á undanförunum misserum hefur stofnunin hins vegar nær eingöngu aflað hrogn með kreistingu og frjóvgun hrogn úr vertíðarfiski. Þessi aðferð til hrognöflunar hefur bæði kosti og galla. Helstu kostirnir eru þeir að ekki er þörf fyrir að ala hrygningarfisk í eldisstöð, hrognagæðin eru yfirleitt góð og hægt er að fá mikið magn hrogn á skömmum tíma. Helstu gallarnir eru þeir að hrogn eru einungis fáanleg í einn til tvo mánuði á ári og kynbætur eru ekki framkvæmanlegar.

Eldisþorskur er mun frjósamari en villtur þorskur. Í eldisstöðinni á Austevoll í Noregi hefur 2-3 kg klakfiskur hrygnt um 900.000 hrognum á hvert kg lifandi hrygnu (van der Meeren & Ivannikov 2001) sem er u.þ.b. tvöfalt meiri frjósemi en úr villtum íslenskum þorski af sömu stærð (Guðrún Marteinsdóttir & Agnar Steinarsson 1996). Á Austevoll hefur að jafnaði rúmur helmingur hrognanna frjóvgast þ.a. reikna má með því að hrygna af þessari stærð gefi af sér 500.000 frjóvguð hrogn á hvert kg. Stærð hrognanna minnkar hins vegar stöðugt eftir því sem líður á hrygningartímum og því hugsanlegt að ekki borgi sig að nýta nema hluta af hrognunum frá hverri hrygnu til þess að tryggja fullnægjandi hrognagæði.

Ef reiknað er með u.þ.b. 60% hrognanýtingu og 80% klaki (van der Meeren & Ivannikov 2001), þá klekjast 250.000 lirlur á hvert kg hrygnu. Ef síðan er miðað við 20% lifun frá

klaki til seiðis, 60:40 kynjahlutfalli (hrygnur: hængar), 20% árlegum afföllum af klakfiski og 80% hrognanýtingu má áætla framleiðni í kringum 20.000 seiði á hvert kg klakfisks. Seiðaeldisstöð sem framleiðir 10 milljón seiði á ári þarf samkvæmt þessum útreikningum 500 kg af klakfiski eða um 200 fiska af stærðinni 2-3 kg. Þar fyrir utan þarf síðan a.m.k. annað eins af uppvaxandi klakfiski.

Í kynbótastöð þarf klakstofninn hins vegar að vera mun stærri. Nauðsynlegt er að taka erfðafni úr mörgum fiskum til þess að tryggja nægilegan erfðabreytileika í framleiðslunni og gera má ráð fyrir því að ala allt að 200 fjölskylduhópa á ári undan 200 hrygnum og 100 hængum. Líkleg framtíðarsýn gæti verið á þann veg að ein stór kynbótastöð muni ala sérvalinn hrygningarfisk og selja seiðaeldisstöðvum kynbætt hrogn árið um kring, líkt og raunin er í laxeldi á Íslandi.

3.1.1 Hrogn úr vertíðarfiski

3.1.1.1 Kreisting á fiski í afla fiskiskipa

Þegar líða fer að hrygningartíma er fylgst vel með hrognasekkjum í lönduðum afla af aðal hrygningarsvæðinu fyrir sunnan land og fréttá leitað hjá skipstjórum. Þegar fyrstu fréttir berast af rennandi fiski, oftast í kringum 10.-15. apríl, eru tveir starfsmenn gerðir út á sjó í hrognaleiðangur. Starfsmennirnir fara þá á sjó með netabátum og fá að kreista hrogn og svil úr rennandi þorski.

Yfirleitt er nægt framboð af rennandi hængum og gjarnan er byrjað á því að hræra svil úr tveimur til þremur hængum í könnu með sjó. Nóg er að kreista nokkra dropa úr hverjum hæng, þannig að sjórinn verði eins og undanrenna á litinn. Sé hins vegar um kynbótaverkefni að ræða, eru aðeins tekin svil úr einum hæng í einu. Svilin virkjast við það að koma í sjó og eru hreyfanleg í töluverðan tíma. Það hefur ekki komið niður á frjóvgun að geyma sviljasjó í allt að 15 mínútur og hugsanlega má geyma hann mun lengur ef þörf krefur. Ef svil eru geymd í sáðvökvanum er hægt er að geyma þau í allt að fimm klukkustundir (Pavlov o.fl. 2004). Séu hrygnur af skornum skammti, getur verið skynsamlegt að geyma hænginn ferskan eða lifandi, þangað til rennandi hrygna er dregin um borð. Þá eru hrognin kreist í plastkönnu og hægt er að geyma þau í allt að 5 klukkustundir áður en þau eru frjóvguð (Pavlov o.fl. 2004). Í þessu sambandi er athyglisvert að í barra- og

bramaeldi er varað við því að láta hrogn fljóta í þykku lagi lengur en í 10 mínútur vegna hættu á súrefnisskort (Moretti o.fl. 1999). Þorskhrognin virðast þó ekki vera eins viðkvæm hvað þetta varðar enda eru þau geymd í kaldari og um leið súrefnisríkari sjó en barra- og bramahrognin.

Frjóvgunin fer þannig fram að 500 ml af sviljasjó er hellt út á hrognin og blandan látin standa í 10 mínútur. Þá er hrognunum hellt varlega í gegnum stálsigti, þau skuluð vel með hreinum sjó og síðan komið fyrir í glærum plastdöllum, í hlutföllunum 1:10 (hrogn:sjór). Síðan er döllum lokað með þéttu loki og bæði dolla og lok merkt með vatnsheldum merkipenna. Lengd og þyngd beggja foreldra er skráð og lífsýni tekin, ef um kynbótaverkefni er að ræða (sjá kafla um kynbætur). Döllum er staflað í frauðplastkassa með kælipokum og síðan er skipt um sjó á tveggja tíma fresti, allt þar til komið er í land. Varast skal að nota seltulágan sjó úr höfninni, því þá geta hrognin sokkið til botns og verið dauð þegar í eldisstöð er komið. Ef hrognin fljóta illa er hins vegar hægt að auka flotvægi þeirra með því að hræra eins og einni teskeið af borðsalti í hvert ílát.

3.1.2 Hrogn úr eldisfiski

3.1.2.1 Söfnun hrygningarfisks

Við veiðar á villtum hrygningarfiski þarf að nota veiðarfæri sem valda fiskinum sem minnstum skaða (t.d. dragnót) og tryggja það að fiskurinn líði ekki súrefnisskort á leið í eldisstöðina (Senstad 1990, Støttrup 2002). Hafa ber í huga að villti fiskurinn getur borið með sér sjúkdóma og því þarf að hafa hann í sóttkví í nokkra mánuði í samráði við dýralækni. Hyggilegt er að baða fiskinn með formalíni (1:3500) fljótlega eftir komu í stöð og síðan aftur á nokkurra mánaða fresti. Í barra- og bramaeldi er ferlið þannig að nýr klakfiskur er svæfður og kyngreindur við komu í stöð, og síðan dýft ofan í formalín/malakítt, ferskvatn og sýklalyf í þessari röð. Þetta hreinsunarferli er síðan endurtekið þrisvar sinnum á þriggja daga fresti (Moretti o.fl. 1999).

3.1.2.2 Eldi hrygningarfisks

Eldi hrygningarfisks lýtur að mestu leyti sömu lögmálum og eldi á öðrum fiski. Þó er nauðsynlegt að huga sérlega vel að þáttum sem snúa að hreinlæti og vatnsgæðum til þess að atlæti fisksins verði eins og best verður á kosið. Mikilvægt er að fiskinum séu sköpuð skilyrði fyrir eðlilegt hrygningarferli og að þéttleikinn

sé hóflegur (Norberg & Kjesbu 2002). Í barra- og bramaeldi er þéttleiki á klakfiski aðeins 2-3 kg/m³ (Moretti o.fl. 1999) en þorskurinn virðist hins vegar þola meiri þéttleika. Hægt er að ala þorskinn þétt utan hrygningartíma (30-40 kg/m³) en yfir hrygningartímamann er algengt að hafa þéttleikann 10 kg/m³ (van der Meeren 2002a). Kerið þarf að vera yfirbyggt svo hægt sé að útiloka utanaðkomandi áreiti. Ef notuð eru útiker er nauðsynlegt að skyggja með dúk til að vernda fiskinn fyrir sólarljósi. Best er að hafa hitastigið á bilinu 6-8°C en rannsóknir hafa sýnt að kjörhiti fyrir hrognþroskun er á þessu bili (Laurence 1978, Iversen & Danielssen 1984, Pepin & Anderson 1997). Mælt er með því að hafa rennslið að minnsta kosti einn lítra/kg/mín og súrefni yfir 90% metnun. Hjá Hafrannsóknastofnuninni á Austevoll í Noregi er klakfiskur alinn í kerum sem eru þrjú m í þvermál en þó er talið æskilegra að nota ker sem eru 4-5 m í þvermál og tveir m á dýpt (van der Meeren 2002a).

Auðvelt er að venja villtan þorsk við eldisaðstæður og fá hann til að hrygna í eldisstöð. Stressaða fiska þarf að fjarlægja, svo þeir skemmi ekki út frá sér og trufla hrygninguna. Þorskurinn hrygnir oftast í ljósaskiptunum og oft gengur mikið á í kerunum þegar þörunar- atferlið stendur sem hæst. Reynslan hefur sýnt að hrygningin gengur oftast verr hjá eldisfiski en villtum fiski og algengt er að hrygnurnar stíflist og nái ekki að hrygna. Dæmi eru um allt að 30% afföll á hrygnum á hrygningartíma (van der Meeren & Ivannikov 2001) og því er nauðsynlegt að hafa talsvert af hrygnum til vara. Í blandaðri hrygningu er nóg að hafa tvo hænga fyrir hverjar þrjár hrygnur (van der Meeren 2002a). Í barra- og bramaeldi er þessu hins vegar öfugt farið og þar eru yfirleitt tveir hængar um hverja hrygnu (Moretti o.fl. 1999).

Hrygningarþorskur er ýmist fódraður með votfóðri (t.d. loðnu eða síld), mjúkfóðri (t.d. Trouw mix blandað með lýsi) eða þurrfóðri en mikilvægt er að fóðrið sé ríkt af fjölmöttuðum fitusýrum, vítamínum og steinefnum. Fóðrið hefur bein áhrif á hrognagæðin úr fiskinum og getur því haft afgerandi áhrif á árangurinn úr lirfueldinu (Hansen o.fl. 2001, Isquierdo o.fl. 2001, Hemre o.fl. 2002, Rosenlund 2002). Tilbúið klakfiskafóður (t.d. Vitalis Repro Cod frá Skretting) inniheldur amínósýrur sem auka eggjafjölda og hrognastærð, C- og E-vítamín fyrir ónæmiskerfi og frjósemi, *astaxanthin* fyrir

seiðavöxt og *beta-glúkana* fyrir ónæmiskerfi seiða, en talið er að ákveðnir ónæmisþættir erfist frá foreldrum til afkvæma (www.skretting.no). Matarlyst hrygningarfisks er lítil í upphafi hrygningar en líkt og í bramaeldi, er ráðlegt að fódra öðru hverju yfir hrygningartímamann til þess að draga úr rýrnun á hrognagæðum. Í barra- og bramaeldi er notast við blandaða fóðrun þurrfóðurs og votfóðurs utan hrygningartíma en síðustu þrjá mánuðina fyrir hrygningu er meiri áhersla lögð á auðgað votfóður (Moretti o.fl. 1999). Merkja skal fiskinn með slöngumerkjum eða frostmerkjum og vigta allan fisk einu sinni á ári, svo reikna megi út vaxtarhraða og fóðurnýtingu.

3.1.2.3 Hrognasöfnun í eldiskerum

Hrognasöfnunarbúnaður er til í ýmsum útgáfum og á Stað var lengi notast við stóra safnháfa sem voru festir við kerbrúnina og sneru opinu upp í strauminn. Háfarnir voru klæddir með 0,5 mm dúk, með öryggisneti að framan og safnfötu að aftan. Þessir safnara söfnuðu ágætlega en áttu það til að stíflast og jafnframt voru þeir full mikill farartálmi fyrir fiskinn. Í Noregi og víðar eru hins vegar notaðir utanálggjandi safnara sem trufla fiskinn ekki og geta jafnframt safnað meirihluta hrognanna. Við hvert ker eru tvær stórar fötur og í hvorri fötu hangir háfur með 350 µm neti. Frárennsli frá yfirborði er leitt í aðra fötuna en frárennsli frá botni í hina (Moretti o.fl. 1999, van der Meeren 2002a). Yfirborðssafnarinn safnar aðallega frjóvguðum hrognum en algengt er að 60-70% af söfnuðum hrognum séu frjóvguð (van der Meeren & Ivannikov 2001). Flest ófrjóvguð hrogn sökkva strax en hluti þeirra getur flotið í töluverðan tíma, allt upp í nokkra daga.

Þvermál hrognanna getur verið allt að 1,5 mm í upphafi hrygningar og eru þá u.þ.b. 450.000 hrogn í lítranum. Undir lok hrygningartímans er hrognastærðin yfirleitt komin niður í 1,2 mm og þá eru um 800.000 hrogn í lítra. Hægt er að reikna fjölda hrognanna í millilíttra (N) út frá þvermáli (D) hrognanna í mm, samkvæmt eftirfarandi formúlu (van der Meeren 2002a).

$$N = 1222 \times D^{2.71}$$

Áætla má að þriggja kg hrygna hrygni samtals 4,5 lítrum af hrognum yfir hrygningartímamann eða nálægt 300 ml á þriggja daga fresti. Í eldiskeri með 15 hrygnum af þessari stærð má því búast við því að safna einum til tveimur

líturum af hrognum á dag þegar hrygningin stendur sem hæst.

3.1.2.4 Kreisting og hormónameðferð

Sé hrygning eldisfisks óviss og óáreiðanleg er hægt að hrinda hrygningunni af stað með hormónagjöf, líkt og venjan er í barra- og bramaeldi (Moretti o.fl. 1999). Þar er um að ræða gervihormónið LH-RHa sem gefið er í sprautuformi 3-4 dögum fyrir æskilegan hrygningartíma. Til þess að meðferðin skili árangri er nauðsynlegt að hrognáþroskun í fiskinum sé komin vel á veg. Reynslan hefur sýnt að með hormónameðferð fást fleiri og betri hrogn, auk þess sem hrygningin verður verður fyrirsjáanlegri. Brami, sem er skammtahrygnari eins og þorskur, bregst vel við hormónameðferð og hrygnir eðlilegum fjölda hrognaskammta.

Í laxeldi er klakfiski að jafnaði stýrt með hormónum og oftast er notast við Ovaplant sem er gervihormón fyrir Gn-RH úr laxi (www.syndel.com). Á Stað hefur þetta hormón verið notað á sandhverfu með góðum árangri. Allir meðhöndlaðir fiskar hafa hrygnt og yfirleitt hafa gæði hrognanna verið meiri en við náttúrulega hrygningu. Í ljósi þess hve auðvelt er að láta þorskinn hrygna er óvíst hvort hormónum verður beitt til þess að örva hrygningu í þorskelði. Með hliðsjón af reynslu úr eldi annarra tegunda verður þó að teljast líklegt að hormónum verði beitt á hrygningarþorsk í framtíðinni, ekki síst í kynbótastarfi þar sem mikilvægt er að fá góð og lífvænleg hrogn úr eldisfiski sem er að hrygna í fyrsta sinn.

Ef hrygningin þarf að vera rekjanleg til einstakra fiska, eins og getur verið nauðsynlegt í kynbótastöð, þarf annað hvort að ala aðskilin pör í fjölda kera eða kreista hrognin úr fiskinum. Síðari kosturinn er mun hagkvæmari en töluvert vandasamur. Ef stefnt er að því að láta fiskinn lifa og nýta hann aftur til hrognatöku, þarf að fara varlega með fiskinn því að hrygnurnar eru viðkvæmar á hrygningartímanum. Á Stað hefur í gegnum árin borið mikið á afföllum á kynþroska hrygnum sem virðast stíflaðar og geta ekki losað hrognin. Ef reynt er að kreista hrognin út þá líður yfirleitt ekki á löngu þar til fiskurinn snýr kviðnum upp. Ástæður þessa liggja ekki ljósar fyrir. Óstíflaður fiskur þolir kreistinguna betur og þá sérstaklega hængarnir, enda þarf ekki nema nokkra dropa úr hverjum. Best er að léttsvæfa fiskinn og taka einungis þau hrogn sem renna létt úr honum. Skynsamlegt er

að sprauta síðan fiskinn með sýklalyfi strax eftir kreistingu. Hægt er að frysta og geyma þorska-svil mánuðum saman, án þess að það komi niður á virkni þeirra (de Graaf & Berlinsky 2004).

3.1.2.5 Ljósastýring

Kynþroski hjá þorski stjórnast aðallega af daglengdinni, en hún hefur áhrif á framleiðslu hormónsins *estradiol* sem aftur örvar framleiðslu kynhormóna í undirstúku heilans (Norberg o.fl. 2004). Ef klakfiskurinn er alinn innan dyra, er nauðsynlegt að hafa glugga í eldisalnum eða stýra daglengdinni með ljósnema (fótósellu), eigi fiskurinn að hrygna á náttúrulegum tíma. Með því að birgja fyrir utanaðkomandi ljós og breyta daglengdinni er auðvelt að hliðra hrygningunni og láta fiskinn hrygna á öðrum árstímum. Þetta er hægt að gera handvirkt með tímastilli en best er að nota sérstök tölvuforrit og láta ljósið kvikna og slokkna með deyfingu. Það tekur aðeins 18 mánuði að hliðra hrygningu klakfisks að því marki að hægt sé að fá hrogn árið um kring (van der Meeren 2002a).

Á Austevoll í Noregi er alinn ljósastýrður klakfiskur og reynslan hefur sýnt að ljósastýringin hefur hvorki neikvæð áhrif á frjósemi né hrognagæði. Stöðin er hins vegar háð náttúrulegri sveiflu í sjávarhita og hefur því lent í vandræðum þegar hitinn hækkar yfir 10°C á sumrin og haustin (van der Meeren 2002a). Á Stað er þetta ekki vandamál vegna þess að hitinn á jarðsjónum er stöðugur á bilinu 7-8°C árið um kring. Flestar barra- og bramastöðvar hafa hliðraðan klakfisk og algengast er að hver stöð hafi fjóra hrygningarhópa og fái þannig hrogn á þriggja mánaða fresti (Moretti o.fl. 1999).

3.2 Hrognahald

3.2.1 Mælingar og sóttþreinsun hroгна

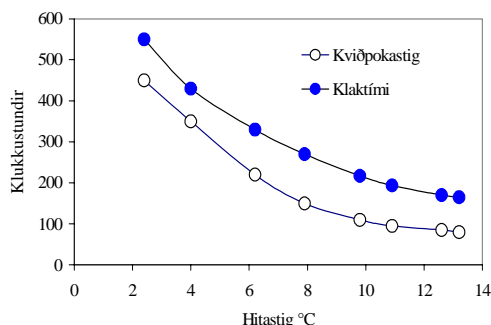
Að frjóvgun og skolun lokinni eru hrognin yfirleitt sóttþreinsuð áður en þau eru flutt yfir í klakílát. Tilgangur sóttþreinsunarinnar er sá að drepa örverur á yfirborði hrognanna sem gætu hindrað eðlilega þroskun og klak. Algeng sóttþreinsiefni eru m.a. *penicillin G* (80 IU/ml í 5 mín), *streptomycin-SO₄* (50 µg/ml í 5 mín), virkt jöð (50 ppm í 10 mín), *buffodine* (1% í 5 mín), formalín, *peracetic sýra* (Kickstart, 1:250 í 1 mín) og *glutaric di-aldehyde* (200-400 ppm í 10 mín). Á Stað hefur það síðastnefnda mest verið notað. Peck o.fl. (2004) sóttþreinsuðu þorskhrogn og náðu bestum árangri með sýkla-

lyfjablöndu (streptomycin:penicillin, 3:2) í styrkleikanum 0,005% í 5 mínútur. Einnig er hægt að sótthreinsa þorskhrögn með ósoni (2 mg O₃/l í 2 mínútur) (Grotmol o.fl. 2003).

Eftir sótthreinsun eru hrognin skoluð vel í stálsigt og færð yfir í hreina dollu eða síló, en á Stað hefur verið notast við tvenns konar klakflát, þ.e. klakdollur og klaksíló. Sýni er tekið úr hverjum hrognaskammti og þvermál 20 hroгна mælt í víðsjá á tilraunastofu. Æskilegt er að hrognin séu a.m.k. 1,3 mm í þvermál svo lirlurnar verði stórar og lífvænlegar (Guðrún Marteinsdóttir & Agnar Steinarsson 1998). Reynslan hefur sýnt að gæði hroгна geta verið misjöfn og ýmsir þættir hafa áhrif á hrognagæði s.s. móðuráhrif, tímasetning, ofþroskun og erfðabættir (Kjørsvik o.fl. 1990, Kjørsvik 1994, Brooks o.fl. 1997). Hægt er að fá góða vísbendingu um hrognagæði og væntanleg lirlufugæði með því að skoða frumuskiptingu hroგnanna 4-6 klukkustundum eftir frjóvgun. Ef mikið er um hrogn með óeðlilega frumuskiptingu er það vísbending um lítil gæði og réttast að henda hrognunum strax (Kjørsvik o.fl. 2003, Moretti o.fl. 1999). Frjóvgunarhlutfall ásamt samhverfu (*symmetry*) frumuskiptingar gefa góða vísbendingu um klakhlutfall og lifun í lirlufeldi hjá þorski, sandhverfu og lúðu (Pickova o.fl. 1997). Þorsklirfur með óreglulega frumuskiptingu (*abnormal blastomeres*) koma jafnframt illa út í seltuprófi á rannsóknastofu (Kjørsvik o.fl. 2003).

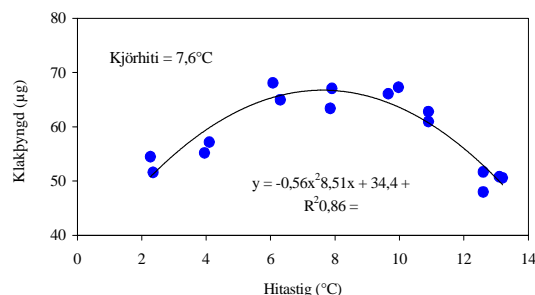
3.2.2 Hrognþroskun

Á Stað hafa verið gerðar rannsóknir á sambandi hitastigs og hrognþroskunar. Hrogn voru kreist úr þriggja ára gömlum eldisporski, haldið



6. mynd. Áhrif hitastigs á þroskun hroгна og kviðpokalirfa þorsks (Agnar Steinarsson, óbirtar niðurstöður).

Figure 6. The effect of temperature on the development of cod eggs and yolk sac larvae (Agnar Steinarsson, unpublished results).



7. mynd. Áhrif hitastigs á þurrvigt þorsklirfa við klak (Agnar Steinarsson, óbirtar niðurstöður).

Figure 7. The effect of temperature on the dry hatch weight of cod larvae (Agnar Steinarsson, unpublished results).

við mismunandi hitastig (2-13°C) fram að klaki og lirlurnar síðan aldar að lokum kviðpokastigs. Hitastigið hafði afgerandi áhrif á þroskunartímann (6. mynd). Klaktími hroгна (tími frá frjóvgun að þroskastigi 1, skv. Eyjólfri Friðgeirssyni 1978) var 550 tímar (23 dagar) við 2,3°C en aðeins 165 tímar (7 dagar) við 13,2°C. Lengd kviðpokatímans (þroskastig 1-8 skv. Eyjólfri Friðgeirssyni 1978) var u.þ.b. 100 tímum styttri en klaktíminn, óháð hitastigi. Þetta þýðir að við 2,3°C er klaktíminn 20% lengri en kviðpokatíminn en við 13,2°C er munurinn 100%.

Frá fyrsta klakdegi voru gerðar mælingar á lengd, þurrvigt og þroskunartígi lirlfanna. Hrognin voru að meðaltali 1,31 mm í þvermál og þurrvigtin var 104 µg. Hitastigið hafði veruleg áhrif á klakþyngd lirlfanna (7. mynd). Allt að 20 µg munur var á þurrvigt eftir hitastigi. Samkvæmt 2. stigs jöfnu er kjörhiti hroგnaþroskunar 7,6°C ef litið er á þurrvigt lirlfanna sem mælikvarða á lirlufugæði. Mjög góð samsvörun fannst á milli klakþyngdar og sjógráðustunda að klaki (sjógráðustundir eru skilgreindar hér sem margfeldi þroskunartíma og hitastigs miðað við frostmark sjávar). Síðri fylgni var hins vegar á milli klakþyngdar og hefðbundinna daggráða, sem miðast við 0°C. Fyrir þessa hrognastærð skilaði hver sjógráðustund 25 nanógrómmum af þurrefni við klak. Þetta sýnir hversu mikilvægt er að hrognin þroskist við hitastig sem næst kjörhita. Klakþyngdin er mest við kjörhita og rannsóknir hafa sýnt að klakþyngdin er í beinu sambandi við vaxtargetu og lifun á lirlufustigi (Guðrún Marteinsdóttir & Agnar Steinarsson 1998).

3.2.3 Klakbúnaður

3.2.3.1 Klakdollur

Dollurnar eru notaðar í kynbótaverkefni Icecod, þar sem verið er að ala mikinn fjölda fjölskylduhópa sem ekki mega blandast saman fyrr en í fyrsta lagi 5 dögum eftir frjóvgun. Hver plastdolla tekur 800 ml af sjó og 50 ml af hrognum. Sjórinn er fyrst síaður í gegnum 1µm síu, síðan UV-geislaður og að lokum er sett í hann sýklalyf (20 ppm *neomycin*) til þess að hamla bakteríuvesti ásamt salti til þess að auka flotvægi hrognanna. Seltan í stöðinni er aðeins 29‰ og yfirleitt þarf að blanda 5 g af salti í hvern lítra til þess að hrognin fljóti í dollunum. Dollurnar eru geymdar í kæliklefa við 7°C. Einu sinni á dag er hrært í hrognunum með hreinni pípettu og dauð hrogn sogin í burtu af botninum. Fimm dögum eftir frjóvgun eru öll ófrjóvguð hrogn fallin til botns og þá er orðið óhætt að blanda saman hrognum úr mismunandi fjölskylduhópum. Þau hrogn sem ennþá fljóta, eru þá vigtuð, sótthreinsuð og sameinuð í klak-sílóum, þar sem þau eru höfð fram að klaki. Varhugavert er að hafa hrognin í dollunum fram að klaki, ekki síst þar sem súrefnisnotkun hrognanna margfaldast frá frjóvgun að klaki og losun niðurbrotsefna (NH₃) eykst að sama skapi (Kjørsvik o.fl. 2004).

3.2.3.2 Klaksíló

Á Stað er annar hrognaklefi, þar sem hrognin eru alin í sílóum með stöðugu sjórennsli og loftun (sjá 8. mynd).

Í klefanum eru tuttugu lítil hrognasíló (25 lítra) og eitt stórt (150 lítra) þ.a. klakrýmið er



8. mynd. Hrognaklefi í eldisstöðinni á Stað. Myndin sýnir hrognasíló með loft- og sjóslöngum.

Figure 8. Incubation room at the MRL. The figure shows incubators with independent air- and seawater supply.

alls 650 lítrar. Það hefur gefið góða raun að setja 150 ml af hrognum í litlu sílóin og 900 ml í það stóra (þrjú hrogn á ml), þ.a. klefinn tekur alls fjóra lítra af hrognum í einu og allt að 10 lítrum yfir vertíðina. Ef nauðsyn krefur er þó hægt að setja fleiri hrogn í hvert síló eða allt að 6 hrogn á ml (van der Meeren 2002a, Støttrup 2002) og tvöfalda þannig afkastagetuna upp í 20 lítra. Þetta magn samsvarar u.þ.b. 5 milljónum kviðpokalirfa, ef miðað er við 50% klak. Rennslið er nálægt einum l/mín í litlu sílóin og 6 l/mín í það stóra og hitastigið 7,7°C, allan ársins hring. Við þetta hitastig tekur fósturþroskunin 12-13 daga frá frjóvgun að klaki. Þetta hitastig er nálægt kjörhita hrognþroskunar þannig að sjórinn á Stað er með hentugt hitastig fyrir hrognahald. Á Stað er vaninn að hafa ljós á vinnutíma en slökkt utan vinnutíma.

Lifandi hrogn fljóta í fullsöltum sjó en á Stað þarf yfirleitt að bæta salti í sjóinn til þess að hrognin fljóti almennilega. Söltunin fer þannig fram að borðsalt er leyst upp í sjó í könnu, á meðan rennslið er tekið af sílóinu. Þæklinum er síðan hellt í áföngum út í sílóin og loftið látið krauma í 2-3 mínútur til þess að tryggja góða blöndun í sílóinu. Að því loknu er lokað fyrir loftið í sílóinu, dauðu hrognin látin falla til botns og þeim síðan hleypt undan. Dauðu hrognin eru síðan vigtuð og þyngd þeirra færð til bókar, svo hægt sé að reikna út fjölda hrognna í sílóinu. Hrognin þola töluverða meðhöndlun fyrstu tvo dagana eftir frjóvgun og síðustu dagana fyrir klak, en þess á milli er óráðlegt að meðhöndla þau nema sérstaka nauðsyn beri til (van der Meeren 2002a).

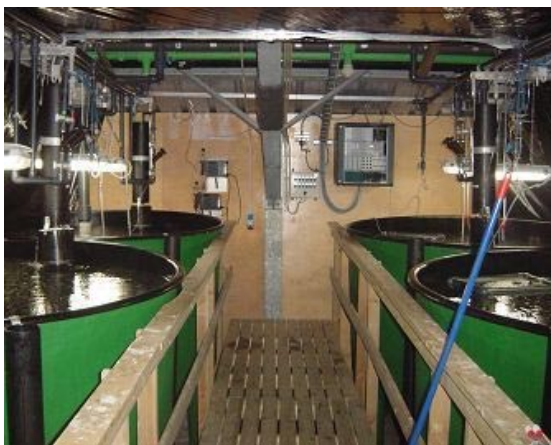
3.2.4 Klak

Einum degi fyrir áætlað klak er saltað upp, fljótanda hrogn sótthreinsuð aftur og þau flutt yfir í hreint síló. Lirfurnar er láttnar klekjast út í sílóinu og það getur tekið allt að einn sólarhring fyrir allar lirfurnar að klekjast. Hugsanlega væri þó hægt að hraða klakinu með því að hafa stöðugt ljós á hrognunum, en slökkva síðan ljósið þegar komið er að klaki. Við þetta örvast seyti klakensíma hjá fóstrinu og klakið tekur mun skemmri tíma (Howell & Baynes 2004). Á meðan á klakinu stendur, safnast hrognavökvi og skurn saman, og myndar froðu á yfirborðinu sem nauðsynlegt er að fleyta sem fyrst í burtu, enda inniheldur hún ensím sem geta valdið lirfunum skaða (Moretti o.fl. 1999). Þegar klakið er yfirstaðið er lokað fyrir bæði loftflæði og sjó-

rennsli, en við það fljóta kviðpokalirfurnar upp og mynda þétt lag á yfirborðinu. Lirfunum er þegar í stað fleytt ofan af og þær fluttar í 20 lítra plastfötum yfir í lirfukerin. Æskilegt er að flytja lirfurnar í lirfukerin strax eftir klak, en ef þörf krefur er hægt að hafa þær áfram í sílóinu og fresta flutningi þeirra um allt að tvo daga. Þegar búíð er að tæma sílóíð er það skrúbbað upp úr 500 ppm klórblöndu og skolað vandlega, áður en ný hrogn eru sett í sílóíð.

Hægt er að flytja hrognin í keríð fyrir klak og láta lirfurnar klekjast út í kerinu en þá þarf að hreinsa botninn og yfirborðið vel þegar klakið er búíð. Einnig er hægt að láta lirfurnar klekjast út í fljótandi ílátum með fínum netbotni og hella þeim síðan varlega út í keríð. Í barra- og bramaeldi er þó algengast að láta lirfurnar klekjast í sílóum svo hægt sé að kanna lirfugæðin, áður en lirfurnar eru settar út (Moretti o.fl. 1999). Lirfugæðin eru yfirleitt könnuð daginn eftir klak en þá eru teknar 10-20 lirfur úr hverju sílóí og þær skoðaðar í víðsjá. Algennt er að töluverður hluti lirfanna hafi áberandi útlitsgalla og gera má ráð fyrir því að gallaðar lirfur séu í raun flestar dauðadæmdar. Ef mikið er um vansköpun er ráðlegt að henda hópnnum strax, ef völ er á betri lirfum.

Ef hreinlæti og vatnsgæði eru höfð í fyrir-rúmi er algennt að lirfur klekist úr 75-80% af frjóvuguðum hrognnum (van der Meeren 2002a). Með sóttgreinsun er hægt að ná enn hærra hlutfalli og Peck o.fl. (2004) juku klak úr 75 í 85% með sóttgreinsun með sýklalyfjum. Sumar rannsóknir benda til þess að seltan geti haft áhrif á klakið og í rannsóknum Kjörsvik o.fl. (1984) náðist ekki fullt klak fyrr en í 34% seltu. Í barra- og bramaeldi þarf seltan að vera 35% til þess að klakið sé gott (Moretti o.fl. 1999).



9. mynd. Lirfueldisker í eldisstöðinni á Stað.

Figure 9. The hatchery tanks at the MRL.

3.3 Lirfueldi

3.3.1 Tæki og búnaður

Á Stað er lirfueldið framkvæmt í tólf hringlaga eldiskerum úr trefjaplasi. Kerin eru 220 sm í þvermál efst, 120 sm djúp við miðju og eldisrýmið er um það bil 3.200 lítrar. Þau eru svört að innan, útbúin með botnrist og utanáliggjandi hæðarröri. Kerin liggja þrjú saman og fyrir ofan þau er kapalstigi með öllum lögnum, þ.e. köldum sjó (7°C), volgum sjó (20°C), lofti, súrefni og rafmagni. Hægt er að blanda sjóinn og fá hvaða hitastig sem er á bilinu 7-20°C. Kerin standa á gólfinu, tæplega tveggja metra há, og því voru byggðar tvær gangbrautir úr timbri til þess að þjónusta kerin. Öll utanaðkomandi birta er síðan útilokuð með plastdúk sem er strengdur utan um allt lirfueldisrýmið.

Hvert ker hefur eftirfarandi staðalbúnað: innrennslisloftara, tvo loftunarsteina, tvo flúrlampa með sjálfstæða deyfingu og ljóslotustýringu, rafknúna botnsköfu, vatnsfóðrara, sogrör fyrir óhreinindi og loftknúna skimara sem halda yfirborðinu hreinu. Með þessum búnaði er hægt að skapa umhverfi sem er lífvænlegt fyrir þorsklirfur. Svonefndir skimarar (Moretti o.fl. 1999) gegna mikilvægu hlutverki því þeir safna í sig fitubræk af yfirborðinu sem ella gæti hamlað eðlilegri sundmagaproskun hjá lirfunni, en hún hefst með því að lirfan gleypir loftbólur við yfirborð. Skimaranir eru hins vegar oft fljótir að fyllast og stíflast, og því þarf að tæma þá tvisvar á dag. Á tveggja vikna fresti þarf svo að taka þá upp úr kerinu og þrifa þá almennilega með klórblöndu.

3.3.1.1 Umhirða og eftirlit

Í lirfueldinu fellur til mikið af úrgangi frá lirfunum og auk þess mikið af öðrum lífrænum og ólífrænum leifum, svo sem dauðum fæddu-dýrum, dauðum lirfum og þurrfóðri. Til þess að fjarlægja óhreinindin þarf að skafa botninn daglega og í hverju kerí er sjálfvirkur hreinsibúnaður sem skefur botninn og sópar leifunum saman. Búnaðurinn er ræstur í bítíð á hverjum morgni og einni klukkustund síðar, þegar armurinn hefur snúist einn hring, er búnaðurinn stöðvaður og hrúgan sogin upp. Með þessu móti er hægt að fjarlægja megnið af óhreinindunum, en með reglulegu millibili þarf þó að strjúka varlega yfir botn, hliðar og miðjurör, og losa um föst óhreinindi. Hreinsibúnaðurinn á Stað var keyptur af Fiskey en einnig er hægt að kaupa

ker með innbyggðum hreinsibúnaði í Noregi (van der Meeren 2002b).

Pegar vertíðin er komin í fullan gang þarf að hafa góða yfirsýn yfir hrogn, lirfur og seiði í fjölmörgum kerum og sílóum, á mismunandi stigum eldisins. Mikilvægt er að halda nákvæma eldisdagbók, þar sem hægt er að skipuleggja fódruun og stærri aðgerðir fram í tímann. Verkefnisstjórnin hefur umsjón með dagbókinni og lýkur hverjum vinnudegi á því að reikna út og skrá allar aðgerðir morgundagsins eða helgarinnar. Starfsmenn vinna síðan samkvæmt dagbókinni og skrá jafnframt í hana allar daglegar mælingar. Það er nauðsynlegt að framkvæma reglulegar mælingar á ýmsum umhverfispáttum, svo sem hitastigi, súrefni, sýrustigi og ljósstyrk. Einnig er mikilvægt að fylgjast vel með ýmsum þáttum sem tengjast vexti og viðgangi lirfanna, svo sem afföllum, dreifingu, áti, sundmagaþroskun og vaxtarhraða. Nauðsynlegt er að taka regluleg lirfusýni úr hverju keru og mæla bæði lengd og þurrvig hjá lirfunum. Jafnframt er nauðsynlegt að fylgjast vel með öllum breytingum á fæðuþéttleika í kerinu og stýra fódurgjöf-inni með hliðsjón af því.

3.3.2 Framkvæmd lirfueldis

Á Stað hefur verið útbúið reiknilíkan til þess að auðvelda skipulagningu og framkvæmd seiðaframleiðslunnar. Líkanið byggir á niðurstöðum fjölmargra rannsókna og heldur utan um alla helstu þætti lirfueldisins, svo sem lifun, vöxt, fódruun og sjóþörf. Hægt er að gefa sér mismunandi forsendur um þéttleika, lifun og hitastig. Hér á eftir verður gerður samanburður á lirfueldi eftir fjórum mismunandi hitaferlum, þ.e. A, B, C og D (sjá 10. mynd). Einnig er reiknað með misgóðri lifun í dæmunum fjórum, eða 40, 30, 20 og 10%, í þessari röð. Í öllum dæmunum er þó reiknað með sama upphafsþéttleika, þ.e. 50 lirfum á lítra.

Á árinu 2003 var lirfueldið á Stað framkvæmt samkvæmt hitaferli D en á árinu 2004 var farið eftir hitaferli C. Í töflu 2 má sjá yfirlit yfir framkvæmd lirfueldis samkvæmt hitaferli C. Kerastærðin er 3.200 lítrar þannig að upphaflega eru settar 160.000 lirfur í keru. Lifunin er 20% þannig að framleiðslan upp úr kerinu verður 32.000 seiði. Þetta dæmi gefur mjög góða mynd af raunverulegu lirfueldi og því má í raun segja að í töflunni sé að finna uppskrift að framleiðslu þorskseiða. Dálkarnir sýna eftirfarandi þætti: aldur frá klaki, hitastig á eldisvatni,

lengd (*standard length*), lífþyngd, hámarksljósstyrk við yfirborð, sjórennsli, þörungabykkni (*Nannochloropsis oculata*), sýklalyf (*neomycin*), hjóldýr, Artemíu, þurrfóður og kornastærð þurrfóðurs.

3.3.2.1 Þéttleiki í lirfueldi

Í norskum eldistjörnum er upphafsþéttleikinn yfirleitt á bilinu 20–40 lirfur á rúmmetra (Blom 1995). Í lirfueldi er hægt að hafa mun meiri þéttleika og algengur upphafsþéttleiki er 40–60 lirfur á lítra. Í ónefndri norskri eldisstöð er þó unnið með upphafsþéttleika í lirfueldi þorsks upp í allt að 150 lirfur á lítra (www.danafeed.dk). Niðurstöður rannsókna Baskerville-Bridges & Kling (2000a) benda til þess að upphafsþéttleiki upp í 200–300 lirfur á lítra hafi ekki neikvæð áhrif á lifun og vöxt, svo fremi sem fódruun og rennsli verði ekki takmarkandi þættir. Við þéttleikann 300 lirfur á lítra náðist allt að 44% lifun eftir 44 daga en vöxtur lirfanna var aftur á móti slakur og var það rakið til fæðuskorts. Tilraunin var endurtekin með meiri fódruun og þá náðist mun betri vöxtur en hins vegar aðeins 36% lifun eftir 36 daga, í einstökum kerum. Hafa ber í huga að þessar tilraunir voru framkvæmdar í 22 lítra kerum og erfitt er að ná jafn góðri nýtingu á eldisrými í stærri kerum.

Í barra- og bramaeldi er upphafsþéttleikinn yfirleitt 100–200 lirfur á lítra en er kominn niður í 30–60 ungsseiði á lítra undir lok lirfueldisins (Moretti o.fl. 1999, Anon. 2003c og d). Þorskur virðist hins vegar vaxa mun hraðar en þessar tegundir í lirfueldi (sjá 19. mynd) og því eru takmörk fyrir því hvað hægt er að fara hátt upp með þéttleikann án þess að lífmassinn fari úr böndunum. Ef stefnt er að 25% lifun, 200 mg lokastærð og 5 kg/m³ í lirfueldinu, má upphafsþéttleikinn ekki vera meiri en 100 lirfur á lítra. Með því að ljúka lirfueldinu fyrir (t.d. í 100 mg) er hins vegar hægt að hafa þéttleikann svipaðan og í barra- og bramaeldi.

3.3.2.2 Lýsing í lirfueldi

Lirfur sjávarfiska nota fyrst og fremst sjónina til þess að leita uppi fæðu (Blaxter 1975). Hjá mörgum tegundum eru lirfurnar í upphafi eingöngu með keilur í sjónhimmunni en stafirnir myndast síðar (Blaxter & Staines 1970). Það er því rökrétt að álykta að sökum daprar sjónar þurfi lirfurnar mikinn ljósstyrk við fyrsta fæðunám. Kjörljósstyrkur fyrir fæðunám er hins

Tafla 2. Framkvæmd lirlufeldis á Stað árið 2004.

Table 2. The hatchery protocol at the MRL in the year 2004.

Aldur (dagar)	Hiti (°C)	Lirlufæð		Ljós (lux)	Rennsli (l/mín)	Þörungar (ml) x2	Sýklalyf (g)	Hjóldýr (mill)	Artemía (mill)	Þurrfóður (g)	Kornastæð (mm)
		(mm)	(g)								
0	8,0	4,3	0,001		3		100				
1	9,0	4,4	0,001		3						
2	9,5	4,5	0,001		3						
3	9,7	4,6	0,001	100	3	20	100	40			
4	9,9	4,7	0,001	150	4	20		40			
5	10,0	4,8	0,001	250	4	30		40			
6	10,1	4,9	0,001	300	4	30		40			
7	10,3	5,0	0,001	350	4	40		40			
8	10,3	5,2	0,001	400	5	40		40			
9	10,4	5,3	0,001	450	5	40		44			
10	10,5	5,4	0,001	500	5	40	100	48			
11	10,6	5,6	0,002	550	5	40		52			
12	10,7	5,8	0,002	600	6	40		56			
13	10,8	6,0	0,002	650	6	40		60			
14	11,0	6,1	0,002	700	6	40		68			
15	11,1	6,4	0,002	700	6	40		80			
16	11,2	6,6	0,002	700	7	40		96			
17	11,3	6,8	0,002	700	7	40		100			
18	11,4	7,0	0,003	700	7	40		100			
19	11,6	7,3	0,003	700	7	40		100			
20	11,7	7,6	0,003	700	8	40		100			
21	11,8	7,9	0,003	700	8	40	100	100	1	32	0,15
22	11,9	8,2	0,004	700	8			100	2	36	0,15
23	12,1	8,5	0,004	700	8			100	3	40	0,15
24	12,2	8,8	0,005	700	8			100	5	44	0,15
25	12,3	9,2	0,005	700	8			100	6	48	0,15
26	12,5	9,6	0,006	700	9			100	7	56	0,15
27	12,6	10,0	0,007	700	9			100	10	60	0,15
28	12,7	10,4	0,008	700	9			80	14	64	0,15
29	12,8	10,9	0,009	700	9			60	19	68	0,15
30	12,9	11,4	0,010	700	9			40	22	72	0,30
31	13,0	11,9	0,012	700	9			40	24	80	0,30
32	13,1	12,4	0,013	700	10			40	29	88	0,30
33	13,3	13,0	0,016	700	10			40	34	100	0,30
34	13,4	13,6	0,018	700	10			40	38	112	0,30
35	13,4	14,2	0,021	700	10		100		43	120	0,30
36	13,5	14,9	0,024	700	12				48	128	0,30
37	13,6	15,6	0,027	700	12				53	136	0,30
38	13,7	16,3	0,031	700	12				55	140	0,30
39	13,8	17,0	0,036	700	12				58	144	0,30
40	13,9	17,8	0,041	700	15				62	152	0,50
41	13,9	18,6	0,047	700	15				67	160	0,50
42	14,0	19,4	0,054	700	15				72	168	0,50
43	14,0	20,2	0,061	700	20				77	176	0,50
44	14,1	21,1	0,070	700	20				82	184	0,50
45	14,1	22,0	0,079	700	20				69	192	0,50
46	14,2	23,0	0,090	700	20				58	200	0,50
47	14,2	23,9	0,10	700	20				46	212	0,50
48	14,2	24,9	0,12	700	25				35	224	0,50
49	14,3	25,9	0,13	700	25		100		29	240	0,50
50	14,3	26,9	0,15	700	25				29	256	0,75
51	14,3	28,0	0,16	700	25				29	280	0,75
52	14,3	29,0	0,18	700	25				23	300	0,75
53	14,3	30,1	0,21	700	30				23	320	0,75
54	14,3	31,2	0,23	700	30				23	340	0,75
55	14,3	32,3	0,26	700	30				17	400	0,75
56	14,3	33,5	0,28	700	30				17	416	0,75
Samtals						700	600	2.184	1.228	5.788	

vegar breytilegur milli tegunda og breytist eftir því sem fiskurinn stækkar (Neave 1984). Lýsing veldur 40% aukningu í súrefnisupptöku hjá lirlfum en áhrifin minnka með stærð og hverfa við myndbreytingu (Finn o.fl. 2002).

Samkvæmt van der Meeren & Ivannikov (2001) skiptir ljósstyrkur við frumfóðrun þorsks ekki máli, svo fremi sem hann er á bilinu 40-650 lux. Baskerville-Bridges & Kling (2000b) náðu góðri lifun (33-39%) við 22 lux en hafa ber í huga að kerin voru lítil (22 lítrar) og blá að lit, og ekki voru notaðir þörungar. Svo virðist sem kjörlysing í lirlfueldinu ráðist að tölurverðu leyti af stærð og lit eldiskeranna, ásamt því hvort eldisvatnið er skyggt með þörungum eða ekki. Í lirlfueldi þorsks er algengt að hafa myrkur í 2-3 daga eftir klak (þó ekki algilt) og flestir auka ljósstyrkinn í áföngum upp í 700-1.000 lux við yfirborð (sjá töflu 3). Ástæðan fyrir því að hafa myrkur fyrstu dagana er sú að kviðpokalirlfur hafa allt að 10 sinnum minni sundvirkni í myrkri og eyða því minni orku í sundhreyfingar (Howell & Baynes 2004). Í lirlfueldi á barra er ljósstyrkurinn yfirleitt 500 lux við yfirborð og ef ekki eru gefin hjóldýr er haft myrkur fyrstu 5-7 dagana (franska aðferðin). Í bramaeldi er hins vegar notuð mun sterkari lýsing, eða 1.000-3.000 lux fyrstu 25 dagana en síðan er lækkað niður í 500 lux svo ekki komi upp sundmagasótt hjá lirlfunum (www.inve.be, Moretti o.fl. 1999, Anon. 2003d).

Á Stað eru lirlfurnar settar út í ker með sama hitastigi og var í klakinu, þ.e. 7-8°C. Kerid er alveg myrkvað og með vægri loftun er lirlfunum dreift um vatnsmassann. Lirlfurnar lifa á forðanæringunni fyrstu dagana en þremur dögum eftir klak hafa augun og munnurinn þroskast og lirlfan getur byrjað að nærast. Þá er kveikt dauft ljós yfir kerinu og lirlfunum boðin fæða í fyrsta sinn. Ljósið er látið loga allan sólarhringinn og ljósstyrkurinn aukinn jafnt og þétt, úr 100 lux í upphafi upp í 700 lux eftir tvær vikur. Ljósstyrkurinn er mældur við yfirborð beint undir ljósunum en út við kerbrún er ljósstyrkurinn allt að 10 sinnum minni. Þessi ljósstyrkur er svipaður og algengt er að nota í barraeldi (Moretti o.fl. 1999, Anon. 2003c).

Puvanendran & Brown (2002) rannsökuðu áhrif ljósstyrks (300, 600, 1.200 og 2.400 lux) og ljóslotu (L:M = 24:0, 18:6 og 12:12) á vöxt og lifun hjá þorsklirlfum. Niðurstöðurnar sýndu að áhrifin breyttust eftir aldri og þroskastigi lirlfanna. Fyrstu fjórar vikurnar voru vöxtur og lifun

afgerandi best við 2.400 lux og 24 tíma ljóslotu en síðustu tvær vikurnar fannst hins vegar enginn marktækur munur, hvorki á vaxtarhraða né lifun. Áhrifin á lifun voru reyndar að mestu leyti komin fram eftir aðeins tvær vikur. Mjög góð lifun (41%) náðist við 2.400 lux og 24 tíma ljóslotu og vöxturinn var góður miðað við hitastig, sem var aðeins 8°C (sjá töflu 3). Veiðihæðun og veiðigeta lirlfanna jókst með auknum ljósstyrk og mikill munur var á magafylli fyrstu vikurnar en undir lokin voru allar lirlfur með fullan maga. Bætt rökkursjón lirlfanna eftir fjórar vikur var skýrð með þroskun stafa í sjónhimnunni. Höfundarnir ályktuðu að léleg lifun við lágan ljósstyrk stafaði af því að lirlfurnar næðu ekki að fullnægja orkuþörf sinni á lirlfustiginu. Bent var á það að á náttúrulegu útbreiðslusvæði lirlfanna á Grand Banks væri ljósstyrkur á 40 m dýpi á bilinu 600-2000 lux. Þessar niðurstöður benda því til þess að sterkt og stöðugt ljós sé nauðsynlegt framan af lirlfustiginu en eftir u.þ.b. fjórar vikur sé óhætt að deyfa ljósið og slökkva á nóttunni. Í þorskseifaframleiðslu á Nýfundnalandi er að sögn unnið samkvæmt ofangreindum niðurstöðum. Ljósstyrkurinn er lágur fyrstu 5 dagana (250-300 lux) en er síðan aukinn á 6. degi upp í 2.400 lux (Brown o.fl. 2003).

3.3.2.3 Ljóslosta í lirlfueldi

Margt bendir til þess að kjör lengd ljóslotu ráðist af náttúrulegri ljóslotu á útbreiðslusvæði tegundarinnar (Pedersen 1989, Suthers & Sundby 1996). Svo virðist sem þorsklirlfur á hærri breiddargráðum vaxi mun betur en þorsklirlfur á lægri breiddargráðum og talið er að ástæðan sé fyrst og fremst munur á daglengd (Suthers & Sundby 1996). Við Íslandsstrendur er þorskur á lirlfustigi í maí og júní. Samkvæmt Almanaki Háskóla Íslands eykst daglengdin úr 17 í 20 klst. og birtutíminn í 19-24 klst. í maí, þ.a. náttúruleg ljóslosta er tiltölulega löng hér við land. Lirlfurnar færa sig ofar í sjónum þegar kvöldu tekur og ná þannig að hámarka þann tíma sem fæðunám getur átt sér stað (Grønkjær & Wieland 1997).

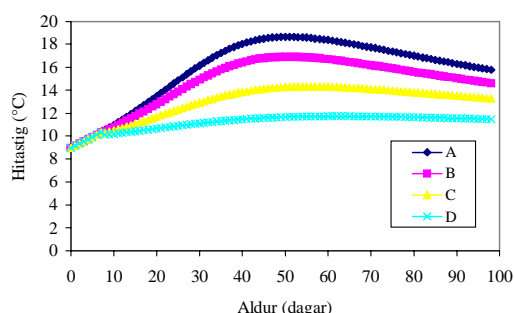
Í lirlfueldi þorskseifa virðist vera algengast að hafa ljósið kveikt í 24 klst. Otterlei o.fl. (1999) náðu þó ágætum árangri með náttúrulegri ljóslotu í eldistilraunum þar sem dýrasvif var notað sem fóður. Bent hefur verið á það að myrkið geti haft ýmis jákvæð áhrif á lirlfurnar svo sem orkusparnað ásamt betri meltingu og

upptöku næringarefna. Einnig hefur verið bent á það að gaskirtillinn starfi betur í myrkri og að sundmagi lirfanna þroskist betur en í stöðugu ljósi (Howell & Baynes 2004). Í tilraunum Puvanendran & Brown (2002) kom stöðugt ljós best út fyrstu fjórar vikurnar en virtist ekki skipta máli eftir það. Niðurstöðurnar bentu til þess að fyrstu vikurnar þyrftu lirfurnar að veiða linnulaust allan sólarhringinn til þess að fullnægja orkuþörf sinni. Þetta er svipað ferli og þekkist í bramaeldi. Í bramaeldinu er oft haft stöðugt ljós fyrstu þrjár vikurnar en síðan skipt yfir í 16:8 ljóslootu (ljós:myrkur) en sumir hafa þó 8 tíma nótt allt frá upphafi. Í barraeldi er lifun best ef notast er við 16:8 ljóslootu frá upphafi en skipt er yfir 20:4 ljóslootu ef eldishitinn er hærri en 21°C (Moretti o.fl. 1999). Mikilvægt er að nota ljósdeyfingu þegar ljósið er kveikt eða slökkt.

3.3.2.4 Hitastig í lirfueldi

Náttúrulegir hitaferlar eru svipaðir þeim hitaferlum sem notast er við í lirfueldinu. Á syðstu hlutum útbreiðslusvæðis þorsks getur sjávarhitinn náð allt að 18°C, líkt og í dæmi A, en við Íslandsstrendur er hitafarið líkara því sem sýnt er í dæmi C og fer hæst í u.þ.b. 12°C (10. mynd). Í norskum sjávarlónum hækkar hitastigið yfirleitt jafnt og þétt yfir sumartímamann og nær stundum hámarki í 16-18°C (Finn o. fl. 2002).

Við upphaf lirfueldis er hitastig eldisvatnsins haft sem næst því hitastigi sem hrognin klekjast í, sem er í flestum tilfellum nálægt 8°C. Algengt er að hitastiginu sé haldið stöðugu nálægt 8°C í



10. mynd. Hitaferlar í lirfueldinu. Kjörhitaferillinn (A) byggir á samanteknum niðurstöðum úr rannsóknum á Stað (Agnar Steinarsson & Björn Björnsson 1999, Björn Björnsson o.fl. 2001).

Figure 10. Temperature curves for the hatchery production of cod. The optimal temperature curve (A) is based on research conducted at the MRL (Agnar Steinarsson & Björn Björnsson 1999, Björn Björnsson et al. 2001).

nokkra daga og síðan sé það hækkað rólega upp í 10-12°C á einni til tveimur vikum. Ef hitastigið er hækkað of hratt virðist það yfirleitt vera ávísun á mikil afföll. Í rannsóknum á Stað var lifun 5-9 mm þorsklirfa best við u.þ.b. 8,5°C (Agnar Steinarsson & Björn Björnsson 1999) en í seiðaframleiðslunni hefur verið notaður hærri hiti til að ná betri vexti hjá lirfunum. Brown o.fl. (2003) hafa bent á mikilvægi þess að halda hitastiginu lágu á kviðpokatímanum (8-9 dagar eftir klak), til þess að nýta kviðpokann betur og ná betri sundmagafyllingu (sundmaginn fyllist á 5.-9. degi).

Í hitaframtölum Otterlei o.fl. (1999) voru þorsklirfur aldar á dýrasvífi við 4-14°C í 8 vikur og þar náðist besti vöxturinn við 14°C (eftir rólega hitaádlögun fyrstu vikuna). Höfundar ályktuðu að kjörhiti til vaxtar þorsklirfa væri 14-16°C en reiknuðu ekki með því að kjörhitinn breyttist með stærð lirfanna. Þessi ályktun er hins vegar líklega röng því rannsóknir á Stað hafa sýnt að kjörhiti vaxtar eykst með stærð á lirfustigi (10. mynd).

Kjörhiti vaxtar hækkar jafnt og þétt á lirfustigi og nær hámarki í u.þ.b. 18°C eftir 50-60 daga. Kjörhiti fæðunýtingar er þó yfirleitt nokkuð lægri en kjörhiti vaxtar og jafnframt má reikna með því að hægur vöxtur í lirfueldinu hafi bein áhrif til lækkunar á kjörhitastigi (Howell & Baynes 2004). Almennu hefur þó verið tregða meðal seiðaframleiðenda gagnvart því að hækka hitastigið upp fyrir 10-12°C og af þeim sökum hafa lirfurnar stundum vaxið langt undir sinni raunverulegu vaxtargetu (tafla 3). Ástæðan fyrir þessari tregðu er sennilega sú að menn hafi viljað draga úr sjúkdómahættu í lirfueldinu og talið sig ná betri lifun við lægra hitastig.

Í barraeldi er hitastigið oft haft frekar lágt fyrstu vikuna (15-18°C) til þess að fá betri nýtingu á kviðpokanum en síðan hækkað rólega upp í 18-20°C á einni viku. Í bramaeldinu virðast menn frekar halda hitanum á bilinu 18-20°C allt frá byrjun. Mikil áhersla er lögð á það að forðast miklar sveiflur í hitastigi (Moretti o.fl. 1999) og ef farið er mikið upp fyrir 20°C eykst bakteríuálagið, lifun minnkar og vansköpun eykst (www.inve.be). Talsvert gæti því vantað upp á kjörhita vaxtar, enda vaxa barra- og bramalirfur mjög hægt miðað við þorsk á Stað (tafla 3).

Tafla 3. Samanburður á aðferðum og árangri í framleiðslu þorskeiða.

Table 3. Reported methodology and results from hatchery rearing of cod.

Heimildir*	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Tegund	Þorsk.	Þorsk.	Þorsk.	Þorsk.	Þorsk.	Þorsk.	Þorsk.	Þorsk.	Þorsk.	Þorsk.	Brami
Eldistími (d)	56	56	56	56	42	64	64	44	46	56	56
Ker (lítrar)	3400	500	3000	3000	30	22	22	22	500	500	8000
Ker (litur)	græn	svört	svört	svört	svört	blá	blá	blá	svört	græn	svört
Hiti (°C max)	14,5	13,0	12,0	12,0	8,0	10,0	10,0	10,5	12,6	14,0	20,0
Lux (max)	700	-	700	2400	2400	1000	1000	22	255	180	1000
Ljóslosta (L:M)	24:0	-	24:0	24:0	24:0	24:0	24:0	24:0	24:0	nátt.	16:8
Rennsli (l/mín)	15	-	-	10,0	6,0	0,2	0,2	0,2	1,5	2,5	100
Lirfur/l (start)	50	22	60	40	40	75	75	150	40	2,8	150
Þörungar (d)	0	3-30	0-12	0-28	3-42	-	-	-	-	3-56	3-23
Þör.þykkni (d)	3-15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hjóldýr (d)	4-30	3-30	3-34	3-48	3-42	2-21	2-21	3-28	4-35	-	3-23
Art. náplúr (d)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17-27
Artemía (d)	21-56	26-56	25-56	35-56	20-42	21-50	0	22-44	30-46	-	20-57
Dýrasvif (d)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3-56	-
Þurrfóður (d)	21-56	36-56	25-56	45-56	-	35-64	8-64	36-44	-	-	17-56
Þ.f.vanið (d)	56	56	56	56	-	50	21	-	-	-	56
Þ.f.vanið (mm)	34	19,5	25	19	-	15	8	-	-	-	17
Þ.f.vanið (mg)	56	8,5	18	8	-	5	1	-	-	-	15
Lifun (%)	17%	35%	20%	(20%)	41%	25%	7%	29%	29%	30%	40%
Lengd (mm)	34,0	19,5	25,0	19,0	12,3	23,5	19,0	13,1	9,7	40,0	17,0
Þurrvig (mg)	56	8,5	18	8,0	2,7	20	8,0	2,0	1,2	130	10
Lífþyngd (mg)	280	60	115	55	19	130	55	14	8,5	650	90
Vöxtur (mm/d)	0,53	0,27	0,37	0,26	0,19	0,30	0,23	0,18	0,12	0,64	0,23
Vöxtur (%/d)	12,2%	8,8%	10,2%	8,7%	9,1%	9,1%	7,6%	10,3%	6,5%	13,7%	9,9%
Lífmassi (g/l)	2,4	1,3	1,4	0,4	0,3	2,4	0,3	0,6	0,1	0,5	5,4

*Heimildir: Hafrannsóknastofnun 2004 (A), Fullerton 2001 (B), Anon. 2003g (C), Puvanendran & Brown 2002 (D og E), Callan o.fl. 2003 (F og G), Baskerville-Bridges & Kling 2000a (H), van der Meeren & Ivannikov 2001 (I), Otterlei o.fl. 1999 (J), Moretti o.fl. 1999 (K).

3.3.2.5 Eldisvatn

Í lirfueldi barra og brama er algengt að hafa lítið eða ekkert rennsli yfir daginn svo ekki tapist fæðudýr og þörungar úr kerinu (Moretti o. fl. 1999). Á nóttunni er hins vegar settur grófur dúkur á frárennslisrörið og öllum leifum skolað út. Vatnsskiptin eru u.þ.b. 100% á dag fyrstu dagana en eftir 2-3 vikur er farið að skipta vatninu út allt að 10 sinnum á dag en það samsvarar 20-25 l/mín í 3 m³ keru. Á Stað er hins vegar haft stöðugt rennsli allan sólarhringinn, allt frá upphafi (tafla 2). Vatnsskiptin eru þriðjungur af því sem tíðkast í barra- og bramaeldi enda er þéttleikinn þar þrisvar sinnum meiri. Í byrjun er innrennslinu beint að kerbrún en eftir fyrstu vikuna er reynt að hafa hægán hringstraum réttisælis í kerinu.

Seltan á Stað er að jafnaði í kringum 29% sem er heldur lægra en full sjávarselta (35%) og hugsanlegt er að það hafi jákvæð áhrif á vöxt og lifun í eldinu. Þó ber að hafa í huga að hjóldýrin hafa minna flotvægi í lægri seltu og sökkva hraðar til botns en ella (www.inve.be). Róleg loftun á einum til tveimur stöðum í kerinu þjónar fyrst og fremst þeim tilgangi að dreifa fæðudýrunum um vatnsmassann. Lirfurnar nota mik-

ið súrefni og því er nauðsynlegt að bæta hreinu súrefni í innrennslissjóinn og halda súrefnismettun á bilinu 100-120% yfir allan eldistímann. Þetta er sérstaklega mikilvægt þegar hitastig eldisvatnsins er orðið hátt. Sýrustigið er ágætur mælikvarði á vatnsgæðin í kerinu og ef pH lækkar niður fyrir 7,5 er nauðsynlegt að auka rennsli í keru. Ammóníak er sjaldan mælt, en æskilegt er að heildarstyrkur þess (TAN) fari ekki upp fyrir 0,5 ppm (Moretti o.fl. 1999). Í rannsóknum Baskerville-Bridges & Kling (2000 a) þurfti rennsli sem samsvarar 50 ml/mín/g þurrvig til þess að halda styrk NH₃ undir 0,005 mg/l. Ef NH₃ fór yfir þessi mörk urðu mikil afföll af lirfunum. Reynslan hefur þó sýnt að ef sýrustigið er ásættanlegt, þá er óþarfi að hafa áhyggjur af ammóníakinu.

3.3.2.6 Þörungagjöf

Í lirfueldinu er algengt að blanda svifþörungum út í eldisvatnið til þess að skyggja það. Við skyggingu dregur úr endurkasti frá kerveggjum, bráðin verður sýnilegri og fæðunám eykst. Þörungarnir eru jafnframt fæða fyrir hjóldýrin í kerinu og viðhalda næringargildi þeirra (Reitan o.fl. 1993). Ýmsar rannsóknir hafa sýnt jákvæð

áhrif þörunga á vöxt og lifun í lirfueldi sjávarfiska (Øie o.fl. 1997) og talið er að ástæðan sé fyrst og fremst sú að þörungarnir örvi ensím-virkni í meltingarvegi lirfanna (Cahu o.fl. 1998, Olsen o.fl. 2004). Einnig er talið að þörungarnir geti haft bætandi áhrif á bakteríuflórana í eldisvatninu (Støttrup o.fl. 1995). Margir hafa þó framleitt þorskseiði í smáskalatilraunum án þess að nota neina þörunga (van der Meeren & Ivannikov 2001, Baskerville-Bridges & Kling 2000a, Callan o.fl. 2003) en í stærri framleiðslueiningum virðast alltaf vera notaðir þörungar. Í Frakklandi eru ekki notaðir þörungar við framleiðslu barraseiða (Lee 2001).

Ræktun þörunga er tímafrek nákvæmnisvinna og með tilkomu þörungabykkni á undanförunum árum hefur orðið mikil hagræðing í rekstri seiðastöðva í Evrópu. Ferskvatnsþörungurinn *Chlorella* er algengasti þörungurinn í seiðastöðvum við Miðjarðarhaf (Shields 2001). *Chlorella* er rík af próteini (60% af þurrvigt) og vítamínum og hentar afar vel sem fóður fyrir hjóldýr. Hægt er að kaupa *Chlorella* sem lifandi þykkni og geyma í kæli í nokkrar vikur. Hjá Kurios í Frakklandi er þykknið selt á 20 lítra brúsum (www.kurios.fr). Einn lítri af *Chlorella* þykkni nægir til framleiðslu á 300 milljón hjóldýrum (Yoshimura o.fl. 2003).

Einnig er nú komið á markað þörungabykkni með ferskum dauðum þörungum sem hægt er að geyma í kæli eða frysti mánuðum eða árum saman. Reed Mariculture í Bandaríkjunum selur þörungabykkni undir nafninu „Instant algae“ (www.instant-algae.com). Einn lítri af þörungabykkni samsvarar 1.800-3.600 lítrum af lifandi rækt og boðið er upp á ýmsar tegundir s. s. *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana* og *Pavlova lutheri*. *Nannochloropsis* þykir henta best til ræktunar á hjóldýrum og hefur þá kosti að hægt er að blanda honum beint út í eldisvatnið án þynningar. Hinar tvær tegundirnar innihalda DHA og eru því notaðar til þess að auðga hjóldýrin. Þykknið er selt í eins lítra flöskum og hver flaska dugar til framleiðslu á 500 milljón hjóldýrum.

Einnig er fánlegt þörungaduft (*Algae Rich*) sem geymist í langan tíma og hentar vel við ræktun og auðgun á hjóldýrum. Þörungaduftið inniheldur ýmis vaxtarhvetjandi og ónæmisörvandi efni, ásamt vítamínum, litarefnum o.fl. Við ræktun á hjóldýrum er duftið gefið í styrkleikanum 40-80 ppm og gefið ásamt geri og olíu. Duftið er mjög drjúgt og mun ódýrari kostur en

þykknið, en ekki er þó víst að gæðin og notagildið sé sambærilegt. Einnig er fánlegt þörungaduft (Replace 0) sem hægt er að gefa beint út í eldisvatnið (www.rich.gr).

Margir kjósa þó enn að rækta lifandi þörunga og fyrir þá er Biofence-ræktunarkerfið frá Cellpharm sennilega það besta sem völ er á. Kerfið samanstendur af láréttum glærum rörum og framleiðnin er að sögn allt að 20 sinnum meiri en í hefðbundinni ræktun í kerum eða pokum. Kerfið er vinnusparandi og hægt er að keyra það mánuðum saman með miklu öryggi (www.cellpharm.co.uk). Á Stað voru til langs tíma ræktaðir þörungar en á undanförunum árum hefur þörungabykkni leyst þá af hólmi. Í hvert lurfuker er blandað allt að 80 ml á dag og heildargjöfin í lirfueldinu er oft í kringum 500 ml á dag sem samsvarar 1.750 lítrum af þéttri rækt. Margt bendir til þess að þörungabykknið sé jafnvel hentugra en lifandi þörungar enda inniheldur það lítið af bakteríum, á meðan lifandi þörungar bera með sér mikið magn af bakteríum (Lavens & Sorgeloos 1996). Úr þykkninu er búið að fjarlægja áburð sem getur mengað lurfukerinn og hið litla rúmmál þykknisins hefur hvorki áhrif á sýrustig né hitastig í kerunum.

3.3.2.7 Frumfóðrun með fæðudýrum

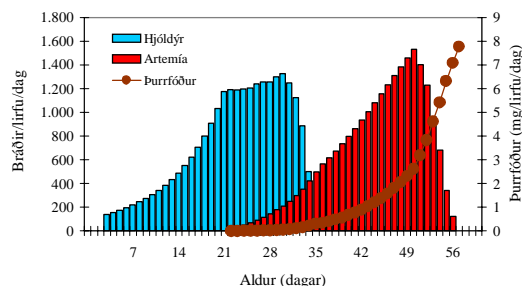
Rannsóknir hafa leitt í ljós að lausar amínósýrur eru helsti orkugjafi þorsks á lirfu- og ungseldastigi og þó sérstaklega fyrstu 3-4 vikurnar eftir klak, þegar 70-95% af orkunni myndast með niðurbroti á amínósýrum (Rønnestad o.fl. 1999, Finn o.fl. 2002). Meirihluti orkunnar nýtist til nýmyndunar á prótínum í lirfunni og því er nauðsynlegt að fæðan innihaldi amínósýrur í nægilegu magni (Kjørsvik o.fl. 2004). Dýrasvif er í senn prótínríkt og auðugt af lausum amínósýrum (Helland 2003), og hentar því fullkomlega sem fæða fyrir lirfurnar. Ræktuð fæðudýr innihalda hins vegar oftast lítið af lausum amínósýrum en með þörungauuðgun er þó hægt að auka magnið verulega og á það sérstaklega við um hjóldýr (Aragao o.fl. 2004).

Það er einnig mikilvægt að lirfan hafi nægilega ensím-virkni í meltingarvegi til þess að geta brotið prótínið niður í amínósýrur. *Trypsín* er mikilvægasta próteinkljúfandi ensímið og leggur mikið til af fríum amínósýrum eftir að forði þeirra í kviðpoka er búinn (Kolkovski 2001). Vísindamenn eru reyndar ekki sammála um það hvað kemur meltingunni af stað, sumir telja að lirfan framleiði og virki ensímin sjálf

(Rojas-Garcia 2002) en aðrir telja að ensím-virkni fæðudýranna komi meltingunni af stað. (Kolkovski 2001). Rannsóknir hjá Tilraunastöðinni á Keldum (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2004) hafa sýnt fram á tilvist meltingarensíma í þorski strax eftir klak en jafnframt hefur mælst mikil aukning í virkni meltingarensíma þegar fæðunám hefst. Talið er að með því að blanda ákveðnum lífefnum (ensímum og peptíðum) í auðgunarefni fæðudýra megi örva trypsinvirkni lifranna og stuðla þannig að bættri lifun í lifrueldinu. Prótínsamsetning fódursins skiptir líka miklu máli því mismunandi prótín og amínósýrur virkja trypsin misvel (Perez o.fl. 1998).

Á þriðja degi frá klaki eru þorsklirfur orðnar hæfar til þess að veiða og melta lifandi bráð í kerinu. Mælingar hafa sýnt að eftir því sem kviðpoki lifranna tæmist, minnkar styrkur hormóna í lifrunni (Kjörsvik o.fl. 2004) og því er mikilvægt að hafa nægan þéttleika af hjóldýrum og skapa réttu skilyrðin til þess að fæðunám lifranna fari kröftuglega af stað. Í eldistilraunum hefur lifun og fæðunám verið mest við þéttleikann fjögur hjóldýr/ml (Puvanendran & Brown 1999, Callan o.fl. 2003) en ef dýrasvif er notað sem fóður hefur náðst góður árangur við þéttleikann eitt fæðudýr/ml (Otterlei o.fl. 1999). Í barra- og bramaeldi er yfirleitt fóðrað 3-4 sinnum á dag og þéttleika hjóldýra haldið á bilinu 5-10/ml fyrstu 10 dagana (Moretti o.fl. 1999, Shields 2001). Á Stað helst þéttleiki hjóldýra á bilinu 2-8/ml á daginn en er oftast kominn niður í núll að morgni. Hjóldýrin eru oftast gefin 2-3 sinnum yfir daginn og þegar gjöfin er í hámarki getur þéttleikinn orðið allt að 15 hjóldýr/ml strax eftir gjöf.

Bent hefur verið á að mikilvægt sé að gefa ekki of mikið af fæðudýrum, því þá verði fæðunámið of mikið og fæðan fari of hratt í gegnum meltingarveg lifrunnar (Olsen o.fl. 2004). Við þetta meltist fæðan verr og lifran nær síður að brjóta niður prótín og taka upp amínósýrur. Jafnframt eykst magn úrgangs og lífræns kol-efnis í eldisvatninu en það er kjörið æti fyrir tækifærissinnaðar bakteríur sem geta verið lifrunum skaðlegar. Einnig hefur verið bent á það að við offóðrun eykst líftími fæðudýranna í kerinu og næringartapið verður meira en ella. Afleiðing offóðrunar getur því hæglega orðið sú að draga úr vexti og lifun hjá lifrunum. Það er því ráðlegt að gefa einungis hæfilegt magn fæðudýra og dreifa gjöfinni sem mest yfir birtutímann. Utan vinnutíma er hægt að fóðra með



11. mynd. Dæmi um frumfóðrun í lifrueldi á Stað árið 2004. Miðað er við sömu forsendur og í töflu 2.

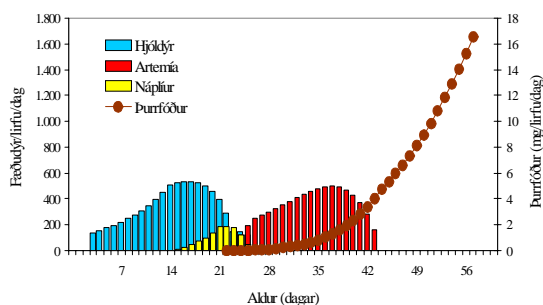
Figure 11. Typical feeding regime with live feeds and dry starter feeds at MRL in the year 2004. Based on the assumptions listed in Table 2.

sjálfvirkri dælingu úr kælitanki. Mikill þéttleiki fæðudýra er fyrst og fremst nauðsynlegur í upphafi fæðunáms en þá er líka mikilvægt að fæðan sé auðmeltanleg því að meltingarvegur lifrunnar er þröngur og viðverutími fæðunnar því afar stuttur (Stoss o.fl. 2004).

Lifrurnar stækka hratt og eftir þrjár vikur fara hjóldýrin að verða of smá til þess að fullnægja orkuþörf lifranna. Þá er byrjað að gefa örlítið magn af Artemíu með hjóldýrunum, enda er Artemían mun stærri og orkuríkari bráð. Ekki er fjarri lagi að ein auðguð Artemía samsvari 10 hjóldýrum. Artemíugjöfin er síðan aukin dag frá degi en jafnframt dregið úr hjóldýragjöf á móti, þar til henni er hætt, 4-5 vikum eftir klak (Anon. 2003b). Hægt er að gefa nýklakta Artemíu (náplíur) fyrstu dagana en á Stað er oftast notast við auðgaða Artemíu frá fyrsta degi (11. mynd). Artemíugjöfin nær hámarki 7 vikum eftir klak en einni viku síðar eru ungseiðin orðin 60 mg (þurrvig) og algjörlega komin yfir á þurrfóður.

Fæðunám lifranna eykst dag frá degi, þriggja vikna étur hún 1.200 hjóldýr á dag en 7 vikna étur hún 1.500 Artemíur á dag (11. mynd). Átta vikna ungseiði er búið að éta 40.000 fæðudýr og er farið að éta 8 mg af þurrfóðri á dag. Sökum affalla í lifrueldinu fer þó drjúgur hluti fæðudýranna til spillis og þegar upp er staðið er búið að gefa u.þ.b. 100.000 fæðudýr á hvert ungseiði.

Í bramaeldi er ferlið mjög svipað, nema hvað Artemíunáplíur eru gefnar sem aðlögun að auðgaðri Artemíu (Shields 2001, Anon. 2003d). Braminn er reyndar mjög kjaftsmár og þarf sérstaklega lítil hjóldýr fyrstu dagana (Planas & Cunha 1999). Barrinn aftur á móti, fær Artemíunáplíur með hjóldýrunum allt frá byrjun og er hættur á hjóldýrum á 23. degi, fimm dögum fyrr en braminn (Moretti o.fl. 1999). Sumir beita þó



12. mynd. Markmið í frumfóðrun í lirfueildi á Stað fyrir árið 2005.

Figure 12. Planned hatchery feeding regime at MRL for the year 2005.

svokallaðri „franskri aðferð“ í barraeldinu en hún felst í því að lirfurnar eru geymdar í myrkri í rúma viku og fara beint á Artemíunáplur án þess að fá þörungna eða hjöldýr (Chatain 1997, Shields 2001). Þessari aðferð hefur verið beitt í seiðaframleiðslu barra á Íslandi.

Þegar fóðrunartöflur fyrir barra og brama eru skoðaðar kemur í ljós að þessar tegundir ná aldrei sömu hæðum í átinu og þorskurinn og áætla má að átið verði ekki meira en 500 fæðudýr á dag, þegar það er mest. Í vel rekinni stöð er heildargjöfin líklega ekki nema u.þ.b. 25-30.000 fæðudýr á seiði. Barri og brami eru þurrfóðurvanin í 10-15 mg þurrvigti eða mun smærri en þorskeiðin á Stað. Þorskurinn nær þessari stærð á 6 vikum og það myndu því sparast mörg fæðudýr ef ungsseiðin væru vanin fyrr á þurrfóður (sjá næsta kafla).

Á næsta ári er stefnt að því að draga verulega úr fæðudýragjöf á Stað og líkja meira eftir fæðudýragjöf í bramaeldi. Artemíunáplum verður bætt á matseðilinn til þess að draga úr hjöldýragjöf, líkt og sjá má á 12. mynd.

Samkvæmt þessari áætlun nær átið hámarki í 500-600 fæðudýrum á dag (12. mynd). Hver lirfa sem lifir það að verða að ungsseiði er búin að éta 16.000 fæðudýr en vegna affalla þarf að gefa 30-40.000 fæðudýr til þess að framleiða eitt ungsseiði. Með bættri lifun ætti að vera hægt að ná þessari tölu niður í 25.000 fæðudýr á seiði, líkt og í bramaeldi. Með þessu móti væri búíð að ná fæðudýrþörf niður í 25-35% af því sem nú er. Náplur eru vissulega dýrar en á móti kemur að ekki þarf að auðga þær og jafnframt sparast mikið af hjöldýrum vegna þess að ein náplía samsvarar 5 hjöldýrum.

Með framförum í lirfueildi hefur Artemíunotkun í barra- og bramaeldi stórminnkað frá því sem áður var. Áður var algengt að það þyrfti

300 kg af Artemíu til þess að framleiða milljón seiði en núna eru margar stöðvar komnar niður fyrir 100 kg og á árinu 2001 náði grísk stöð að framleiða milljón seiði með innan við 30 kg af Artemíu (7.000 Artemíur á framleitt seiði). Vöxtur og gæði seiðanna reyndust fyllilega sambærileg við fyrri seiðaárganga (Anon. 2002). Stöðvarnar hafa náð þessum árangri með því að auka þurrfóðurgjöf. Algengt er að byrja þurrfóðurgjöfina eftir 4-5 vikur (stundum fyrr) og 8-9 vikum eftir klak eru barra- og brama-seiðin hætt á Artemíu og komin yfir þurrfóður, þegar þurrvigtin er 10-15 mg (Moretti o.fl. 1999, Shields 2001, www.inve.be).

3.3.2.8 Þurrfóðurgjöf

Það var lengi álitíð að lirfur sjávarfiska gætu ekki melt þurrfóður almennilega fyrr en maginn hefði myndast og að seiðin þyrftu ensím úr fæðudýrunum til þess að geta melt þurrfóðrið (Kolkovski o.fl. 1997). Talið var að ensímvirkni hjá ómyndbreyttum lirfum væri of lítil til þess að þær réðu við að melta þurrfóðrið, enda er þurrfóðrið með 60-90% þurrefni á meðan fæðudýrin eru einungis með 10-20% þurrefni (Kolkovski 2001). Nýlegar rannsóknir hjá IFREMER í Frakklandi hafa hins vegar leitt í ljós að lirfur barra og brama mynda flest meltingarensím þegar á lirfustigi. Próteínkljúfandi ensím eru til staðar hjá nýklöktum lirfum og lirfurnar geta strax nýtt sér próteínmeltnu (peptíð) til vaxtar. Með því að hafa hóflegt magn af peptíðum í fóðrinu hefur verið sýnt fram á bættan vöxt og lifun hjá barralirfum (Cahu & Zambonino Infante 2001). Samkvæmt rannsóknum IFREMER er kjörinnihald þurrfóðurs fyrir barralirfur, 50-60% prótín (fjórðungur próteínmeltnu) og 30% fita (helmingur fosfólípíð) (Cahu o.fl. 1999, Zambonino o.fl. 1999).

Rannsóknir á vegum IFREMER hafa sýnt að með því að blanda lifandi geri (*Debaromyces hansenii*) saman við þurrfóður er hægt að örva þroskun meltingarvegna og stuðla í senn að aukinni lifun, hraðari vexti og minni vansköpun hjá barralirfum (Tovar-Ramirez o.fl. 2004). Í þessum tilraunum, þar sem lirfurnar fengu eingöngu gerblandað fóður (hvorki þörungna né fæðudýr) í 37 daga frá klaki, náðist 46% lifun, 40 mg lífþyngd og tíðni vansköpunar var aðeins 1% (14% í samanburðarhópum). Bestur árangur hefur náðst með 1% gerblöndun í þurrfóður sem innihélt 58% prótín og 21% fitu (þar af 60% fosfólípíð). Gerið seytir *pólyamínunum* sem hafa

mikla viðloðun í þörmum lirfanna og stuðla að frumskiptingu og nýmyndun prótína. Jafnframt hraðar gerið þroskun briskirtils og eykur þannig framleiðslu á *trypsíni*. Þessar rannsóknir benda til þess að IFREMER sé á góðri leið með að framleiða fódur sem getur komið algjörlega í stað fæðudýra í lirfueldi sjávarfiska.

Gemma Micro þurrfóðrið er framleitt af Skretting (Nutreco), í samvinnu við IFREMER. Gemma Micro er s.k. örhljúpað (*microencapsulated*) fódur og hefur komið mjög vel út í fódrunartilraunum í Noregi (www.program.forskningsradet.no). Í örhljúpuðu fóðri eru vatnsleysanleg næringarefni hjúpuð prótín- eða fitu- lagi til þess að hægja á næringartapi úr fóðrinu (Stoss o.fl. 2004). Gemma Micro hefur hátt hlutfall fosfólípíða sem auðvelda meltingu fitu, mikið af próteinmeltu sem auðveldar niðurbrot próteins í aminosýrur (Cahu o.fl. 1999) og inniheldur einnig *beta-glúkana* (fjölsykrur úr gersveppum) sem örva ónæmiskerfi seiðanna. Fituhlutfallið er mjög hátt (33%), prótínlutfallið hóflegt (53%), fódrið sekkur hægt (26 sm/mínútu) og næringarefni tapast hægt í vatni. Þetta fódur hefur verið notað með góðum árangri á Stað undanfarin misseri. Fódrið er dýrt í innkaupum (900-1.500 NOK/kg) en fódurþörfin er hins vegar lítil, svo það vegur lítið í heildarkostnaði. Ýmsar aðrar fódurgerðir eru fáanlegar, svo sem Larviva frá Dana Feed og Aglo Norse frá Ewos.

Hjá þorski myndast maginn við myndbreytingu þegar lirfan er með 1,5 mg þurrvigt (Blom 1995) og 12 mm löng (Konráð Þórisson 1994, Pedersen & Falk-Petersen 1992). Rannsóknir hafa sýnt að hægt er að minnka heildar Artemíugjöf úr 20.000 Artemíum niður í u.þ.b. 7.000 Artemíur á hvert þorskseiði, án þess að tapa vexti eða lifun (Callan o.fl. 2003). Ef Artemíunni var alveg sleppt tókst að venja 8 mm lirfur (0,5 mg þurrvigt) á þurrfóður en vöxtur og lifun (7%) voru hins vegar mun lakari en þegar fódrað var með Artemíu. Baskerville-Bridges & Kling (2000b) náðu að venja allt niður 8,5 mm lirfur (0,6 mg þurrvigt) á þurrfóður og lifunin var mjög góð eða 34%. Þau seiði sem fengu Artemíu að auki í eina viku (6.000-7.000 Artemíur á hvert seiði) voru með svipaða lifun (35%) en sýndu hins vegar töluvert betri vöxt. Vöxturinn var hins vegar mjög hægur í báðum tilfellum en ekki var getið um hitastig í þessum tilraunum. Í báðum ofangreindum rannsóknaverkefnum var notast við japanska þurrfóðrið

BioKyowa sem inniheldur 57% prótín og 21% fitu.

Hjá Raunes Fiskefarm í Noregi tókst á árinu 2003 að framleiða um 200.000 þorskseiði án þess að gefa Artemíu (Anon. 2003c). Seiðin voru orðin þurrfóðurvanin á degi 35-40 eftir klak og því má áætla að meðalþurrvigt hafi verið í kringum 2-3 mg (13-14 mm). Lifun upp í eitt g var 18% en ekki er getið um vöxt seiðanna. Fódrað var með nýju vatnsfóðrunarkerfi (Micro Feeding System) og nýju þurrfóðri frá Skretting (Gemma Micro). Raunes Fiskefarm þróaði þetta fódurkerfi og hlaut fyrir vikið nýsköpunarverðlaun í Noregi árið 2004, en þessir fódur eru nú víða notaðir í Noregi og einnig á Stað (www.raunesfiskefarm.no).

Á Stað hefst þurrfóðurgjöf með vatnsfóðrunum á sama tíma og Artemíugjöfin en fyrstu tvær vikurnar er fyrst og fremst verið að venja lirfurnar við bragðið og lyktina af þurrfóðrinu. Þurrfóðurgjöfin fer síðan ört vaxandi og kornastærðin eykst í takti við vöxt lirfanna (sjá 13. mynd). Þurrfóðrið dettur af beltanfóðrara ofan í trekt vatnsfóðrarans og þylast síðan af krafti um vatnsmassann, í stað þess að fljóta lengi á yfirborðinu eða falla beint til botns undir fóðranum, ef notast er við hefðbundna fóðrara. Fódrið fær við þetta aukið flotvægi og sekkur hægar til botns í kerinu en ella. Með þessu móti margfaldast möguleikarnir á því að lirfurnar komist í tæri við þurrfóðrið. Á Stað hafa menn haldið tryggð við Artemíuna og gefið hana í bland við þurrfóðrið, þar til lirfurnar eru 8 vikna gamlar, því ekki hefur þótt ráðlegt að taka neina áhættu með kynbótaverkefnið. Með hliðsjón af þeirri öru framþróun sem nú er í



13. mynd. Vatnsfóðrari og skimari í lirfueldiskeri á Stað.

Figure 13. An automatic microfeeder and a surface skimmer in a hatchery tank at the MRL.

gangi í gerð þurrfóðurs er þó greinilega orðið tímabært að stíga það skref að draga verulega úr fæðudýragjöf í seiðaframleiðslunni.

3.3.2.9 Flutningur og flokkun

Eftir 6-8 vikna eldi er af ýmsum ástæðum orðið tímabært að flytja ungseiðin yfir í ungseiðaker. Í fyrsta lagi, er þéttleikinn þá oft orðinn mikill og því nauðsynlegt er að grisja hópinn. Í öðru lagi, er stærðardreifingin yfirleitt orðin það mikil að nauðsynlegt er að stærðarflokka og í þriðja lagi, er lirlukerið þá orðið mjög óhreint og jafnvel farið að stíflast. Á flutningsdegi er morgungjöfinni frestað og kerid hreinsað eins vel og hægt er. Að því loknu er lækkað varlega í kerinu og ungseiðin háfuð með fínmökva háfi yfir í hvítar plastfötur (10 lítra). Hver fata getur tekið allt að 3-4.000 ungseiði en aðeins í örskamma stund, á meðan fatan er borin yfir í ungseiðaeldið. Til að flýta fyrir, er hægt að smala ungseiðunum saman með fínu neti eða grind og einnig er hægt að nota fiskidælu til þess að dæla þeim beint á milli kera.

Áður en flutningurinn fer fram er búið að undirbúa tvö ker til þess að taka við ungseiðunum. Í annað kerid er settur flokkunarkassi með 2-3 mm grind, eftir aðstæðum, og ungseiðunum hellt þar í gegn. Smærri ungseiðin smjúga í gegnum grindina og dreifa sér um kerid, en þau stærri sitja föst og eru flutt yfir í hitt kerid. Með þessu móti minnkar þéttleikinn, stærðardreifingin þrengist og verulega dregur úr sjálfránshættu. Ónæmiskerfið er ennþá tiltölulega lítt þroskað á þessu stigi og því getur verið gagnlegt að baða ungseiðin með sýklalyfi fyrir flutninginn. Til þess að róa ungseiðin eftir flutninginn er gott að skyggja vatnið með þörungabykkni á meðan þau venjast hinu nýja umhverfi. Skömmu eftir flutninginn fá ungseiðin morgungjöfina og ekki líður á löngu þar til þau hafa jafnað sig að fullu. Ungseiðin vaxa mjög hratt á þessu tímabili og hafa mikla tilhneigingu til sjálfráns, þannig að ráðlegt er að stærðarflokka á tveggja vikna fresti með flokkunargrindum eða vélflokkara (sjá neðar).

3.3.3 Líffræði lirlueldis

3.3.3.1 Örveruflóra og forvarnir

Komið hefur í ljós að lirlur sjávarfiska hafa mjög fjölskrúðuga örveruflóru. Í rannsóknum á örverum í lirlueldi á barra og brama (Verdonck o.fl. 1994) greindust meira en 1.200 mismunandi bakteríustofnar. Heildarfjöldi baktería í

meltingarvegi lirlfanna var allt að 100.000 og jókst með auknum aldri lirlfanna (skoðaðar voru 0-30 daga gamlar lirlfur). Talsverður munur var á örveruflórunni í lirlfunum annars vegar, og eldisvatni og fæðudýrum hins vegar. Fjöldi *Vibrio* baktería var yfirleitt 1-10% af heildarfjöldanum en þegar hann nálgadist 100% urðu mikil afföll meðal lirlfanna. Í ljós kom að fæðudýrin báru með sér mikið af bakteríum inn í lirlfurnar enda ræktuðust allt að 10.000 bakteríur af hverju fæðudýri.

Fæðudýrin, og þá fyrst og fremst hjóldýrin, eru almennt talin vera helsta smitleið sjúkdóma í lirlueldinu (Sweetman o.fl. 1998, Ringø & Birkbeck 1999). Eftir auðgun verður *Vibrio anguillarum* oft ríkjandi í hjóldýrunum (Verdonck o.fl. 1997) og það hefur verið staðfest að mikil afföll verða í barraeldi ef þessi baktería verður ríkjandi í lirlfunum (Grisez o.fl. 1997). Rannsóknir hafa sýnt að örveruflóra fæðudýranna einkennist af hraðvaxta tækifærissinnuðum bakteríum sem blómstra í auðgunarferlinu og geta valdið dauða hjá lirlfum sjávarfiska (Perez-Benavente & Gatesoupe 1988, Nicolas o.fl. 1989, Skjermo & Vadstein 1993). Sjúkdómavarnir í lirlueldi beinast að fæðudýrunum, eldisvatninu og lirlfunum sjálfum, og má skipta í nokkra flokka:

- Þörungagjöf í fæðudýraræktun
- Hreinsun og skolun fæðudýra
- Lyfjagjöf í eldisvatni
- Lyfjabæting fæðudýra (*bio-medication*)
- Lyfjagjöf í fæðudýraræktun
- Sótthreinsun með sótthreinsiefnum
- Sótthreinsun með UV-geislun
- Sótthreinsun ræktunarvatns með óson böðun
- Örverustýring í eldisvatni (*microb. maturat.*)
- Örverustýring með fóðri (*pre-biotics*)
- Örverustýring með bakteríum (*pro-biotics*)
- Örvun ónæmiskerfis (*immunostimulation*)

Í loturæktun á hjóldýrum eru yfirleitt á bilinu 10^4 - 10^7 bakteríur/ml ræktunarvatns og allt að 10^5 bakteríur á hverju hjóldýri (Dhert o.fl. 2001). Með því að fóðra hjóldýrin með þörungum er þó hægt að halda bakteríufjölda lágum eða í kringum 10^4 bakteríur per hjóldýr (Munro o.fl. 1999). Í endurnýtingarkerfum er minna um bakteríur og samsetning flórunnar er betri (Dhert o.fl. 2001, Suantika o.fl. 2003). Í Artemíuræktun er einnig mikið um bakteríur en með þörungagjöf í fjóra tíma er hægt að minnka heildarfjölda þeirra um 75% (Olsen o.fl. 2000).

Rannsóknir hafa leitt í ljós að meirihluti bakteríanna situr á yfirborði fæðudýranna (Munro o.fl. 1993) og með vandlegri skolun með fersku og söltu vatni er hægt að skola megninu í burtu. Þessar aðferðir eru gagnlegar en skila þó ekki fullnægjandi árangri (Dhert o.fl. 2001).

Á Stað hefur sýklalyfjum (*neomycin sulphate*) verið blandað beint út í eldisvatnið með reglulegu millibili (tafla 2). Rannsóknir hafa þó sýnt að lyfjabæting fæðudýra (*biomedication*) skilar mun betri árangri en lyfjagjöf beint út í eldisvatnið (Dixon o.fl. 1995, Kast-ritsis 1998) og lyfin (t.d. *oxytetracycline* og *oxólínsýra*) eru mælanleg í lirlunum skömmu eftir fódruun með lyfjabættum fæðudýrum (Chair o.fl. 1991). Jákvæð áhrif lyfjabætingar hafa verið staðfest með rannsóknum á sandhverfu-, barra- og bramalirlum (Chair o.fl. 1995, Robles o.fl. 1998) og sýnt hefur verið fram á að lyfjamengunin verður allt að 200 sinnum minni en við lyfjagjöf í eldisvatni. Það hefur hins vegar ekki gefið góða raun að beita lyfjabætingu sem fyrirbyggjandi meðferð og lyfjagjöf áður en vart verður við sýkingu virðist hafa skaðleg áhrif á lirlurnar (Kastritsis 1998).

Með sýklalyfjum er hægt að minnka fjölda baktería í fæðudýraræktun um meira en 90% (Perez-Benavente & Gatesoupe 1988). Árangurinn virðist þó vera mjög misjafn og jafnvel er talið að sýklalyf geti dregið úr upptöku hjóldýranna á HUFÁ fitusýrum (Hernandes-Cruz 1995). Óhófleg notkun sýklalyfja getur haft þær afleiðingar að upp komi ónæmir bakteríustofnar og að tækifærissýklar eigi auðveldara uppdráttar (Dhert o.fl. 2001). Það virðast allir vera sammála um mikilvægi þess að draga úr notkun sýklalyfja í lirlueldinu eins og kostur er (Shields 2001).

Með notkun sótthreinsiefna er hægt að drepa allt að 99% af bakteríunum í Artemíurækt (Dehasque o.fl. 1998). Artemían er afar harðger og þolir sótthreinsiefnin vel en það sama verður ekki sagt um hjóldýrin (Ringø & Birkbeck 1999). Hjóldýrin þola flest sótthreinsiefni illa en þó hefur náðst ágætur árangur með efninu *Chloramin-T* (60 ppm í 30 mínútur) sem nægir til að drepa flesta sjúkdómsvalda á auðguðum hjóldýrum (Sweetman 1998). Fullyrt er að meðhöndlun með Micro Control Rich dugi til að drepa 99% af öllum bakteríum, á öllum stigum lirlueldis. Efnið oxar allar gram-neikvæðar og gram-jákvæðar bakteríur, er umhverfisvænt og eyðist á 48 tímum eftir notkun (www.rich.gr).

Hægt er að sótthreinsa hjóldýr með UV-geislun, án þess að það hafi neikvæð áhrif á hjóldýrin eða næringargildi þeirra. Í rannsóknum Munro o.fl. (1999) voru geisluð 300.000 hjóldýr á mínútu og eftir sátu 300-600 bakteríur per hjóldýr. Þær bakteríur sem lifðu geislunina af voru sennilega í meltingarvegi hjóldýranna, í skjóli frá geisluninni. Í eldistilraunum með sandhverfulirlur náðist mun betri lifun ef notuð voru geisluð hjóldýr og á fjórða degi eftir klakræktuðust sjöfalt færri bakteríur úr þörmum lirla sem fengu geisluð hjóldýr. Samkvæmt Munro o.fl. (1994) er það lyklatríði fyrir lifun í lirlueldi sandhverfu að þarmaflóran byggist hægt upp.

Í endurnýtingarkerfum fyrir hjóldýr er hægt að auka vatnsgæði og fækka bakteríum með því að meðhöndla hringrásarvatnið með ósoni (Suantika o.fl. 2001). Tolomei o.fl. (2003) sýndu fram á að með ósonböðun er hægt að drepa bakteríur í Artemíurækt, án þess að skaða Artemíuna. Ósonið drepur ekki bakteríur í meltingarvegi Artemíunnar en hægt er að skola þeim út með þörungafóðruun (Olsen o.fl. 2000). Með 4 ppm ósonbaði í 5 mínútur í kjölfar þörungafóðruunar í 6 tíma, náðist 99,5% minnkun í heildar bakteríufjölda. Á móti kemur að við þörungagátið missir Artemían næringargildi að hluta til.

Rannsóknir hafa sýnt að hægt er að hafa áhrif á tegundasamsetningu örveruflórunnar með ýmsum hætti (örverustýring). Með því að sía eldisvatn og veita því í gegnum lífhreinsi er hægt að mynda æskilega örveruflóru í eldiskerinu (*microbial maturation*) áður en lirlurnar eru settar út (Skjermo o.fl. 1997, Skjermo & Vadstein 1999). Með því að blanda ákveðnum efnum (*pre-biotics*) út í fóðrið er hægt að stuðla að fjölgun æskilegra baktería í meltingarvegi og draga úr líkum á því að tækifærissýklar verði þar ríkjandi (Rannveig Björnsdóttir 2002).

Hægt er að bæta lifandi bakteríum (*pro-biotics*) í fóður eða umhverfi fisksins í þeim tilgangi að bæta samsetningu og auka stöðugleika örveruflórunnar (Gatesoupe 1999, Olafsen 2001). Ýmsar tegundir baktería s.s. mjólkursýrugerlar hafa verið notaðar í þessum tilgangi (Gatesoupe 1994, Ringø & Gatesoupe 1998, Huys o.fl. 2001). Margar *pro-biotic* blöndur hafa nú verið settar á markað en segja má að notkun þeirra í lirlueldi þorsks sé enn á frumstigi (Shields 2001). Þó hefur tekist að finna bakteríustofn (*Vibrio proteolyticus*) sem veitir vörn gagnvart sýkingaráhrifum *Vibrio anguillarum* sem er skaðlegasta bakterían í lirlueldi

sjávarfiska. Þegar þessari bakteríu er bætt út í ræktunaræti fæðudýranna, nær hún bólfestu og fjölgar sér í meltingarvegi lirfanna og veitir þannig vörn gagnvart sýkingum af völdum *Vibrio anguillarum* (Sweetman o.fl. 1998). Vonir standa til þess að með stýringu á örveruflóru megi á komandi árum draga verulega úr notkun sýklalyfja í lirfueldi sjávarfiska (Ringø & Gatesoupe 1998).

Rannsóknir á þorsklirfum benda til þess að ónæmiskerfi þeirra sé lítt þroskað og að lirfan hafi eingöngu ósérhæfðar varnir gegn sýkingum, í stað sérvirkra mótefna (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2004). Af þessum sökum bera tilraunir til bólusetningar á lirfustigi takmarkaðan árangur og frekar hefur verið horft til þess að örva almenna starfsemi ónæmiskerfisins (Sakai 1999). Með því að blanda ýmsum ónæmisörvandi efnum svo sem ýmsum fjölsykrum eða peptíðum út í fœðrið eða eldisvatnið, er hægt að örva eða virkja átfrumustarfsemi lirfunnar (Vadstein o.fl. 1993). Sýnt hefur verið fram á jákvæð áhrif ónæmisörvunar á lifun hjá barra-lirfum (Anon. 2003a) en böðun með MacroGard Aquasol (inniheldur *beta-glúkana*) hafði þau áhrif að lifun (33 dögum eftir klak) jókst úr 54% í 62%. Þegar um er að ræða stærri seiði með þroskað ónæmiskerfi má blanda ónæmisörvanum saman við bóluefnið og ná þannig fram almennri og sérvirkri örvun ónæmiskerfisins á sama tíma (Fiskeriforskning, 2004b).

3.3.3.2 Lifun í lirfueldi

Í náttúrulegu umhverfi eru lífslíkur þorsklirfu afar litlar. Sundby o.fl. (1989) áætluðu að náttúruleg afföll þorsks frá klaki fram á ungseiðastig væru að meðaltali 11,5% á dag sem samsvarar því að ein af hverjum þúsund lirfum lifi það að verða ungseiði. Við eldisaðstæður eiga lirfurnar hins vegar mun meiri möguleika. Í norskum sjávartjörnum hefur lifun fram yfir myndbreytingu verið 23% að meðaltali (hæst 42%) en lifun frá klaki til seiðis þó ekki nema 5-6% (hæst 8%) (Blom 1995). Í eldiskvíum úr plasti hefur að sögn náðst allt að 80% lifun fram yfir myndbreytingu (van der Meeren o.fl. 1994).

Í lirfueldi eru mörg dæmi um 40-60% lifun fram yfir myndbreytingu í eldistilraunum (Baskerville-Bridges & Kling 2000a, van der Meeren 2002, Puvanendran og Brown 2002). Endanleg lifun frá klaki til seiðis er yfirleitt á bilinu 15-30% (tafla 3). Hjá Port Erin Larval Rearing Centre á Mön starfar sérfræðingur með reynslu

af lirfueldi við Miðjarðarhaf og með hans þekkingu náðist 35% heildarlifun í lirfueldi þorsks á árinu 2000 (Fullerton 2001). Upphafsbéttleikinn í eldinu var reyndar aðeins 22 lirfur á lítra og eldið var lítið í sniðum. Það er þó talið líklegt að með aukinni þekkingu og reynslu eigi að vera hægt að ná svipaðri lifun í lirfueldi þorsks og í lirfueldi barra og brama eða á bilinu 30-50% (Fullerton 2001, Cachelou 2002). Í barraeldi næst reyndar yfirleitt töluvert betri lifun en í bramaeldi og hugsanlega má skýra muninn út frá mun í hrognastærð, en braminn hefur töluvert minni hrogn en barrinn (Shields 2001, Fullerton 2001). Stærð þorskrogn liggur á milli barrans og bramans og því má ef til vill búast við því að raunhæf lifun í lirfueldi þorsks geti verið nálægt 40%.

Margvíslegar ástæður geta legið að baki hinum miklu afföllum sem verða á lirfustiginu, s.s. svelti, næringarskortur, sundmagagallar, bakteríusýkingar, vansköpun, mengun, geislun, straumar, hitasveiflur og seltusveiflur (Nicolas o.fl. 1989, Purcell o.fl. 1990, Minkoff & Broadhurst 1994, Moretti o.fl. 1999). Afföllin eru mest fyrstu tvær til þrjár vikurnar en eftir það dregur mjög úr þeim (Puvanendran & Brown 1999, Puvanendran & Brown 2002). Rannsóknir hafa sýnt að lirfur sem svelta geta lifað í rúmar tvær vikur við 8°C (Yin & Blaxter 1986) og væntanlega skemur við hærri hita. Ljósstyrkur og fæðubéttleiki hafa ennfremur mjög afgerandi áhrif á lifun (Puvanendran & Brown 1999, Puvanendran & Brown 2002) og því er rökrétt að álykta að svelti eða næringarskortur sé helsta ástæðan fyrir afföllunum. Eftir að lirfurnar eru orðnar myndbreyttar eru afföllin yfirleitt nánast hverfandi en við slæmar aðstæður geta þó orðið veruleg afföll á ungseiðastigi vegna sjálfráns og sjúkdóma.

Þegar rýnt er í niðurstöður rannsókna og reynt að greina þá þætti sem virðast stuðla að góðri lifun í lirfueldi fást oft á tíðum misvísandi vísbendingar. Eitt er það sem virðist þó vera gegnumgangandi, en það er það að góð lifun og hægur vöxtur fara yfirleitt saman (tafla 3). Það er því hugsanlegt að það borgi sig að fara milliveginn í lirfueldinu og fórna einhverjum vexti fyrir lifun. Á Stað hefur heildarlifun frá klaki til seiðis verið að meðaltali 10% undanfarin tvö ár en í bestu kerunum hefur þó náðst allt að 20% lifun. Þorskseiðastöðvar í Noregi og Skotlandi virðast yfirleitt hafa verið með 10-20% lifun í framleiðslu sinni á undanföllum

árum (Anon. 2003f, Anon. 2004), en þó er erfitt að nálgast áreiðanlegar upplýsingar frá þessum aðilum. Almennt má reikna með því að lærdómstíminn sé að baki og stöðvarnar fari nú að ná sambærilegri lifun og næst í tilraunum í smáum stíl.

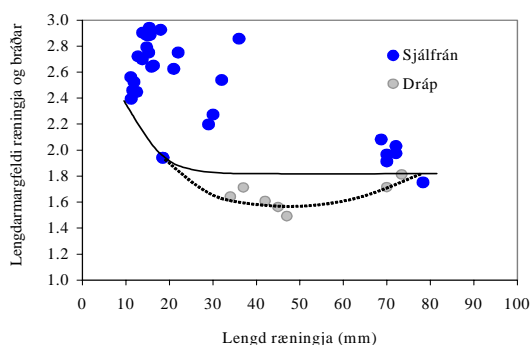
3.3.3.3 Sjálfrán

Sjálfrán (*cannibalism*) nefnist það þegar fiskur étur annan sömu tegundar (Hecht & Pinar 1993). Ýmislegt getur orðið til þess að auka líkurnar á sjálfráni innan árgangs, m.a. fæðuskortur, hár þéttleiki, mikil stærðardreifing og skortur á felustöðum (Smith & Reay 1991). Sýnt hefur verið fram á að sjálfræningjar innan árgangs geta aukið vaxtarhraða sinn og þar með samkeppnishæfni sína innan árgangsins (van Damme o.fl. 1989). Kjafstærð fískisins virðist vera takmarkandi þáttur varðandi stærð bráðar sem sjálfræningi getur gleypst í heilu lagi (Hart & Hamrin 1988, Blom & Folkvord 1997). Nokkrir aðilar hafa rannsakað lengdarhlutföll milli sjálfræningja og bráðar hjá ýmsum tegundum og mælt þann stærðarmun sem þarf til þess að sjálfrán geti orðið. Lægstu lengdarhlutföll sjálfræningja og bráðar hafa verið á bilinu 1,5-1,7 (van Densen 1985, McIntyre o.fl. 1987). Einnig hefur komið í ljós að við vissar aðstæður er mikið um það að stór seiði drepi minni seiði, án þess að ná að éta þau (Folkvord & Otterå 1993).

Á árunum 1997-1998 voru gerðar rannsóknir á sjálfráni innan árgangs (*intra-cohort cannibalism*) á Stað (Agnar Steinarsson, óbirtar niðurstöður). Rannsakað var magainnihald úr 179 lirfum og seiðum og reyndust alls 67 þeirra hafa étið samtals 332 bráðir. Stærsti ræninginn mældist 78,3 mm og sá smæsti 11,1 mm (14. mynd).

Svo virðist sem stærðarþröskuldurinn sé hærri hjá smæstu ræningjunum en lækki síðan með aukinni stærð ræningjans, nái lágmarki á milli 20 og 30 mm og haldist stöðugur eftir það (lengdarmargfeldi=1,8, þyngdarmargfeldi=6-7). Ástæðan fyrir hærri þröskuldi hjá smæstu ræningjunum gæti verið sú að þá er bráðin ennþá ómyndbreytt og hlutfallslega löng miðað við þyngd. Þegar ræninginn hefur náð 25 mm stærð hefur stærsta bráðin hins vegar náð svipuðu líkamsformi og ræninginn og þröskuldurinn náð jafnvægi.

Drápið á sér stað á tímabili þar sem ræninginn og bráðin eru að myndbreytast. Hlutfallsleg-



14. mynd. Stærðarhlutföll í sjálfráni þorsseiða. Niðurstöður úr rannsóknum á Stað árin 1997-1998. Svörtu punktarnir tákna sjálfrán en þeir gráu tákna dráp.

Figure 14. Size ratios in intra-cohort cannibalism among hatchery reared larval cod. Results from experiments conducted at the MRL in 1997-1998. Cannibalism is indicated by black symbols while predatory kills are indicated by grey symbols.

ur vöðvamassi seiðanna eykst stöðugt á þessu tímabili þ.a. ræninginn er alltaf hlutfallslega öflugri en bráðin, allt þar til bráðin verður fullþroska. Stærðarhlutföll við dráp fara lækandi með stærð ræningja og ná lágmarki við u.þ.b. 45 mm lengd ræningja sem er einmitt stærðin þar sem þorskurinn verður að fullþroska seiði (Pedersen & Falk-Petersen 1992). Lægsta þyngdarmargfeldi við dráp sem mældist í rannsóknunum var 3,5.

Stærðardreifingin í lirfueldinu er ekki mikil í byrjun en þegar líður að lokum lirfueldisins er stærðardreifingin orðin nægileg til þess að bæði sjálfrán og dráp geti átt sér stað (Kestemont o.fl. 2003). Ef ekki er stærðarflokkað nógu snemma, geta fljótlega orðið veruleg afföll vegna sjálfráns. Ofangreindar rannsóknaniðurstöður benda til þess að ráðlegt sé að stærðarflokka um leið og lengdarmargfeldi stærstu og minnstu seiða fer yfir 1,5.

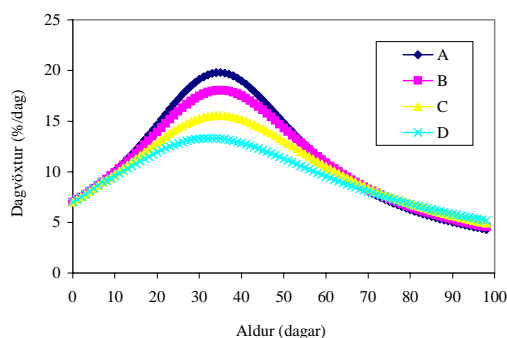
3.3.3.4 Vaxtarhraði

Í rannsóknum á Stað var í fyrsta sinn sýnt fram á það hvernig vaxtargeta og kjörhiti vaxtar hækka með vaxandi stærð þorsklirfa á lirfustigi (Agnar Steinarsson & Björn Björnsson 1999). Fóðrað var með hjóldýrum og vaxtarhraðinn varð mestur 12-13%/dag við 13°C. Erlendar rannsóknir á eldi þorsklirfa hafa yfirleitt verið framkvæmdar talsvert undir kjörhita vaxtar og þá mælist vaxtarhraðinn oft nálægt 10%/dag (Baskerville-Bridges & Kling 2000a, van der Meeren 2002, Puvanendran & Brown 2002). Í

rannsóknnum Otterlei o.fl. (1999) var fóðrað með dýrasvifi nálægt kjörhita og þar mældist vaxtarhraði á bilinu 20-25%/dag. Í norskum eldistjörnum eru heimildir um vaxtarhraða á bilinu 22-37%/dag (van der Meeren o.fl. 1994, Finn o.fl. 2002) en þar er þó nánast örugglega um talsvert ofmat að ræða vegna þess að ekki var leiðrétt fyrir stærðarháðum afföllum. Auk þess er mjög erfitt að taka slembisýni úr tjörn og líklegt að stærstu seiðin sleppi í sýnatökum og náist ekki fyrir en tjörnir er tæmd af seiðum. Að endingu má benda á það að í hinum norsku rannsóknum er vaxtarhraðinn yfirleitt reiknaður á annan hátt en almennt er gert (Kjørsvik o.fl. 2004) og gefur sú reikniáferð mörgum prósentustigum betri vöxt þegar vaxtarhraðinn er mikill.

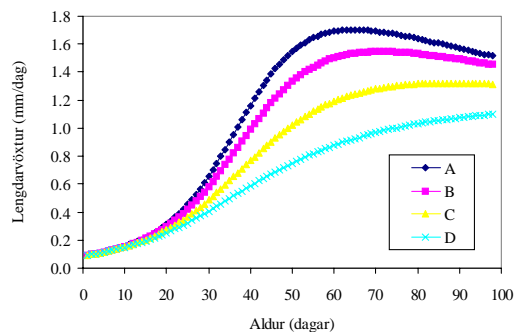
Á Stað eru tekin regluleg sýni úr lirfueldinu til þess að reikna út vaxtarhraða lirfanna. Vaxtarhraðinn mælist yfirleitt undir 10%/dag fyrstu 10 dagana en hækkar síðan stöðugt og nær hámarki rúmum mánuði eftir klak. Á árum áður var algengt að mæla mest 10-12% dagvöxt en árið 2004 var notaður hærri hitaferill en áður (hitaferill C, sjá 15. mynd) og þá mældist allt að 15-16% dagvöxtur. Með því að hækka hitann enn frekar og ala lirfurnar samkvæmt kjörhitaferli, á að vera hægt að ná vaxtarhraðanum upp í 20%/dag, eins og sjá má á 15. mynd.

Línurnar á 15. mynd benda til þess að vaxtarhraði þorsks á lirfustigi sé aldursháður, enda næst hámarksvöxtur alltaf 5 vikum eftir klak, óháð stærð lirfanna. Vaxtarhraðinn lækkar síðan aftur jafnt og þétt og línurnar renna saman á ný. Þetta gæti bent til þess að vaxtartap á lirfustigi sé í raun óafturkræft og að hægavaxta seiði séu því með varanlega skerta vaxtargetu. Samanburður á stærð árgamalla Staðarseiða frá 2001 til 2003 styður þetta, því upphafleg



15. mynd. Vaxtarhraði í lirfueldi þorsks samkvæmt fjórum mismunandi hitaferlum (sjá 10. mynd).

Figure 15. The growth rate of larval cod reared on four different temperature regimes (see Fig. 10).



16. mynd. Lengdarvöxtur í lirfueldi þorsks samkvæmt fjórum mismunandi hitaferlum (sjá 10. mynd).

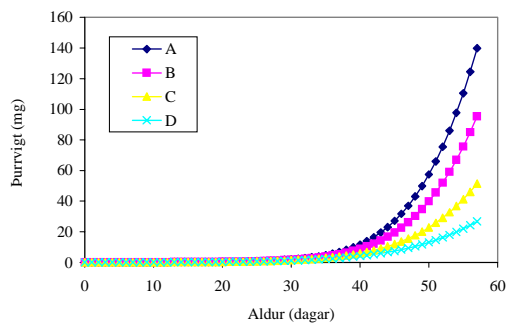
Figure 16. Daily length increment of larval cod reared on different temperature regimes (see Fig. 10).

stærðarhlutföll seiðanna hafa haldist nánast óbreytt fram að útsetningu í sjókvíar hjá Háafelli (Þórarinn Ólafsson 2004). Reynsla af áframeldi lúðuseiða hefur einnig sýnt sterkt samband á milli vaxtarhraða á lirfustigi og vaxtarhraða í áframeldi (Stoss o.fl. 2004).

Í lirfueldinu er oft handhægara að mæla frekar lengd lirfanna en þurrvig og fylgjast þannig með lengdarvextinum. Lengdarvöxturinn er aðeins um 0,1 mm á dag í upphafi en eykst síðan jafnt og þétt og getur orðið allt að 1,7 mm/dag (5 sm á mánuði) við kjörhita (16. mynd). Öfugt við þyngdarvöxtinn, er lengdarvöxturinn stærðarháður og nær hámarki þegar seiðið er 6-7 sm á lengd (2-3 g). Eftir að hámarkinu er náð dregur síðan smám saman aftur úr lengdarvextinum. Á Stað mældist lengdarvöxturinn árið 2004 mestur í kringum 1,3 mm/dag sem er svipað og sýnt er í dæmi C (16. mynd). Þetta er talsvert betri vöxtur en áður hefur mælst á Stað en myndin sýnir þó að enn er verulegt svigrúm fyrir framfarir.

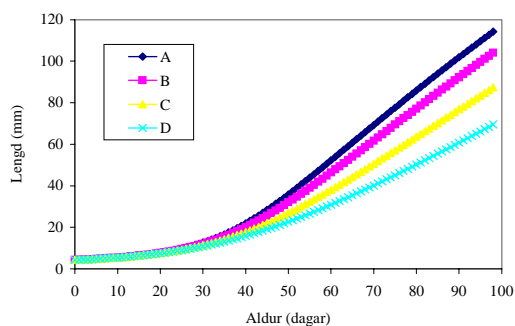
3.3.3.5 Vaxtarferlar

Til þess að átta sig betur á þýðingu eldshitanans fyrir vaxtarhraðann á lirfustiginu er gagnlegt að skoða vaxtarferlana í lirfueldinu (17. mynd). Mikill munur er á þurrvig lírfa eftir 8 vikna eldi samkvæmt mismunandi hitaferlum. Möguleg þurrvig við kjörhita er 140 mg en í dæmi D er þyngdin um 27 mg, eða um 20% af hámarksstærðinni. Mögulegur eldistími upp í þurrfóðurvanið ungsseiði (15 mg þurrvig) er allt að tveimur vikum skemmri við kjörhita (6 vikur) en við hitaferil D (8 vikur). Ef gera á samanburð á vexti seiða yfir lengra tímabil getur verið betra að skoða frekar lengdarvöxt seiðanna (18. mynd).



17. mynd. Vaxtarferlar í lirlueldi þorsks samkvæmt fjórum mismunandi hitaferlum (sjá 10. mynd).

Figure 17. Growth curves of larval cod reared on four different temperature regimes (see Fig. 10).



18. mynd. Lengdaraukning þorskseiða samkvæmt fjórum mismunandi hitaferlum (sjá 10. mynd).

Figure 18. Length increase of cod reared on different temperature regimes (see Fig. 10).

Vaxtarferlarnir endurspeglar lengdarvöxtinn á 16. mynd. Lengdin eykst hægt fyrstu 3-4 vikurnar en eftir að lirlufstugi er lokið eykst vöxturinn og ferillinn verður mun brattari. Myndbreyting lirlunnar hefst 4-5 vikum eftir klak, þegar hún hefur náð lengdinni 12 mm (Konráð Þórisson 1994, Blom 1995). Eftir það fer að skilja á milli vaxtarferla. Við 100 daga aldur er lengdin á bilinu 7-12 sm eftir hitaferlum. Lengd 100 daga Staðarseiða af árgangi 2004 var um 9 sm, líkt og í dæmi C. Það er raunhæft markmið í lirlueldi þorskseiða að ná seiðunum upp í meira en 10 sm á 100 dögum, en það á að vera hægt með því að fylgja hitaferli B. Með því að framleiða hraðvaxta seiði er búið að leggja línuna fyrir hraðan vöxt alveg upp í sláturstærð. Það er mikilvægt að reyna að ala seiðin sem næst kjörhita þangað til þau eru orðin um það bil 50 g en upp úr því fer eldshitinn að skipta hlutfallslega minna máli.

3.3.3.6 Samanburður á aðferðum í lirlueldi

Í töflu 3 má sjá samantekt upplýsinga frá ýmsum erlendum aðilum sem stunda lirlueldi þorskseiða, annaðhvort í rannsóknaskyni eða atvinnuskyni. Upplýsingar um aðferðir og árangur í lirlueldi bramaseiða eru hafðar til hliðsjónar. Í fyrstu fjórum dálkunum (A-D) eru tölur úr seiðastöðvum en í þeim sex næstu eru tölur úr eldisrannsóknum (E-J). Í síðasta dálkinum (K) eru dæmigerðar tölur úr seiðastöð sem framleiðir brama. Reynt var að staðla allar tölur miðað við 56 daga frá klaki en í flestum eldisrannsóknunum var eldistíminn ýmist styttri (E, H og I) eða lengri (F og G). Kerastærðin í þorskeldinu var einnig afar mismunandi eða allt frá 22 lítrum í 3.400 lítra. Seiðastöðvarnar sem um ræðir eru Staður (A), PELRC á Mön (B), seiðastöð í Noregi (C) og seiðastöð á Nýfundnalandi (D). Í töflunni eru tölur úr þurrfóðurtilraun (F og G), þéttleikatilraun (H), ljósatilraun (E) og hitatilraun (J). Í öllum tilfellum er um að ræða fódruun með hjóldýrum og Artemíu, nema í (G) þar sem engin Artemía var gefin og í (J), þar sem fódruað var með dýrasvifi.

Eins og sést í töflu 3 voru aðferðir talsvert breytilegar frá einum stað til annars, þó að ákveðnir þættir væru sameiginlegir. Aðferðafræðin á Stað var svipuð og víða annars staðar en árangurinn sker sig úr að ýmsu leyti. Lifun er fremur lítil en vöxturinn mjög góður og Staðarseiðin mjög stór þegar búið er að venja þau á þurrfóður. Það bendir til þess að það sé óhætt að hætta mun fyrr að gefa Artemíu en tíðkast hefur á Stað. Þegar allt er skoðað í samhengi má hugsa sér að gera töluverðar endurbætur og breytingar á aðferðum við lirlueldi á Stað. Hér fyrir neðan er listi yfir ýmislegt sem gæti komið til greina að prófa en listinn er þó engan veginn tæmandi:

- hefja fódruun degi fyrr (á degi 2 eftir klak, klakdagur er dagur 1)
- hafa jafnari birtu í öllu kerinu
- gefa lifandi þörungum í eldiskerin fyrstu vikuna (t.d. *Chlorella pykknii*)
- gefa þörungum frá fyrsta degi
- hætta sýklalyfjagjöf í eldisvatnið (lyfjabæta fæðudýrin ef þörf krefur)
- halda hitastigi í 7-8°C fyrstu 7 dagana (kviðpoki, sundmagi, þarmaflóra)
- auka ljósstyrk hraðar og fara upp í 1.000 lux (auka fæðunámið)

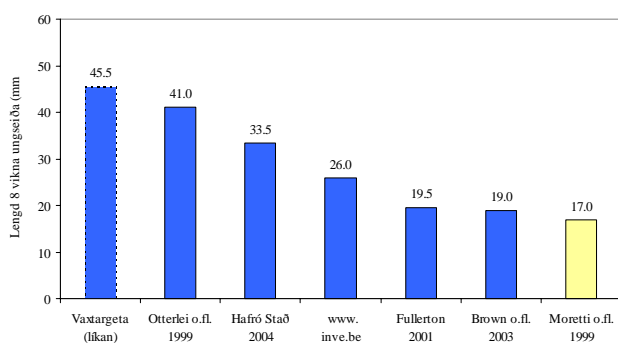
- minnka ljósstyrk aftur í 500 lux á degi 20 (lirfurnar sjá nú betur)
- rækta hjóldýr í endurnýtingarkerfi (færri og betri bakteríur)
- gera mælingar á örveruflöru, ensíumum og næringarefnum í fæðudýrum og lirfum
- sótthreinsa hjóldýrin betur (t.d. með UV-geislun eða Micro Control)
- gefa prótínríkari hjóldýr fyrstu tvær vikurnar (úr hraðvaxta rækt)
- gefa smærri hjóldýr fyrstu vikuna (*B. rotundiformis*)
- gefa hjóldýr oftari yfir daginn og einnig á kvöldin
- prófa 20:4 ljósloft (lirfurnar spara orku, myrkur/rökkur frá kl. 3-7)
- gefa hágæða þurrfóður úr vatnsfóðrara frá degi 8
- nota þroskað eldisvatn (bæta *pro-biotic* bakteríum í kerði)
- baða með ónæmisörva á degi 4 og 10 eftir klak (t.d. MacroGard Aquasol)
- hafa tvo góða skimara í hverju kerfi
- sótthreinsa Artemíu betur (t.d. með UV-geislun)
- gefa Artemíunáplúr í eina viku (spara hjóldýr)
- hætta Artemíugjöf tveimur vikum fyrr (6 vikum eftir klak, spara Artemíu)

Einn besti mælikvarði á árangur í lirfueldinu er vaxtarhraði seiðanna. Í töflu 3 sést að vaxtarhraði er mjög mismunandi eða allt frá 6,5 upp í 13,7%/dag (12,2%/dag á Stað). Allt að fimmfaldur munur er á lengdarvexti eða allt frá 0,12 upp í 0,64 mm/dag (0,53 mm/dag á Stað). Vegna hins mislanga eldistíma er þó erfitt að bera saman vaxtarhraða og betra að bera saman seiðastærð við lok lirfueldisins (19. mynd).

Fremsta súlan á 19. mynd sýnir áætlaða hámarksstærð 8 vikna ungseiða samkvæmt fyrr-

nefndu reiknilíkani en eins og myndin ber með sér eru rauntölur úr eldisstöðvum og rannsóknum almennt mun lægri. Otterlei o.fl. (1999) framleiddu stærstu seiðin (130 mg þurrvigt) en þar var um að ræða eldi í lágum þéttleika við 14°C og fóðrun með söfnuðu dýrasvifi. Þarna fór saman hátt hitastig, orkuríkt fóður, góður vöxtur og góð lifun (30%). Staðarseiðin koma þar næst á eftir (56 mg þurrvigt) með góðan vöxt við hátt hitastig en mun lakari lifun. Við hátt hitastig eykst orkuþörf lirfanna mikið og neikvæður orkubúskapur getur dregið lirfuna fljótt til dauða. Það er því hugsanlegt að ræktuð fæðudýr séu ekki nægilega orkurík til þess að fullnægja orkuþörf lirfanna við hátt hitastig. Einnig er hugsanlegt að óhagstæð skilyrði (eins og of lítill ljósstyrkur) standi fæðunámi lirfanna fyrir þrifum.

Hjá öðrum framleiðendum á 19. mynd er seiðastærðin miklu minni en á Stað (18, 9 og 8 mg þurrvigt) en lifunin hins vegar talsvert betri. Þetta gæti bent til þess að þarna sé meðvitað verið að fórna vexti fyrir lifun. Það er hins vegar óvíst að þetta sé skynsamlegt því margt bendir til þess að með því að halda vaxtarhraðanum niðri í lirfueldinu sé í raun verið að skerða vaxtargetu seiðanna varanlega. Rannsóknir hafa bent til þess að möguleg hámarksstærð þorsks ráðist í raun af vaxtarhraða á lirfustigi (Kjørsvik o.fl. 2004). Í ljósi þess að hroгнаöflun verður seint talin flöskuháls í þorskeldi er því sennilega óráðlegt að fórna vexti fyrir lifun (Stoss o.fl. 2004). Miðað við 80% klak og 25% lifun þarf 50 milljónir frjóvgaðra hroгна til þess að framleiða 10 milljónir þorskseiða. Þetta samsvarar um 85 lítrum af hroგnum á ári eða rúmunum 20 lítrum fjórum sinnum á ári. Þetta er í raun það lítið magn af hroგnum að það breytir nánast engu fyrir stóra seiðastöð þó að hægt væri að komast af með færri hroგn. Takmarkið er þó að sjálfsögðu það að ná bæði góðri lifun og góðum vexti hjá seiðunum.



19. mynd. Lengd alinna þorskseiða við 8 vikna aldur. Fremsta súlan sýnir lengd við kjörhita samkvæmt reiknilíkani á Stað og síðasta súlan sýnir lengd bramaseiða í dæmigerðri seiðastöð við Miðjarðarhaf.

Figure 19. Length of hatchery reared cod fry at 8 weeks posthatch. The first bar represents length at optimal temperature, according to MRL's growth model, while the last bar represents the length of hatchery reared sea bream (*Sparus aurata*) from a typical Mediterranean hatchery.

Í bæklingi frá Dana Feed (Anon. 2004) er tekið dæmi um venjulega þorskeldastöð í Noregi, sem er með 10% meðallifun í lirlueldi þorsks en það er athyglisvert að seiðin vaxa mun hægar en Staðarseiðin og vega aðeins um 20% af þyngd Staðarseiðanna við 75 daga aldur. Það er einnig áberandi að bramaseiðin vaxa mun hægar en Staðarseiðin. Þurrvgigt 8 vikna bramaseiða er yfirleitt um 10 mg (Moretti o.fl. 1999) en Staðarseiðin eru um fimmfalt þyngri. Ástæðan fyrir hægum vexti gæti verið sú bramaseiðin eru alin langt undir kjörhita vaxtar. Samkvæmt upplýsingum frá Inve (www.inve.be) dregur úr lifun hjá brama og barra fyrir ofan 20°C, vegna aukinnar tíðni vansköpunar og bakteríusýkinga. Sandhverfulirfur njóta sín hins vegar mjög vel við kjörhita og eru í algjörum sérflokkum hvað varðar vaxtargetu á lirlufstigi. Vaxtarhraði sandhverfu getur orðið allt að 40% á dag á lirlufstigi og hún getur náð allt að 200 mg þurrvgigt á 6 vikum frá klaki (Olsen 1997, Olsen o.fl. 2004).

3.3.3.7 Framleiðni í lirlueldi

Framleiðni á rúmmálseiningu lirlueldis er afgerandi þáttur varðandi framleiðslukostnað í seiðaframleiðslu. Ýmislegt getur stuðlað að aukinni framleiðni í lirlueldinu. Í fyrsta lagi aukinn þéttleiki, í öðru lagi bætt lifun og í þriðja lagi hraðari vöxtur. Með meiri vaxtarhraða stýttist eldistíminn og hægt verður að nýta aðstöðuna oftár á hverju ári, ef aðgengi er að hrognum árið um kring. Á Stað hefur framleiðnin úr lirlueldinu verið að meðaltali 6 ungsseiði á hvern lítra lirlueldisrýmis undanfarin tvö ár. Í bestu kerunum hefur þó tekist að framleiða allt að 10-12 ungsseiði á lítra. Það er fyllilega raunhæft markmið að stefna að því að framleiða 25 seiði á lítra, með því að auka þéttleikann upp í 100 lirlur á lítra og lifun upp í 25%. Í barra- og bramaeldi virðist framleiðnin vera að meðaltali 50-60 seiði á lítra, þó að dæmi séu um allt að 80 seiði á lítra (Anon. 2002).

Ef gert er ráð fyrir því að framleiða 25 seiði á lítra, fjórum sinnum á ári, væri framleiðnin komin upp í 100 seiði á lítra eldisrýmis. Með slíkum afköstum gæti stöð með 40 m³ lirlueldisrými, eins og eldisstöðin á Stað, framleitt fjórar milljónir seiða á ári, ef hún væri lögð algjörlega undir framleiðslu þorskelda. Í stöð með 100 m³ lirlueldisrými (30 ker eins og á Stað) væri hægt að framleiða 10 milljónir seiða á ári sem gætu gefið af sér allt að 30-40.000 tonn af eldisþorski.

Arðsemiskýrslur benda til þess að seiðastöðvar þurfi að framleiða a.m.k. 6 milljónir seiða á ári til þess að ná fullri stærðarhagkvæmni. Samkvæmt íslenskri úttekt (Björn Gíslason 2002) er framleiðslukostnaðurinn 21 króna á seiði í stöð sem framleiðir fjórar milljónir seiða en með því að auka framleiðsluna um 50% lækkar kostnaðurinn niður í 16 krónur. Ef síðan er gert ráð fyrir raunhæfum framförum í lifun (aðeins var reiknað með 12,5% lifun) og minni fæðudýrabörf er kostnaðurinn kominn niður í um það bil 10 krónur á seiði. Ef reiknað er með 20% vanáætlun í kostnaði gæti verið raunhæft að tala um kostnað upp á 12 krónur á seiði.

Kostnaður við framleiðslu tveggja g barra- og bramaseiða var af Gatland (1995) áætlaður 14-16 kr/seiði í stöð sem framleiðir 5-15 milljónir seiða á ári, en 30 krónur í stöð sem framleiðir tvær milljónir seiða á ári. Kostnaðurinn hefur hins vegar farið lækkandi og samkvæmt Cachelou (2002) er framleiðslukostnaðurinn um 13 krónur á seiði í stöð sem framleiðir 10 milljónir tveggja g bramaseiða á ári. Orkukostnaður var metinn sem 12% af framleiðslukostnaði (Gatland 1995), sem skýrist af því að stöðvarnar þurfa að hita eldisvatnið með olíu eða rafmagni úr 8-15°C upp í 20°C (Shields 2001). Þessi samanburður bendir til þess að Íslendingar geti verið fyllilega samkeppnisfærir við önnur lönd á sviði seiðaframleiðslu.

3.4 Ungseiðaeldi

3.4.1 Tæki og búnaður

Á Stað er ungsseiðaeldið framkvæmt í tólf ferhyrindum eldiskerum úr trefjaplasi. Kerin eru 200 sm í þvermál efst, 110 sm djúp við miðju og eldisrýmið er u.þ.b. 3,5 m³. Kerin eru græn að innan en að öðru leyti eru þau að mestu sambærileg við lirluker, hvað varðar lagnir og annan búnað. Helsti munurinn er sá að í þessum kerum er engin botnskafa og aðeins einn miðlægur lampi fyrir ofan kerid. Auk þess er sjálfvirkur fóðrari fyrir ofan hvert ker og eru allir fóðrararnir tengdir miðlægri stjórnstöð.

3.4.2 Framkvæmd ungsseiðeldis

Gert er ráð fyrir að ungsseiðaeldið taki sex vikur og að á þeim tíma vaxi seiðin úr 0,3 í 5 g (tafla 4) og sé dýft í bólufni tvisvar sinnum á tímabilinu. Reiknað er með því að flokka seiðin eftir þrjár vikur en þá hefur lífmassinn fimm-

Tafla 4. Framkvæmd ungskeiðaldis á Stað árið 2004.

Table 4. The nursery protocol at the MRL in the year 2004.

Aldur (dagar)	Hiti (°C)	Seiðastærð (mm)	(g)	Lífmassi (kg)	Þéttleiki (stk/m ³)	(kg/m ³)	Vöxtur (%/dag)	Fóður-stuðull	Át (%/dag)	Gjöf (kg/dag)	Rennsli (l/mín)
57	14,3	34,6	0,32	5,5	5.000	1,6	11,3	0,66	7,4	0,41	12,4
58	14,3	35,8	0,35	6,1	5.000	1,7	11,0	0,66	7,2	0,44	13,5
59	14,3	36,9	0,39	6,7	5.000	1,9	10,8	0,66	7,1	0,48	14,5
60	14,3	38,1	0,42	7,4	5.000	2,1	10,5	0,66	6,9	0,51	15,6
61	14,3	39,3	0,47	8,2	5.000	2,3	10,3	0,66	6,8	0,55	16,8
62	14,3	40,5	0,51	8,9	5.000	2,6	10,1	0,66	6,6	0,59	18,0
63	14,3	41,8	0,56	9,8	5.000	2,8	9,8	0,66	6,5	0,64	19,3
64	14,2	43,0	0,61	10,7	5.000	3,1	9,6	0,66	6,4	0,68	20,6
65	14,2	44,3	0,67	11,6	5.000	3,3	9,4	0,66	6,2	0,73	21,9
66	14,2	45,5	0,72	12,7	5.000	3,6	9,2	0,66	6,1	0,77	23,3
67	14,2	46,8	0,79	13,7	5.000	3,9	9,0	0,67	6,0	0,82	24,8
68	14,2	48,0	0,85	14,9	5.000	4,3	8,8	0,67	5,9	0,87	26,2
69	14,1	49,3	0,92	16,1	5.000	4,6	8,6	0,67	5,8	0,93	27,8
70	14,1	50,6	0,99	17,4	5.000	5,0	8,4	0,67	5,6	0,98	29,3
71	14,1	51,9	1,07	18,8	5.000	5,4	8,2	0,67	5,5	1,04	31,0
72	14,1	53,2	1,15	20,2	5.000	5,8	8,1	0,67	5,4	1,10	32,6
73	14,0	54,5	1,24	21,7	5.000	6,2	7,9	0,67	5,3	1,16	34,3
74	14,0	55,8	1,33	23,3	5.000	6,7	7,7	0,67	5,2	1,22	36,0
75	14,0	57,1	1,43	25,0	5.000	7,1	7,6	0,68	5,1	1,28	37,8
76	13,9	58,4	1,53	26,7	5.000	7,6	7,4	0,68	5,0	1,34	39,6
77	13,9	59,7	1,63	28,5	5.000	8,2	7,3	0,68	4,9	1,41	41,5
78	13,9	61,0	1,74	18,3	3.000	5,2	7,1	0,68	4,9	0,89	26,0
79	13,9	62,3	1,85	19,5	3.000	5,6	7,0	0,68	4,8	0,93	27,1
80	13,8	63,6	1,97	20,7	3.000	5,9	6,8	0,68	4,7	0,97	28,3
81	13,8	64,9	2,10	22,0	3.000	6,3	6,7	0,69	4,6	1,01	29,5
82	13,8	66,2	2,22	23,3	3.000	6,7	6,6	0,69	4,5	1,06	30,7
83	13,7	67,6	2,36	24,8	3.000	7,1	6,4	0,69	4,4	1,10	31,9
84	13,7	68,9	2,50	26,2	3.000	7,5	6,3	0,69	4,4	1,15	33,1
85	13,7	70,2	2,64	27,7	3.000	7,9	6,2	0,69	4,3	1,19	34,4
86	13,6	71,5	2,79	29,3	3.000	8,4	6,1	0,70	4,2	1,24	35,7
87	13,6	72,9	2,94	30,9	3.000	8,8	6,0	0,70	4,2	1,29	36,9
88	13,6	74,2	3,10	32,6	3.000	9,3	5,9	0,70	4,1	1,34	38,2
89	13,5	75,5	3,27	34,3	3.000	9,8	5,8	0,70	4,0	1,39	39,5
90	13,5	76,8	3,44	36,1	3.000	10,3	5,7	0,70	4,0	1,44	40,9
91	13,5	78,1	3,62	38,0	3.000	10,8	5,6	0,70	3,9	1,49	42,2
92	13,4	79,5	3,80	39,9	3.000	11,4	5,5	0,71	3,9	1,54	43,5
93	13,4	80,8	3,98	41,8	3.000	12,0	5,4	0,71	3,8	1,59	44,9
94	13,4	82,1	4,18	43,9	3.000	12,5	5,3	0,71	3,7	1,64	46,3
95	13,4	83,4	4,38	45,9	3.000	13,1	5,2	0,71	3,7	1,70	47,6
96	13,3	84,7	4,58	48,1	3.000	13,7	5,1	0,71	3,6	1,75	49,0
97	13,3	86,1	4,79	50,3	3.000	14,4	5,0	0,72	3,6	1,80	50,4
98	13,3	87,4	5,00	52,6	3.000	15,0	4,9	0,72	3,5	1,86	51,8



20. mynd. Ungskeiðaldisker í eldisstöðinni á Stað.

Figure 20. Nursery tanks at the MRL.

faldast og þéttleikinn er kominn í 8,2 kg/m³. Til samanburðar má geta þess að í barra- og bramaeldi eru dæmi um allt að 15 kg/m³ fyrir seiði af

þessari stærð (www.inve.be) og frá Mön eru heimildir um allt að 11 kg/ m³ hjá tveggja g þorskeiðum (Fullerton 2001). Við flokkunina lækkar þéttleikinn aftur en á næstu þremur vikum þrefaldast hann og er kominn í 15 kg/ m³ þegar seiðin eru orðin 5 g. Í ungskeiðaldinu er lykilatriði að halda vel utan um allar tölur varðandi uppruna, fjölda og meðalstærð seiða í hverju kerri og vinna samkvæmt fóður- og vaxtartöflum fyrir þorskeiði.

Í ungskeiðaldinu er vaxtarhraðinn minni en í lirfueldinu en lífmassinn vex hins vegar mjög hratt (tafla 4). Þéttleikinn eykst að sama skapi hratt og nauðsynlegt er að grisja og stærðarflokka með reglulegu millibili. Mikilvægt er að fylgjast vel með öllum helstu umhverfisþáttum og gera daglegar mælingar á súrefni og rennsli. Ungseiðin eru undir miklu álagi vegna meðhöndlunar og því er stundum reynt að

fyrirbyggja sjúkdóma með því að gefa fóður sem örvar ónæmiskerfi seiðanna (www.inve.be). Mikilvægt er að yfirfóðra ekki því fóðurl EIFARNAR ERU GRÓÐRARSTÍA FYRIR BAKTERÍUR OG SJÚKDÓMAR Á BORD VIÐ VÍBRÍUVEIKI OG SUNDMAGASÓTT GETA AUÐVELDLEGA BLOSSAÐ UPP. Nauðsynlegt er að sópa kerin reglulega og sturta niður óhreindunum. Kerin hreinsa sig þó betur en í lirfueldinu, enda eru vatnsskiptin mun örari og ákveðinn hringstraumur í kerunum. Líkt og í lirfueldinu er afar mikilvægt að halda nákvæma eldisdagbók og gera daglegar mælingar á öllum helstu umhverfisþáttum. Nauðsynlegt er að fylgjast vel með vaxtarhraða ungseiðanna og einu sinni í viku eru nokkur seiði úr hverju kerilengdar- og þyngdarmæld.

3.4.3 Seiðagæði

Eitt helsta vandamálið sem tengist seiðaframleiðslu úr lirfueldi er að gæði seiðanna hafa ekki alltaf staðist samanburð við villt seiði, hvað varðar útlitseinkenni og vaxtargetu. Þessa galla má yfirleitt rekja til næringarlegra þátta eða umhverfisþátta á lirfustigi og því er mikilvægt að vanda vel til verka á lirfustiginu. Eldisseiðin eru stundum með útlitsgalla, svo sem hryggskökkju eða hausskökkju og einnig hefur vaxargeta eldisseiða gjarnan verið minni en villtra seiða sem eru fönguð og alin áfram. Algengasta form vansköpunar hjá eldisseiðum hefur verið hausfetta sem lýsir sér í því að haus seiðanna sveigir upp frá búknunum. Í Noregi hefur hausfettan verið mjög áberandi í seiðaframleiðslunni og dæmi eru um að 80% seiða hafi verið með þennan galla (Totland o.fl. 2004). Á Stað hefur hausfettan verið áberandi í gegnum árin en á undanförunum tveimur árum hafa seiðin verið mun betur sköpuð og verulega hefur dregið úr tíðni hausfettu meðal seiðanna.

Rannsóknir við Háskólann í Bergen hafa varpað ljósi á þá atburðarás sem leiðir til hausfettu hjá þorskseiðum (Totland o.fl. 2004). Kviðpokalirfur hafa vökvafyllta seil í stað hryggstrengs sem ekki er fullmyndaður fyrr en 50 dögum eftir klak. Fyrstu hryggjarliðirnir myndast eftir 2-3 vikur en hausfettan byrjar að myndast mun fyrr, eða aðeins einni viku eftir klak. Sveigjan virðist myndast þannig að sundmaginn þrýstir á seilina sem gefur eftir og bognar. Svo virðist sem seilinn sé á ákveðnu tímabili mjög viðkvæm fyrir þrýstingi frá nærliggjandi líffærum. Sundmaginn gegnir því hlutverki að viðhalda hlutlausu flotvægi hjá



21. mynd. Samanburður á eðlilegum og útlitsgölluðum eldisseiðum. Næstefsta seiðið er eðlilegt en hin eru með væga hausfettu.

Figure 21. Normal vs defected cod fry. The second fry from above is of normal appearance while the others show symptoms of cranial deformities i.e. "star gazers".

lirfunni og hann fyllist af lofti 5-9 dögum eftir klak við það að lirfan gleypir loft í gegnum opna loftrás. Loftrásin lokast síðan fljótlega og gaskirtillinn dælir súrefni inn og út úr sundmagnum eftir þörfum hverju sinni. Með hliðsjón af ofangreindu hafa verið settar fram ýmsar tilgátur varðandi hinar undirliggjandi ástæður hausfettunnar:

- Ofvirkur gaskirtill - sundmagi blæs út - háráðar klemmast - sundmagi lokast.
- Of mikil sundvirkni - mjólkursýrumyndun - pH lækkar - gaskirtill starfar illa.
- Yfirmettun lofttegunda - yfirmettun í sundmaga - sundmagi blæs út.
- Snöggar þrýstingsbreytingar - lóðrétt færsla upp um einn m - sundmagi stækkar um 10%.
- Útblásinn þarmur - fæða og bakteríur - vökvi og gas - þarmur þrýstir á sundmagann.
- Bakteríusýking - blóðeitrun - vökvaprýstingur fellur í seil - seil svignar.

Enn hafa ekki verið færðar sönnur fyrir neinni af tilgátunum með óyggjandi hætti. Með hliðsjón af þeirri aðferðafræði sem beitt er á Stað, verður þó að teljast nokkuð líklegt að tvær síðastnefndu tilgátur eigi við rök að styðjast, þ.e. að það séu bakteríur sem eigi sök á hausfettunni. Á undanförunum tveimur árum hefur verið unnið markvisst að því á Stað að minnka bakteríumengun í fæðudýrarækt og í kjölfarið hefur orðið miklu minna um hausfettu meðal framleiddra seiða. Þau tilfelli sem finnast eru jafnframt mun vægari en áður.

Æskilegt er að leggja mat á gæði seiðanna áður en þau eru seld til kaupenda. Þegar seiðin eru orðin 10-20 g eru útlitsgallar, ef einhverjir eru, orðnir nokkuð vel sýnilegir og því hægt að framkvæma sjónrænt gæðamat á seiðunum. Úrtak með 100-200 seiðum úr hverju kerri er sett í lítinn bala og stök seiði veidd upp úr með stóru sigti. Hvert seiði er síðan grannskoðað í sigtinu og allir sýnilegir gallar skráðir, svo sem hausskekkja, hryggskekkja, augnskaðar, kýli o.fl. Öll gölluð seiði eru tekin frá, vigtuð, lengdarmæld og ljósmynduð, ef þurfa þykir. Á Stað var framkvæmt gæðamat á árgangi 2003, sem leiddi í ljós að tíðni útlitsgalla var á bilinu 5-10% eftir framleiðsluhópum. Algengasti gallinn var væg hausfetta en hann sást í 3-8% seiðanna. Um það bil 1% var með beinvöxt á höku og 1% var með dökkan lit. Mjög lítið var um annars konar galla. Ekki var marktækur munur á stærð eða holdafari gallaðra og ógallaðra seiða (21. mynd).

Endurtekið gæðamat á sömu seiðum við 11 mánaða aldur gaf sömu niðurstöðu hvað varðar hausfettu, sem bendir til þess að tíðni hausfettu ágerist ekki þegar seiðin stækka. Það er því óhætt að álykta að gæðamat á 10-20 g seiðum gefi marktæka mynd af ásköpuðum útlitsgöllum seiðanna.

3.4.4 Flokkun og talning

Þegar ungseiðin hafa náð stærðinni 0,5 g er hægt að stærðarflokka þau með seiðaflokkunarvél. Á Stað er notast við íslenskan seiðaflokkara frá Vaka sem getur flokkað í allt að 8 stærðarflokka og afkastað allt að 50.000 ungesiðum á klukkustund (22. mynd). Yfirleitt er þó nægilegt að nota aðeins hálfa vélina og flokka í 3-4 stærðarflokka. Auðvelt er að stilla vélina og aðlaga að stærðardreifingunni hverju sinni. Innmötunin fer þannig fram að lækkað er í kerunum og ungseiðin síðan háfuð upp í rennu sem liggur að flokkaranum. Frá flokkaranum renna ungesiðin eftir rásun í plastkörfur og við hverja stærðarflokkun eru teknar þyngdarprufur úr hverjum stærðarflokki. Seiðafjöldinn er síðan reiknaður út með því að vigta körfurnar með seiðunum eða renna seiðunum í gegnum seiðateljara. Í dag gera flestir stærri kaupendur kröfu um að seiðin séu talin með seiðateljara (23. mynd).

Seiðateljarar eru af ýmsum stærðum og gerðum en algengasti teljarinn á Íslandi er Bioscanner teljarinn frá Vaka. Bioscanner teljarinn



22. mynd. Sjálfvirk stærðarflokkun á sandhverfuseiðum í eldisstöðinni á Stað. Flokkarinn hefur átta rásir en er stilltur á flokkun í þrjá stærðarflokka.

Figure 22. Automated size-grading of turbot fry at the MRL. The grader has eight channels but is set for grading into three size categories.

getur talið fisk á mjög breiðu stærðarbili eða allt frá 3 g upp í 15 kg. Fiskurinn rennur í gegnum V-laga rennu og afköstin í talningu á 50 g seiðum eru u.þ.b. 8.000 seiði per rennu á klukkustund. Vaki framleiðir einnig teljara fyrir smærri seiði (Bioscanner Micro) sem getur talið seiði á stærðarbilinu 0,2-400 g. Teljarinn byggir á tölvusjón og getur með 98% nákvæmni talið allt að eina milljón eins gramms seiði eða 200.000 stærri seiði (50 g) á klukkustund. Jafnframt getur teljarinn reiknað út meðalþyngd og stærðardreifingu seiðanna. Hafrannsóknastofnunin á svona teljara og hefur hann reynst mjög vel. Vaki framleiðir jafnframt handhægar fiskidælur sem hægt er að tengja beint við flokkara eða teljara, þannig að aldrei þurfi að háfa seiðin. Að



23. mynd. Sjálfvirk talning á þorskseiðum í Tilraunaeldisstöðinni á Stað. Teljarinn getur talið seiði allt niður í 0,2 g.

Figure 23. Automated counting of cod fry at the MRL. The Bioscanner Micro can detect and count cod fry as small as 0,2 g.



24. mynd. Þorskseiðum frá Stað dælt úr seiðaflutningabíl yfir í brunnbát á leið til Hjaltrandseyja.

Figure 24. Cod fry from the MRL being pumped onto a wellboat bound for the Shetlands.

talningu lokinni er síðan hægt að dæla seiðunum beint á flutningabíl eða eftir atvikum yfir í nýtt ker (www.vaki.com).

Við rannsóknir á seiðum getur verið nauðsynlegt að merkja einstök seiði eða seiðahópa til þess að greina þau frá öðrum seiðum. Við hópmerkingu, þar sem aðeins þarf að aðgreina einn hóp frá öðrum, er yfirleitt notast við uggaklippingu, þar sem aftasti bakugginn er klipptur af seiðinu. Seiðunum verður ekki meint af þessu og ugginn vex ekki aftur. Seiðin eru svæfð svo klippingin gangi hraðar fyrir sig. Hægt er að uggaklippa allt niður í 10 g seiði og klippa allt að 3.000 seiði/mann/dag, sem eru heldur minni afköst en í laxeldi (Sölvi Sturluson, pers. uppl.). Þorskseiðin sprikla meira en laxaseiði og bakugginn er seinklipptari en veiðiugginn á laxinum, bæði vegna stærðar og staðsetningar. Einstaklingsmerking með smáum slöngumerkjum er möguleg þegar seiðið er orðið 40-50 g og er merkinu þá skotið undir uggarót á fremsta bakugga. Einnig er hægt að merkja einstök seiði með örmerkjum sem skotið er í kviðarhol.

3.4.5 Seiðaflutningar

Flutningur á seiðum á milli stöðva er háður leyfi dýralæknis fisksjúkdóma, en að fengnu leyfi er hægt að fara að undirbúa flutning. Til að fyrirbyggja sjúkdóma í kjölfar flutnings getur verið skynsamlegt að lyfjafóðra fiskinn í nokkra daga bæði fyrir og eftir flutning en slíkt skal þó alltaf gera í nánú samráði við dýralækni. Seiðin eru svelt síðustu tvo dagana fyrir flutning og eldshitinn lækkaður niður undir 7°C til þess að hægja á efnaskiptunum. Best er að vera búinn að flokka og telja seiðin áður, svo hægt sé að

háfa þau beint upp í bílinn og draga þannig úr álagi á seiðin. Enn betra er að dæla fiskinum beint á bílinn með fiskidælu til að minnka vinnuálag.

Þéttleikinn við flutning fer eftir aðstæðum hverju sinni en getur verið allt að 80 kg/m³ fyrir 10 g seiði og allt að 110 kg/m³ fyrir 200 g seiði í allt að 10-12 tíma, ef um er að ræða sérhæfðan seiðaflutningabíl (Ragnar Hannesson, pers. uppl.). Öryggið skal þó ávallt haft í fyrirrúmi og súrefninu haldið stöðugu á bilinu 10-15 ppm. Þegar komið er á áfangastað eru seiðin látin renna af bílnum og beint yfir í eldiskerin. Þar með er ungesiðaldinu formlega lokið og seiðaeldið tekur við.

3.5 Sjúkdómar og varnir í seiðaframleiðslu

3.5.1 Víbrúveiki

Þorskurinn er viðkvæmur fyrir bakteríusýkingum og þá sérstaklega fyrir bakteríunni *Vibrio anguillarum* (nýtt heiti: *Listonella anguillarum*). Þessi baktería er ávallt til staðar í umhverfi seiðanna og getur undir vissum kringumstæðum orðið sjúkdómsvaldur, sérstaklega ef seiðin eru undir álagi. Fyrstu einkenni sýkingar eru gjarnan þau að það fer að draga úr áti en fljótlega fer að bera á seiðum með rauðan haus, rautt bakuggastæði og jafnvel tættan sporð eða útblásin augu. Ef ekkert er að gert dregur sýkingin seiðin til dauða en ef menn eru vakandi fyrir einkennum sýkingar er hægt að grípa inn í og koma í veg fyrir veruleg afföll. Víbrúveiki er sá sjúkdómur sem oftast skýtur upp kollinum í seiðaframleiðslunni og á Stað hafa orðið veruleg afföll vegna veikinnar. Á árinu 2003 drápu 10% af nýjum þorskseiðum vegna veikinnar áður en gripið var inn í með viðeigandi lyfjameðferð (Gísli Jónsson 2003).

3.5.2 Sundmagasótt

Sundmagasótt getur verið alvarlegt vandamál í lirlueldinu og getur hæglega dregið meirihluta ungesiðanna til dauða á örfáum dögum. Algengast er að sjúkdómurinn geri vart við sig 40-70 dögum eftir klak, þegar verið er að venja ungesiðin á þurrfóður (Fullerton 2001). Sjúkdómurinn lýsir sér í því að sundmaginn þenst út og seiðið flýtur upp á yfirborðið, þar sem það getur enga björg sér veitt. Í lirlueldi á brama er ljósstyrkurinn lækkaður verulega frá og með 25. degi, að sögn til þess að koma í veg fyrir sundmagasótt (www.inve.be). Á Stað var sund-

magasótt áður verulegt vandamál en á undanfórnum tveimur til þremur árum hefur lítið borið á henni í seiðaframleiðslunni.

3.5.3 Ský á auga

Þegar lítið er yfir torfu af eldisseiðum í eldiskeri, eru oft allmörg seiði sem skera sig úr að því leyti að þau eru mun dekkri en hin. Þegar betur er að gáð kemur oft í ljós að þessi seiði eru gjarnan með ský á öðru auga eða jafnvel báðum. Leiða má að því líkur að sjón þessara seiða sé ábótavant og að dökki liturinn sé aðlögun að dekkra umhverfi. Undirliggjandi ástæður eru ekki ljósar en hugsanlegt er að þetta ástand geti verið fæðutengt og t.d. stafað af histidine-skorti í fôðrinu. Einnig er mögulegt að ástæðurnar tengist umhverfisaðstæðum (m.a. útfjólubláu ljósi), miklum þéttleika, hnjaski og sníkjudýrum (Björn Björnsson 2004). Hugsanlegt er að formalínböðun geti haft fyrirbyggjandi áhrif. Sem dæmi um tíðni þessa sjúkdóms má nefna að í lok þéttleikatilraunar með árs gömul seiði á Stað, voru 3% af seiðunum við minnsta þéttleikann (u.þ.b. 20 kg/m³) með ský á auga. Tíðni sjúkdómsins fór hækkandi með auknum þéttleika og var 9% við hæsta þéttleikann (u.þ.b. 100 kg/m³) (Björn Björnsson, pers. uppl.).

3.5.4 Sníkjudýr

Í eldisumhverfi geta skapast kjörskilyrði fyrir sníkjudýr sem magnast upp og geta þá valdið fiskinum tjóni. Algengustu sníkjudýrin í þorskeldinu eru *Trichodina* og *costia* (*Ichthyobodo necator*), sem eru einfrumungar á roði og tálknunum. Mikil útbreiðsla þessara einfrumunga getur dregið úr öndunargetu fisksins og dregið verulega úr átinu en þó er sjaldgæft að þetta dragi fiskinn til dauða. Þegar þorskur er alinn þétt í kerum er nánast hægt að ganga að því sem vísu að sníkjudýr magnist upp og því er algengt að menn beiti fyrirbyggjandi formalínböðun (1:3500) einu sinni í mánuði. Sníkjudýrin geta einnig magnast upp í kjölfar flutnings eða meðhöndlunar og þá er ráðlegt að fylgjast vel með seiðunum og formalínbaða ef þörf krefur (Gísli Jónsson 2002).

3.5.5 Ýmsir sjúkdómar

Tveir bakteríusjúkdómar til viðbótar þ.e. kýlaveikibróðir (*Aeromonas salmonicida*) og hitraveiki (*Vibrio salmonicida*) hafa greinst í þorski á Íslandi, en hafa þó ekki komið upp í seiðaframleiðslunni ennþá. Íslenskt fiskeldi hef-

ur verið blessunarlega laust við veirusjúkdóma en brisdrep (*IPN*) hefur valdið miklum skaða í þorskseiðaframleiðslu í Noregi og víðar (Johansen 2004). Aðrir veirusjúkdómar sem gætu hugsanlega komið upp í þorskeldi eru taugadrep (*VNN*), veirublæðing (*VHS*) og sárasótt (*Irido-veira*) (Gísli Jónsson 2002, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir 2003).

3.5.6 Lyfjameðferð

Oxólínsýra er mest notaða bakteríulyfið í Noregi (Grave o.fl. 1999) og gagnast sérlega vel sem meðferð gegn ýmsum bakteríusýkingum (Gísli Jónsson 2002). Góður árangur hefur náðst með notkun lyfsins í þorskseiðaframleiðslu í Noregi (Samuelson & Bergh 2003). Lyfjameðferð með *oxólínsýru* hefur skilað miklum árangri gegn bæði víbrúveiki og kýlaveikibróður. Sjúkdómurinn blossar oft upp í tengslum við bólusetningu og þá er nauðsynlegt að beita lyfjameðferð (Bergh 2002). Á Stað hefur verið notast við lyfið *Aquinox vet.* sem inniheldur 50% *oxólínsýru*. Lyfinu er blandað saman við fôður og því nauðsynlegt að hefja meðferð á meðan fiskurinn er enn í þokkalegri fôðurtöku. Greining á sjúkdómum og ákvörðun um lyfjameðferð á þó alltaf að fara fram í fullu samráði við dýralækni fisksjúkdóma.

3.5.8 Bólusetning

Miðað við þau bóluefni sem framleidd hafa verið fyrir lax, er þróun á sérvirkum bóluefnum fyrir þorsk ennþá á frumstigi en miklu skiptir að til er tvístofna bóluefni gegn *Vibrio anguillarum*. Þessi baktería er tvímælalaust mesta heilbrigðisvandamálið í seiðaeldinu og því er ráðlagt að baða eða dýfa upp úr bóluefni strax á ungseiðastigi og viðhalda síðan vörninni með sprautun á seiðastigi. Bólusetningin er mánuð að ná fullri virkni og talið er að dýfing veiti minnst þriggja mánaða vörn en sprautunin minnst 6 mánaða vörn (Fiskeriforskning 2004b). Komið hefur í ljós að seiðin þurfa að hafa náð tveggja g stærð til þess að dýfingin hafi full áhrif og því virðist sem ónæmiskerfi seiðanna sé ekki orðið fullþroskað fyrr en þau ná þessari stærð (Fiskeriforskning 2004a). Bólusetning smærri seiða hefur þó einhver áhrif og mælt er með því að baða eða dýfa fyrst í stærðinni 0,5-1 g og dýfa síðan aftur í stærðinni 2-5 g (Rødseth & Tangerås 2002, Gísli Jónsson 2002, Anon. 2003e).

Á Stað hefur verið dýft upp úr bóluefninu *AlphaDip 2000* en einn lítri af þessu bóluefni nægir til þess að bólusetja 20.000 seiði af stærðinni 1-5 g. Seiðin eru háfuð upp í litla plastkörfu, karfan vigtuð og síðan dýft ofan í 15 lítra sjóbað í 30 sekúndur. Sjóbaðið inniheldur 1,5 lítra af bóluefni (1:10 þynning) og mikilvægt er að lofta baðið stöðugt með hreinu súrefni á meðan á dýfingu stendur. Þegar búið er að dýfa 30.000 seiðum er blöndunni hellt og blandað í nýtt bað.

Fyrir stærri seiðin er til tvístofna stungubóluefni gegn *Vibrio anguillarum* og *Aeromonas salmonicida* (*Alpha Ject 5200*). Hjá þorski veitir bóluefnið þó aðeins vörn gegn fyrrnefndu bakteríunni og á Keldum er verið að vinna að þróun á sérvirku bóluefni gegn þeirri síðarnefndu (Bjarnheiður Guðmundsdóttir, pers. uppl.). Við stungubólusetningu er 0,1 ml af bóluefni sprautað í kviðarhol seiðanna með stungubyssu. Seiðin þurfa að vera að minnsta kosti 20 grömm til þess að þola stungubólusetningu. Bóluefnið er í 500 ml flöskum þannig að hver flaska inniheldur 5.000 skammta. Mikilvægt er að staðsetja stunguna nákvæmlega til þess að stinga ekki í lifur seiðanna. Það hefur gefist vel að snúa kviðnum upp og stinga seiðin um það bil 5 mm skáhallt vinstra megin við gotrauf (Sölvi Sturluson, pers. uppl.). Ósvæfð seiði sprikla mikið og því er nauðsynlegt að léttsvæfa þau fyrir bólusetningu (300 ppm *phenoxyetanól*) svo að síður rifni út frá stungunni. Afköst í bólusetningu virðast vera heldur minni en við bólusetningu laxaseiða eða um það bil 500 seiði/mann/klst. Ástæðan fyrir þessum mun er sennilega meira sprikl og mýkri kviður hjá þorskinum. Þorskseiðin eru þó fljót að jafna sig eftir svæfinguna og afföll eru yfirleitt hverfandi (Gísli Jónsson 2002).

4.0 HEIMILDASKRÁ

- Abu-Rezq, T., Al-Shimmari, J. & Dias, P. 1997. Live food production using batch culture and chemostat system in Kuwait. *Hydrobiologia* 358: 173–178.
- Agnar Steinarrson & Björn Björnsson 1999. The effects of temperature and size on growth and mortality of cod. *Journal of Fish Biology* 55(Suppl. A): 100–109.
- Anon. 2002. Twin breakthroughs in seabream production. Fish Farming International, May 2002.
- Anon. 2003a. MacroGard aids seabass survival. Fish Farming International, April 2003.
- Anon. 2003b. Inve solutions in cod larval rearing. Fræðslubæklingur, 4 bls.
- Anon. 2003c. Inve solutions in seabass larval rearing. Fræðslubæklingur, 4 bls.
- Anon. 2003d. Inve solutions in seabream larval rearing. Fræðslubæklingur, 4 bls.
- Anon. 2003e. Vaksinasjon av torsk (*Gadus morhua*). Fræðslubæklingur, 13 bls.
- Anon. 2003f. Codlings avoid Artemia. Fish Farming International, July 2003.
- Anon. 2003g. Vaxtar- og fóðrunartafla frá Inve.
- Anon. 2004. Larviva hatchery feed. Kynningarbæklingur, 4 bls.
- Aragao, C., Conceicao, L.E., Dinis, M.T. & Fyhn, H. 2004. Amino acid pools of rotifers and Artemia under different conditions: nutritional implications for fish larvae. *Aquaculture* 234: 429–445.
- Arnar Jónsson 2004. Lúðveldi á Íslandi. *Ráðstefna haldin af fiskeldishópi AVS og Landssambandi fiskeldissstöðva*. Reykjavík 22. október 2004.
- Bailey, J., Pickova, J. & Alanara, A. 2004. The prerequisites for, and potential of, cod farming in Sweden. Vattenbruksinstitutionen, Sveriges Lantbruksuniversitet, 55 bls.
- Balompapueng, M.D., Munuswamy, N., Hagiwara, A. & Hirayama, K. 1997. Effect of disinfectants on the hatching of marine rotifer resting eggs of *Brachionus plicatilis* Muller. *Aquaculture Research* 28: 559–565.
- Baskerville-Bridges, B. & Kling, L.J. 2000a. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. *Aquaculture* 181: 61–69.
- Baskerville-Bridges, B. & Kling, L.J. 2000b. Early weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae onto a microparticulate diet. *Aquaculture* 189: 109–117.
- Bell, J.G., McEvoy, L.A., Estevez, A., Shields, R.J. & Sargent, J.R. 2003. Optimising lipid nutrition in first-feeding flatfish larvae. *Aquaculture* 227: 211–220.
- Bergh, Ø., 2002. Også oppdrettstorsken kommer til å bli syk. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisken og Havet*, Særnr. 3: 90–92.

- Bergljót Magnadóttir, Sigrún Lange, Agnar Steinarsson & Sigríður Guðmundsdóttir 2004. The ontogenic development of innate immune parameters of cod (*Gadus morhua* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 139B: 217-224.
- Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir 2003. Bakteríusjúkdómar í þorski og forvarnir. *Örverur og þorskur - Ráðstefna haldin í tilefni 15 ára afmælis Örverufræðifélags Íslands*. Reykjavík 28. mars 2003
- Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002. The food-unlimited growth rate of cod (*Gadus morhua* L.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 59: 494-502.
- Björn Björnsson 2004. Can UV-treated seawater cause cataract in juvenile cod (*Gadus morhua* L.)? *Aquaculture* 240: 187-199.
- Björn Björnsson, Agnar Steinarsson & Matthías Oddgeirsson 2001. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science* 58: 29-38.
- Björn Gíslason 2001. Þorskseiðaframleiðsla. Lokaverkefni í Sjávarútvegsdeild Háskólans á Akureyri. 70 bls.
- Blaxter, J.H.S. & Staines, M. 1970. Pure-cone retinae and retinomotor responses in larval teleosts. *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.* 50: 449-460.
- Blaxter, J.H.S. 1975. The role of light on the vertical migration of fish - a review. Í: G.C. Evans, R. Bainbridge & O. Rackham, (ritstj.), *Light as an Ecological Factor: Part II. The 16th Symposium of the British Ecological Society*, 26-28 March 1974, Blackwell Scientific Publ., Oxford, bls. 189-210.
- Blom, G. & Folkvord, A. 1997. A snapshot of cannibalism in 0-group Atlantic cod (*Gadus morhua*) in a marine pond. *Journal of Applied Ichthyology* 13: 177-181.
- Blom, G. 1995. Production of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in marine ponds with emphasis on the recruitment process. Doktorsritgerð frá Háskólanum í Bergen, 71 bls.
- Brooks, S, Tyler, C.R. & Sumpter, J.P. 1997. Egg quality in fish: What makes a good egg? *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7: 387-416.
- Brown, J. A., Minkoff, G. & Puvanendran, V. 2003. Larviculture of Atlantic cod (*Gadus morhua*): progress, protocols and problems. *Aquaculture* 227: 357-372.
- Cachelou, F. 2002. *What can we learn from bream?* Fyrirlestraglærur frá ráðstefnunni Sats på torsk 14-15. febrúar 2002. Bergen.
- Cahu, C.L., Zambonino Infante, J.L., Peres, A., Quazuguel, P. & Le Gall, M.M. 1998. Algal addition in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae rearing: Effect on digestive enzymes. *Aquaculture* 161: 479-489.
- Cahu, C.L., Zambonino Infante, J.L., Quazuguel, P. & LeGall, M.M. 1999. Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10-day old sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. *Aquaculture* 171: 109-119.
- Cahu, C.L. & Zambonino Infante, J.L. 2001. Substitution of live food by formulated diets in marine fish larvae. *Aquaculture* 200: 161-180.
- Cahu, C., Zambonino-Infante, J. & Takeuchi, T. 2003. Nutritional components affecting skeletal development in fish larvae. *Aquaculture* 227: 245-258.
- Callan, C., Jordaan, A. & Kling, L.J. 2003. Reducing Artemia use in the culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 219: 585-595.
- Chair, M., Dehasque, M., Sorgeloos, P., Nelis, H. & De Leenheer, A.P. 1995. Live food mediated drug delivery as a tool for disease treatment in larviculture: A case study with turbot *Scophthalmus maximus*. *Journal of the World Aquaculture Society* 26: 217-219.
- Chair, M., Romdhane, M., Dehasque, M., Nelis, H., De Leenheer, A.P., Sorgeloos, P., Lavens, P., Jaspers, E. & Ollevier, F. 1991. Live-food mediated drug delivery as a tool for disease treatment in larviculture. 2. A case study with European seabass. LARVI '91. *European Aquaculture Society. Special Publication* 15. 412-414.
- Chatain, B. 1997. Development and achievements of marine fish-rearing technology in France over the last 15 years. *Hydrobiologia* 358: 7-11.
- de Wolf, T., Dehasque, M. & Coutteau, P. 1998. Intensive hygienic Artemia production. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 98(4): 25-26.
- deGraaf, J.D. & Berlinsky, D.L. 2004. Cryogenic and refrigerated storage of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) spermatozoa. *Aquaculture* 234: 527-540.
- Dehasque, M., De Wolf, T., Candreva, P., Coutteau, P. & Sorgeloos, P. 1998. Control of bacterial input through the live food in marine fish hatcheries. Í: H. Grizel & P. Kestemont (ritstj.), *Aquaculture and Water: Fish Culture, Shellfish Culture and Water Usage*. Abstracts of Contributions Presented at the International Conference Aquaculture Europe '98, 7-10 October 1998, Bordeaux, France, *European Aquaculture Society*, Oostende (1998), bls. 66-67.
- Dhert, P., Rombaut, G., Suantika, G. & Sorgeloos, P. 2001. Advancement of rotifer culture and manipulation techniques in Europe. *Aquaculture* 200: 129-146.
- Divanach, P., Koumoundouros, G., Kentouri, M. & Cataudella, S. 1996. Abnormalities in finfish mariculture: an overview of the problem, causes and solutions. Í: B. Chatain, M. Saroglia, J. Sweetman and P. Lavens, (ritstj.), *Seabass and Seabream Culture: Problems and Prospects* Contributions and Short Communications Presented at an International Workshop, 16-18 October 1996, Verona, Italy, *European Aquaculture Society*, Oostende, bls. 45-66.
- Dixon, B.A., Van Poucke, S.O., Chair, M., Dehasque, M., Nelis, H.J., Sorgeloos, P. & de Leenheer, A.P. 1995. Bioencapsulation of the antibacterial drug sarafloxacin

- in nauplii of the brine shrimp *Artemia franciscana*. *Journal of Aquatic Animal Health* 7: 42-45.
- Evjemo, J.O. 2001. Produksjon og bruk av *Artemia* til startforing av kveitelarver. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2001. Fisken og Havet*, Særnr 3: 74-77.
- Eyjólfur Friðgeirsson 1978. Embryonic development of five species of gadoid fishes in Icelandic waters. *Rit Fiskideildar* 5(6): 1-68.
- Finn, R.N., Rønnestad, I., Van Der Meeren, T. & Fyhn, H. J. 2002. Fuel and metabolic scaling during the early life stages of Atlantic cod *Gadus morhua*. *Marine Ecology Progress Series* 243: 217-234.
- Fiskeriforskning 2004a. Vibriose - hvor tidlig kan torske- yngel vaksineres? *Fiskeriforskning. Faktaark* nr 3.
- Fiskeriforskning 2004b. Vibriovaksiner for torsk i oppdrett. *Fiskeriforskning. Temaark* nr 12.
- Folkvord, A. & Otterå, H. 1993. Effects of initial size distribution, day length, and feeding frequency on growth, survival, and cannibalism in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture* 114: 243-260.
- Fu, Y., Hada, A., Yamashita, T., Yoshida, Y. & Hino, A. 1997. Development of a continuous culture system for stable mass production of the marine rotifer *Brachionus*. *Hydrobiologia* 358: 145-151.
- Fullerton, F. 2001. Experiences with cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglofinus*) at the Port Erin Larval Rearing Centre. Ráðstefna á Hjaltrandseyjum í febrúar 2001.
- Gatesoupe, F.J. 1994. Lactic-acid bacteria increase the resistance of turbot larvae, *Scophthalmus-maximus*, against pathogenic vibrio. *Aquatic Living Resources* 7: 277-282.
- Gatesoupe, F.J. 1999. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture* 180: 147-165.
- Gatland P.J.D. 1995. Cost estimates of hatchery productions of marine fish fry in the mediterranean. Í: P. Lavens, E. Jaspers, & I. Roelants (ritstj.), *Larvi '95 - Fish and shellfish larviculture symposium. European Aquaculture Society. Special Publication* 24: 354-357.
- Gísli Jónsson 2002. *Sjúkdómar og þorskeldi*. Fyrirlestrar frá fundarferð í maí 2002. pdf-skjal á www.thorskeldi.is.
- Gísli Jónsson 2003. *Dýralæknir fisksjúkdóma*. Tilraunastöð Háskólans í Meinafræði á Keldum. Ársskýrsla.
- Gjerde, B., Terjesen, B.F., Barr, Y., Lein, I. & Thorland, I. 2004. Genetic variation for juvenile growth and survival in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 236: 167-177.
- Grave, K., Lillehaug, A., Lunestad, B.T. & Horsberg, T.E. 1999. Prudent use of antibacterial drugs in Norwegian aquaculture? Surveillance by the use of prescription data. *Acta Veterinaria Scandinavica* 40: 185-195.
- Grisez, L., Reyniers, J., Verdonck, L., Swings, J. & Ollevier, F. 1997. Dominant intestinal microflora of sea bream and sea bass larvae, from two hatcheries, during larval development. *Aquaculture* 155: 391-403.
- Grønkvær, P. & Wieland, K. 1997. Ontogenetic and environmental effects on vertical distribution of cod larvae in the Bornholm Basin, Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 154: 91-105.
- Grotmol, S., Dahl-Paulsen, E. & Totland, G.K. 2003. Hatchability of eggs from Atlantic cod, turbot and Atlantic halibut after disinfection with ozonated seawater. *Aquaculture* 221: 245-254.
- Guðrún Marteinsdóttir & Agnar Steinarsson 1996. Variation in reproductive characteristics of cod: Effects of female properties on egg and larvae. *ICES CM 1996/G:34*.
- Guðrún Marteinsdóttir & Agnar Steinarsson 1998. Maternal influence on the size and viability of Icelandic cod *Gadus morhua* eggs and larvae. *Journal of Fish Biology* 52: 1241-1258.
- Hansen, T., Karlsen, Ø., Taranger, G.L., Hemre, G.-I., Holm, J.C. & Kjesbu, O.S. 2001. Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture* 203: 51-67.
- Hart, P. & Hamrin, S.F. 1988. Pike as a selective predator. Effects of prey size, availability, cover and pike jaw dimensions. *Oikos* 51: 220-226.
- Hecht, T. & Pienaar, A.G. 1993. A review of cannibalism and its implication in fish larviculture. *Journal of the World Aquaculture Society* 24: 246-261.
- Helland, S., Terjesen, B.F. & Berg, L. 2003. Free amino acid and protein content in the planktonic copepod *Temora longicornis* compared to *Artemia franciscana*. *Aquaculture* 215: 213-228.
- Hemre, G.-I., Taranger, G. L. & Hansen, T. 2002. Gonadal development influences nutrient utilisation in cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 214: 201-209.
- Hernández-Cruz, C.M., Salhi, M., Izquierdo, M.S., Fernández-Palacios, H. & González, M.M. 1995. Effect of the addition of antibiotics to the larval rearing tanks on growth, survival and lipid composition of gilthead seabream (*S. Aurata* L.). Í: P. Lavens, E. Jaspers, & I. Roelants (ritstj.), *Larvi '95 - Fish and shellfish larviculture symposium. European Aquaculture Society. Special Publication* 24: 511-514.
- Howell, B.R. & Baynes, S.M. 2004. Abiotic factors. Í: Moksness, E., Kjorsvik, E. & Olsen, Y. (ritstj.), *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Blackwell Publishing Ltd., bls. 7-27.
- Huys, L., Dhert, P., Robles, R., Ollevier, F., Sorgeloos, P. & Swings, J. 2001. Search for beneficial bacterial strains for turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larviculture. *Aquaculture* 193: 25-37.
- Iversen, S.A. & Danielssen, D.S. 1984. Development and mortality of cod (*Gadus morhua* L.) eggs and larvae in different temperatures. Í: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness & P. Solemdal (ritstj.), *The Propagation of Cod Gadus morhua* L. *Flødevigen Rapportserie* 1: 49-65.

- Izquierdo, M.S., Fernandez-Palacios, H. & Tacon, A.G.J. 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture* 197: 25-42.
- Johansen, R. 2004. Helsenituasjonene hos marin oppdrettsfisk. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2004. Fisken og Havet*, særnr. 3: 79-87.
- Karlsen, Ø. 2004. Oppdrett av torsk. *Havbruksrapport 2004. Fisken og havet*, særnr. 3: 52-54.
- Kastritsis, C.D. & Sorgeloos, P. 1998. Oral delivery of chemotherapeutics in marine larviculture of fish. Phase 2: optimization and applications. *Third European marine science and technology conference (MAST conference)*, Lisbon, 23-27 May 1998: Project synopses Vol. 5: Fisheries and Aquaculture (AIR: 1990-94) - Selected projects from the research programme for Agriculture and Agro-Industry including Fisheries, bls. 93-96.
- Kestemont, P., Jourdan, S., Houbart, M., Mélard, C., Paspatis, M., Fontaine, P., Cuvier, A., Kentouri M. & Baras, E. 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture* 227: 333-356.
- Kjesbu, O.S. 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology* 34: 195-206.
- Kjørsvik, E. & Lønning, S. 1983. Effects of egg quality on normal fertilization and early development of the cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology* 23: 1-12.
- Kjørsvik, E., Mangor-Jensen, A. & Holmefjord, I. 1990. Egg quality in fishes. *Advances in Marine Biology* 26: 71-113.
- Kjørsvik, E. 1994. Egg quality in wild and broodstock cod *Gadus morhua* L. *Journal of World Aquaculture Society* 25: 22-29.
- Kjørsvik, E., Stene, A. & Lønning, S. 1984. Morphological, physiological and genetical studies of egg quality in cod (*Gadus morhua* L.). Í: E. Dahl, D.S. Danielssen, E. Moksness & P. Solemdal (ritstj.), *The Propagation of Cod Gadus morhua* L. *Flødevigen Rapportserie* 1: 67-86.
- Kjørsvik, E., van der Meeren, T., Kryvi, H., Arnfinnsson, J. & Kvenseth, P.G. 1991. Early development of the digestive tract of cod larvae, *Gadus morhua* L., during start-feeding and starvation. *Journal of Fish Biology* 38: 1-15.
- Kjørsvik, E., Hoehne-Reitan, K. & Reitan, K.I. 2003. Egg and larval quality criteria as predictive measures for juvenile production in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture* 227: 9-20.
- Kjørsvik, E., Pittman, K. & Pavlov, D. 2004. From fertilisation to the end of metamorphosis - Functional development. Í: Moksness, E., Kjørsvik, E. & Olsen, Y. (ritstj.), *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Blackwell Publishing Ltd., bls. 204-278.
- Kolkovski, S., Tandler, A. & Izquierdo, M.S. 1997. The effects of live food and dietary digestive enzymes on the efficiency of microdiets for seabass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture* 148: 313-322.
- Kolkovski, S. 2001. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles - implications and applications to formulated diets. *Aquaculture* 200: 181-202.
- Konráð Þórisson 1994. Is metamorphosis a critical interval in the early life of marine fishes? *Environmental Biology of Fishes* 40: 23-36.
- Laurence, G.C. 1978. Comparative growth, respiration and delayed feeding abilities of larval cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) as influenced by temperature during laboratory studies. *Marine Biology* 50: 1-7.
- Lavens, P., Merchie, G. & Sorgeloos, P. 1998. Critical review of the larval fish and crustacean feeding methods with ascorbic acid enriched diets: effects on fish and shrimp growth, stress and disease resistance. Í: *Aquaculture '98, You Can Bet on Aquaculture*. Abstracts of Contributions Presented at the Aquaculture '98 Conference of the World Aquaculture Society, Las Vegas, USA, bls. 316.
- Lavens, P. & Sorgeloos, P. (eds.) 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture *FAO Fisheries Technical Paper* 361: 1-295.
- Lee, C. 2001. Biotechnological advances in finfish hatchery production: a review. *Aquaculture* 227: 439-458.
- Lee, K. & Dabrowski, K. 2004. Long-term effects and interactions of dietary vitamins C and E on growth and reproduction of yellow perch, *Perca flavescens*. *Aquaculture* 230: 377-389.
- Lubzens, E., Gibson, O., Zmora, O. & Sukenik, A. 1995. Potential advantages of frozen algae (*Nannochloropsis* sp.) for rotifer (*Brachionus plicatilis*) culture. *Aquaculture* 133: 295-309.
- McEvoy, L.A. & Sargent, J.R. 1998. Problems and techniques of live prey enrichment. *Proceedings of the Live Feeds Session, Aquaculture Canada '98. Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 98(4): 12-16.
- McIntyre, D.B., Ward, F.J. & Swanson, G.M. 1987. Factors affecting cannibalism by pond-reared juvenile walleyes. *Progressive Fish Culturist* 49: 264-269.
- Merchie, G., Lavens, P. & Sorgeloos, P. 1997. Optimization of dietary vitamin C in fish and crustacean larvae: a review. *Aquaculture* 155: 165-181.
- Minkoff, G. & Broadhurst, A.P. 1994. Intensive production of turbot, *Scophthalmus maximus*, fry. Í: P. Lavens & R.A.M. Remmerswaal (ritstj.), *Turbot Culture: Problems and Prospects. European Aquaculture Society. Special Publication* 22: 14-31.
- Moretti, A., Pedini Fernandez-Criado, M., Cittolin, G. & Guidastrì, R. 1999. *Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream*. Vol. 1. FAO, Rome, 194 bls.
- Munro, P.D., Birkbeck, T.H. & Barbour, A. 1993. Influence of rate of bacterial colonisation of the gut of turbot larvae on larval survival. Í: H. Reinertsen, L.A. Dahl, L. Jørgensen & K. Tvinnereim (ritstj.), *Fish*

- Farming Technology*, A.A. Balkema, Rotterdam, bls. 85-92.
- Munro, P.D., Barbour, A. & Birkbeck, T.H. 1994. Comparison of the gut bacterial-flora of start-feeding larval turbot reared under different conditions. *Journal of Applied Bacteriology* 77: 560-566.
- Munro, P.D., Henderson, R.J., Barbour, A. & Birkbeck, T.H. 1999. Partial decontamination of rotifers with ultraviolet radiation: the effect of changes in the bacterial load and flora of rotifers on mortalities in start-feeding larval turbot. *Aquaculture* 170: 229-244.
- Navarro, J.C., Henderson, R.J., McEvoy, L.A., Bell, M.V. & Amat, F. 1999. Lipid conversions during enrichment of Artemia. *Aquaculture* 174: 155-166.
- Neave, D.A. 1984. The development of visual acuity in larval plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 78: 167-175.
- Nicolas, I.L., Robic, E. & Ansquer, D. 1989. Bacterial flora associated with a trophic chain consisting of microalgae, rotifers, and turbot larvae: influence of bacteria on larval survival. *Aquaculture* 83: 237-248.
- Norberg, B., Brown, C. L., Halldorsson, O., Stensland, K. & Björnsson, B. T. 2004. Photoperiod regulates the timing of sexual maturation, spawning, sex steroid and thyroid hormone profiles in the Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 229: 451-467.
- Norberg, B. & Kjesbu, O. 2002. Stamfisk torska. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2001. Fiskin og Havet*, sæmr 3: 61-63.
- Olafsen, J.A. 2001. Interactions between fish larvae and bacteria in marine aquaculture. *Aquaculture* 200: 223-248.
- Olsen, Y., Dhert, P., Planas, M., Rainuzzo, J., Reitan, K.I., Øie, G. & Lavens, P. 1999. Protein and lipid interactions in live food and their implications on turbot *Scophthalmus maximus* larval performance. Í: *Towards Predictable Quality*. Abstracts of contributions to Aquaculture Europe 99, Trondheim, Norway. *European Aquaculture Society. Special Publication* 27: 176-177.
- Olsen, Y., van der Meeren, T. & Reitan, K.I. 2004. First feeding technology. Í: Moksness, E., Kjörsvik, E. & Olsen, Y. (eds), *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Blackwell Publishing Ltd., bls. 279-336.
- Olsen, A.I., Olsen, Y., Attramadal, Y., Christie, K., Birkbeck, T.H., Skjermo, J. & Vadstein, O. 2000. Effects of short term feeding of microalgae on the bacterial flora associated with juvenile *Artemia franciscana*. *Aquaculture* 190: 11-25.
- Olsen, Y. 1997. Larval rearing technology of marine species in Norway. *Hydrobiologia* 358: 27-36.
- Otterlei, E., Nyhammer, G., Folkvord, A. & Stefansson, S. O. 1999. Temperature- and size-dependent growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): a comparative study of Norwegian coastal cod and northeast Arctic cod. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 56: 2099-2111.
- Pavlov, D., Kjörsvik, E., Refstj., T. & Andersen, Ø. 2004. Brood stock and egg production. Í: Moksness, E., Kjörsvik, E. & Olsen, Y. (ritstj.), *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Blackwell Publishing Ltd., bls. 129-203.
- Peck, M.A., Buckley, L.J., O'Bryan, L.M., Davies, E.J. & Lapolla, A.E. 2004. Efficacy of egg surface disinfectants in captive spawning Atlantic cod *Gadus morhua* L. and haddock *Melanogrammus aeglefinus* L. *Aquaculture Research* 35: 992-996.
- Pedersen, T., Eliassen, J.E., Eilertsen, K.S., Tande, K.S. & Olsen, R.E. 1989. Feeding, growth, lipid composition, and survival of larval cod (*Gadus morhua* L.) in relation to environmental conditions in an enclosure at 70° in northern Norway. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 191: 409-420.
- Pedersen, T. & Falk-Petersen, I.B. 1992. Morphological changes during metamorphosis in cod (*Gadus morhua* L.), with particular reference to the development of the stomach and pyloric caeca. *Journal of Fish Biology* 41: 449-461.
- Pepin, P., Orr, D. C. & Anderson, J. T. 1997. Time to hatch and larval size in relation to temperature and egg size in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 54(Suppl. 1): 2-10.
- Perez-Benavente, G. & Gatesoupe, F. J. 1988. Bacteria associated with cultured rotifers and Artemia are detrimental to larval turbot, *Scophthalmus maximus* L. *Aquaculture Engineering* 118: 289-293.
- Pickova, J., Dutta, P.C., Larsson, P-O. & Kiessling, A. 1997. Early embryonic cleavage pattern, hatching success and egg-lipid fatty acid composition: Comparison of cod stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 54: 2410-2416.
- Planas, M. & Cunha, I. 1999. Larviculture of marine fish: problems and perspectives. *Aquaculture* 177: 171-190.
- Purcell, J.E., Grosse, D. & Grover, J.J. 1990. Mass abundances of abnormal Pacific herring larvae at a spawning ground in British Columbia. *Transactions of the American Fisheries Society* 19: 463-469.
- Puvanendran, V. & Brown, J. A. 1999. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different prey concentrations. *Aquaculture* 175: 77-92.
- Puvanendran, V. & Brown, J.A. 2002. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture* 214: 131-151.
- Rainuzzo, J.R., Reitan, K.I. & Olsen, Y. 1997. The significance of lipids at early stages of marine fish: a review. *Aquaculture* 155: 103-115.
- Rannveig Björnsdóttir 2002. Sjúkdómar - forvarnir. *Fyrirlestur á ráðstefnunni Þorskeldi á Íslandi - Stefnunótun*, 17.-18. október 2002 í Reykholti.

- Reitan, K.I., Rainuzzo, J.R., Øie, G. & Olsen, Y. 1993. Nutritional effects of algal addition in 1st feeding of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. *Aquaculture* 118: 257–275.
- Ringø, E. & Birkbeck, T.H. 1999. Intestinal microflora of fish larvae and fry. *Aquaculture Research* 30: 73–93.
- Ringø, E. & Gatesoupe, F.J. 1998. Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture* 160: 177–203.
- Robles, R., Sorgeloos, P., Van Duffel, H. & Nelis, H. 1998. Progress in biomedication using live foods. *Journal of Applied Ichthyology* 14: 207–212.
- Rojas Garcia, C.R. 2002. *Intestinal function in marine fish larvae. Digestion and absorption of proteins and amino acids; efficiency and relation to cholecystokinin and trypsin*. University of Bergen, Department of Zoology Bergen Norway.
- Rombaut, G., Grommen, R., Zizhong, Q., Vanhoof, V., Suantika, G., Dhert, P., Sorgeloos, P. & Verstraete, W. 2003. Improved performance of an intensive rotifer culture system by using a nitrifying inoculum (ABIL). *Aquaculture Research* 34: 165–174.
- Rosenlund, G. 2002. Stamfiskförets betydning for produksjonen av egg og yngel. *Norsk Fiskeoppdrett* 27(18): 40–43.
- Rødseth, O.M. & Tangerås, A. 2002. Forebyggende helsearbeid - Muligheter og begrensninger ved bruk av vaksiner. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisken og Havet*, særnr 3: 97–100.
- Rønnestad, I., Helland, S. & Lie, Ø. 1998. Feeding Artemia to larvae of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) results in lower larval vitamin A content compared with feeding copepods. *Aquaculture* 165: 159–164.
- Rønnestad, I., Thorsen, A. & Finn, R.N. 1999. Fish larval nutrition: a review of recent advances in the roles of amino acids. *Aquaculture* 177: 201–216.
- Sakai, M. 1999. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture* 172: 63–92.
- Samuelsen, O.B. & Bergh, Ø. 2004. Efficacy of orally administered florfenicol and oxolinic acid for the treatment of vibriosis in cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 235: 27–35.
- Sargent, J., McEvoy, L., Estevez, A., Bell, G., Bell, M., Henderson, J. & Tocher, D. 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture* 179: 217–229.
- Senstad, K. 1990. Innsamling av stamtorsk. Í: Jens Christian Holm, Terje Svåsand & Vidar Wennevik (ritstj.), *Håndbok i torskoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon*. Havforskningsinstituttet, Bergen, bls. 15–16.
- Shields, R.J. 2001. Larviculture of marine finfish in Europe. *Aquaculture* 200: 55–88.
- Sigríður Guðmundsdóttir 2003. Örverur og fyrstu stig þorskeldis. *Örverur og þorskur - Ráðstefna haldin í tilefni 15 ára afmælis Örverufræðifélags Íslands*. Norrænahúsið, 28. mars 2003.
- Skjermo, J. & Vadstein, O. 1993. Characterization of the bacterial flora of mass cultivated *Brachionus plicatilis*. *Hydrobiologia* 255–256: 185–191.
- Skjermo, J. & Vadstein, O. 1999. Techniques for microbial control in the intensive rearing of marine larvae. *Aquaculture* 177: 333–343.
- Skjermo, J., Salvesen, I., Øie, G., Olsen, Y. & Vadstein, O. 1997. Microbially matured water: a technique for selection of a non-opportunistic bacterial flora in water that may improve performance of marine larvae. *Aquaculture International* 5: 13–28.
- Smith, C. & Reay, P. 1991. Cannibalism in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 1: 41–64.
- Snell, T.W. 1991. Improving the design of mass culture systems for the rotifer, *Brachionus plicatilis*. Í: W. Fulks and K.L. Main, (ritstj.), *Rotifer and Microalgae Culture Systems. Proceeding of US-Asia Workshop, Honolulu, Hawaii*, bls. 61–71.
- Sorgeloos, P., Dhert, P. & Candreva, P. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 200: 147–159.
- Stoss, J., Hamre, K. & Otterå, H. 2004. Weaning and nursery. Í: Moksness, E., Kjörsvik, E. & Olsen, Y. (ritstj.), *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Blackwell Publishing Ltd., bls. 337–362.
- Støttrup, J. 2002. Torskopdræt - forskningsresultater og kundskab om torskopdræt. *Danmarks Fiskeriundersøgelser*, 76 bls.
- Støttrup, J.G., Gravningen, K. & Norsker, N.H. 1995. The role of different algae in the growth and survival of turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.) in intensive rearing systems. *ICES Marine Science Symposium* 201: 173–186.
- Suantika, G., Dhert, P., Rombaut, G., Vandenberghe, J., De Wolf, T. & Sorgeloos, P. 2001. The use of ozone in a high density recirculation system for rotifers. *Aquaculture* 201: 35–49.
- Suantika, G., Dhert, P., Sweetman, E., O'Brien, E. & Sorgeloos, P. 2003. Technical and economical feasibility of a rotifer recirculation system. *Aquaculture* 227: 173–189.
- Sundby, S., Bjørke, H., Soldal, A. & Olsen, S. 1989. Mortality rates during the early life stages and year-class strength of northeast Arctic cod (*Gadus morhua* L.). The Early Life History of Fish. The 3rd ICES Symposium, Bergen, 3–5 October 1988. *Rapports et Procès-verbaux des Réunions Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 191: 351–358.
- Suthers I. & Sundby, S. 1996. Role of the midnight sun: comparative growth of pelagic juvenile cod (*Gadus morhua*) from the Arcto-Norwegian and a Nova Scotian stock. *ICES Journal of Marine Science* 53: 827–836.
- Sweetman, J.W., Aguilera Jimenez, C., Tordoella, J.J., Swings, J.G., Ollevier, F. & Sorgeloos, P. 1998.

- Hygiene management and disease prevention in marine fish larviculture, by the adjustment and control of the microbiological environment. *Third european marine science and technology conference (MAST conference)*, Lisbon, 23-27 May 1998: Project synopses Vol. 5: Fisheries and Aquaculture (AIR: 1990-94) -- Selected projects from the research programme for Agriculture and Agro-Industry including Fisheries, bls. 97-100.
- Tocher, D.R. & Sargent, J.R. 1984. Analyses of lipids and fatty acids in ripe roes of some northwest European marine fish. *Lipids* 19: 492-499.
- Tolomei, A., Burke, C., Crear, B. & Carson, J. 2003. Bacterial decontamination of on-grown *Artemia*. *Aquaculture* 227: 357-371.
- Totland, G. K., Kryvi, H. & Grotmol, S. 2004. Torskeyngel med "nakkeknekk" utgjør et av hovedproblemen i intensivt oppdrett i dag. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2004. Fisken og Havet*, særnr 3: 57-63.
- Tovar-Ramirez, D., Zambonino Infante, J., Cahu, C., Gatesoupe, F.J. & Vazquez-Juarez, R. 2004. Influence of dietary live yeast on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larval development. *Aquaculture* 234: 415-427.
- Vadstein, O., Øie, G., Olsen, Y., Salvesen, I. Skjermo, J. & Skjak-Bræk, G. 1993. A strategy to obtain microbial control during larval development of marine fish. Í: H. Reinertsen, L.A. Dahle, L. Jorgensen & K. Tvinnereim (ritstj.), *Fish Farming Technology*. A.A. Balkema, Rotterdam, bls. 69-75.
- Valdimar I. Gunnarsson 2004. *ICES ráðstefna um eldi þorskfiska (Gadoid Mariculture: Development and Future Challenges)*. Bergen, 13-16. júní 2004. Skjal á www.thorskeldi.is.
- van Damme, P., Appelbaum, S. & Hecht, T. 1989. Sibling cannibalism in koi carp, *Cyprinus carpio* L., larvae and juveniles reared under controlled conditions. *Journal of Fish Biology* 34: 855-863.
- van Densen, L.T. 1985. Piscivory and the development of bimodality in the size distribution of 0+ pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.). *Journal of Applied Ichthyology* 1: 119-131.
- van der Meeren, T. & Ivannikov, V. 2001. Development of intensive rearing techniques for fry production of gadoids, cod and haddock. *Fisken og Havet* 2: 1-25.
- van der Meeren, T. 1990. Torskelarvens økologi og utvikling. Í: Jens Christian Holm, Terje Svåsand og Vidar Wennevik (ritstj.) *Håndbok i torskeoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon*. Havforskningsinstituttet, Bergen, bls. 55-65.
- van der Meeren, T. 2002a. Gyting, innsamling, inkubering og klekking av egg. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisken og Havet*, Særnr. 3: 64-69.
- van der Meeren, T. 2002b. Larver og tidlig yngel. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisken og Havet*, særnr. 3: 70-73.
- van der Meeren, T. 2003. Analysis of biochemical components in copepods for evaluation of feed quality in juvenile production of marine fish. *Fisken og Havet*, 5:1-39.
- van der Meeren, T., Joerstad, K.E., Solemdal, P. & Kjesbu, O.S. 1994. Growth and survival of cod larvae (*Gadus morhua* L.): Comparative enclosure studies of northeast Arctic cod and coastal cod from western Norway. *ICES Marine Science Symposia* 198: 633-645
- Verdonck, L., Dehasque, M., Swings, J., Sorgeloos, P. & Leger, P. 1991. The microbial environment of rotifer (*Brachionus plicatilis*) and *Artemia* production systems. Í: P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jaspers and F. Ollevier, (ritstj.), *Larvi '91 - Fish and Crustacean Larviculture Symposium*, Gent, Belgium. *Special Publication European Aquaculture Society* 15: 1-398.
- Verdonck, L., Swings, J., Kersters, K., Dehasque, M., Sorgeloos, P. & Leger, P. 1994. Variability of the microbial environment of rotifer *Brachionus plicatilis* and *Artemia* production systems. *Journal of the World Aquaculture Society* 25: 55-59.
- Verdonck, L., Grisez, L., Sweetman, E., Minkoff, G., Sorgeloos, P., Ollevier, F. & Swings, J. 1997. Vibrios associated with routine productions of *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 149: 203-214.
- Yin, M.C. & Blaxter, J.H.S. 1986. Morphological changes during growth and starvation of larval cod (*Gadus morhua* L.) and flounder (*Platichthys flesus* L.). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 104: 215-228.
- Yoshimura, K., Tanaka, K. & Yoshimatsu, T. 2003. A novel culture system for the ultra-high-density production of the rotifer, *Brachionus rotundiformis* - a preliminary report. *Aquaculture* 227: 165-172.
- Zambonino Infante, J.L. & Cahu, C.L. 1999. High dietary lipid levels enhance digestive tract maturation and improve *Dicentrarchus labrax* larval development. *Journal of Nutrition* 129: 1195-1200.
- Þórarinn Ólafsson 2004. *Háafell ehf - Þorskeiði, veiðar og eldi*. Fundur á Grundarfirði 11.-12. nóvember 2004. Skjal á www.thorskeldi.is.
- Øie, G. & Olsen, Y. 1997. Protein and lipid content of the rotifer *Brachionus plicatilis* during variable growth and feeding condition. *Hydrobiologia* 358: 251-258.
- Øie, G., Makridis, P., Reitan, K.I. & Olsen, Y. 1997. Protein and carbon utilization of rotifers (*Brachionus plicatilis*) in first feeding of turbot larvae (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture* 153: 103-122.

Matfiskeldi á þorski

Valdimar Ingi Gunnarsson (valdimar@hafro.is)¹
Björn Björnsson (bjornb@hafro.is)² Jón Þórðarson³

¹Fiskeldishópur AVS,
Skúlagötu 4, 101 Reykjavík

²Hafrannsóknastofnunin,
Skúlagötu 4, 101 Reykjavík

³Auðlindadeild, Háskólinn á Akureyri,
600 Akureyri

ÁGRIP

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson & Jón Þórðarson 2004. Matfiskeldi á þorski. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 87-120.

Tvær meginleiðir eru í þorskeldi: Annars vegar föngun og eldi á villtum þorski (áframeldi) og hins vegar framleiðsla á eldisþorski allt frá klaki að markaðsstærð (aleldi). Fyrstu tilraunir með söfnun á villtum þorski til áframeldis í kvím hér á landi hófust árið 1992. Framan af var umfangið lítið en veruleg aukning varð árið 2002 með úthlutun á 500 tonna árlegum þorskeldiskvóta á fimm ára tímabili. Vegna mikillar seiðaframleiðslu (250.000) og föngunar á villtum þorskeldum (700.000) árið 2003 má búast við verulegri framleiðsluaukningu eftir 2-3 ár.

Sá umhverfispáttur sem hefur einna mest áhrif á vöxt og viðgang eldisþorsks er sjávarhiti. Kjörhiti til vaxtar, hjá þorski á stærðarbilinu 2-5000 g, lækkar með þyngd þorsksins, frá um 17°C hjá 2 g fiski niður í um 6°C hjá 5000 g fiski. Rannsóknir hafa sýnt að þorskur við Kanada myndar eins konar frostlög (glykoprótein) við lágan sjávarhita. Ekki er vitað hvort þorskur við Ísland hafi sömu eiginleika. Hægt er að auka fódurnýtingu og vöxt hjá þorski með eldi í hálfisöltum sjó en því kunna þó hugsanlega að fylgja aðrir ókostir eins og aukin tíðni sjúkdóma.

Villtur þorskur sem tekinn er í áframeldi getur borið með sér snikjudýr og sjúkdóma. Með árlegri söfnun á villtum fiski til eldis er ekki hægt að stunda kynbætur. Með kynbótum er valinn til undaneldis fiskur með hagkvæma eiginleika, svo sem mikinn vaxtarhraða og mikinn lífsþrótt. Til lengri tíma lítið mun því villtur þorskur sennilega ekki geta keppt við kynbættan eldisþorsk. Afföll hjá þorski eru mjög breytileg eftir veiðarfærum sem notuð eru við að fanga fiskinn og hafa gildirur reynst best. Þegar þorskur er fangaður á djúpu vatni eru flestir fiskanna með sprunginn sundmaga sem grær oftast innan fárra daga. Þegar mikið magn er losað í einu af fiski, sem tekinn hefur verið úr djúpu vatni, er mikilvægt að nota móttökukví með stífum botni til að koma í veg fyrir að fiskarnir kafni í netpökunum. Til að venja villtan þorsk á að taka fóður er æskilegt að hafa í sjókvíunum nokkra fiska sem búið er að venja við að taka fóður. Áður en þorskur er settur í kví er mikilvægt að leita vel að götum á nóttinni. Reynslan hefur sýnt að þorskur smýgur út um lítil göt á netpoka og er mun lagnari við það en laxinn.

Þegar horaður, villtur þorskur er tekinn í eldi má vænta meiri vaxtarhraða þar til göðum holdum er náð. Þessi vaxtarauki hefur verið nefndur uppbótavöxtur. Mikill breytileiki getur verið í vexti hjá villtum þorski í áframeldi og sumir fiskanna vaxa lítið og jafnvel léttast. Vel fóðraður eldisþorskur verður holdmeiri og með herra lifrarhlutfall en villtur þorskur. Þrátt fyrir að þekking á næringarþörf þorsks hafi aukist á síðustu árum er hún ennþá mjög takmörkuð. Í dag inniheldur fóður hátt hlutfall af próteini (48-60%) en lágt hlutfall af kolvetni (10-15%) og fitu (<15%). Erfiðlega hefur gengið að venja stóran, villtan þorsk (>50 cm) á þurrfóður. Aftur á móti hefur gengið betur að venja smá þorskseiði (0-hóp) á þurrfóður. Hér á landi hefur þorskur í áframeldi aðallega verið fóðraður með heilum fiski.

Í eldi verður þorskur fyrr kynþroska en gerist við náttúrulegar aðstæður. Þorskur í aleldi verður venjulega kynþroska við u.þ.b. tveggja ára aldur og 0,5-2,0 kg þyngd. Við kynþroska dregur úr vexti, holdastuðull lækkar og afföll aukast. Með því að hafa stöðugt og sterkt ljós í sjókvíum er hægt að seinka kynþroska um allt að sex mánuði. Áhrif þéttleika á vöxt þorsks virðast óljós og því þörf á frekari rannsóknum. Nauðsynlegt er að stærðarflokka þorsk nægilega til að koma í veg fyrir sjálfrán en ekki er mælt með því að flokka þorsk í mjög þröng stærðarbil.

Þó að hitaskilyrði við suðurströndina séu hagstæð til þorskeldis er aðeins lítið svæði við Vestmannaeyjar nægilega skjólsælt fyrir hefðbundnar sjókvíar. Við Vesturland, Vestfirði, Norðurland og Austurland er vetrarhitinn mun lægri en við suðurströndina og áætlaður vaxtarhraði þorsks því minni. Við vestanvert landið er mest hætta á skaðlegri kælingu sjávar og við norðanverða Vestfirði og á Norðurlandi er mest hætta á hafís. Vaxtarskilyrði fyrir eldisþorsk virðast nokkru lakari í íslenskum fjörðum en í helstu samkeppnislöndunum; Noregi og Skotlandi. Minni vaxtarhraði og aukin afföll vegna lengri eldistíma hækka framleiðslukostnaðinn. Því er mikilvægt að reyna að auka vaxtarhraða eldisþorsks hér við land, m.a. með kynbótum. Í samkeppnislöndunum hefur orðið var við töluverð afföll á stórum eldisþorski í heitum sumrum, þegar sjávarhiti hefur farið yfir 16°C. Aftur á móti getur lágur sjávarhiti í köldum vefrum hugsanlega valdið afföllum á eldisþorski hér við land. Í samkeppnislöndunum munu væntanlega verða sett út smá seiði í sjókvíar til að draga úr framleiðslukostnaði. Vegna erfiðra aðstæðna hér við land mun væntanlega þurfa að setja út stór seiði í sjókvíar og er því mikilvægt að lækka allan kostnað við eldi stórseiða í strandeldi. Þróa þarf framleiðsluáferðir sem henta íslenskum aðstæðum, eins og t.d. skoða hvort hagkvæmara sé að framleiða stóran þorsk á Íslandi en í samkeppnislöndunum. Þróa þarf betur eldistækni fyrir íslenskar aðstæður eins og t.d. sökkvanlegar kvíar til að koma í veg fyrir tjón af völdum rekíss og draga úr líkum á afföllum við mikla kælingu sjávar.

ABSTRACT

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson & Jon Thordarson 2004. *On-growing of cod*. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), *Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 87-120*.

There are two main methods of cod farming: one is capturing and on-growing of wild cod, the other one is production of cod from hatching to market size. The first on-growing trials with wild cod started in Iceland in 1992. For the first years the amount of cod farmed in sea cages was limited but increased greatly in 2002 when the Ministry of Fisheries decided to allocate annually for five years 500 t quota for the on-growing of cod. As a result of the large number of hatchery produced cod juveniles (250.000) and wild juvenile cod collected (700.000) in the year 2003 a large increase in the production of farmed cod is expected within three years.

Temperature is the environmental factor which seems to have the largest effect on growth and wellbeing of farmed cod. Optimal temperature for growth of cod in the size range 2-5000 g decreases with increased weight from about 17°C for 2 g cod to about 6°C for 5000 g cod. It has been found that Canadian cod produce plasma antifreeze glycoproteins at low temperatures. It is not known if Icelandic cod have the same capabilities. Growth rate and feed conversion of cod can be improved at intermediate salinities but perhaps at the expense of increased frequency of diseases.

Wild cod collected for on-growing may be infected with parasites or other diseases. If cod farming is based on on-growing of wild cod then selective breeding is not possible. However, when a brood stock is used to produce juvenile cod it is possible to select fish with useful traits, such as high growth rate and low mortality. Therefore, in the future it will most likely be more profitable to farm cod with hatchery produced juveniles than wild cod. Mortality of cod is highly variable depending on the fishing gear used to capture cod for on-growing. The mortality is lowest in the traps. When cod is captured in deep water the swim bladder usually bursts but it will heal in a few days. When cod catches are large from deep water it is important to use initially a cage with stretched bottom net to prevent the fish from suffocating in the net bag. To speed up the weaning of the recently captured fish to feeding it is desirable to have a few trained fish in the cage. Before cod is put in each cage it is necessary to look carefully for small holes in the net. Experience has shown that cod can escape through small holes, much smaller than the ones salmon will escape through.

Lean wild cod collected for on-growing can grow much faster than cod in good condition. This phenomenon has been called compensatory growth. Frequently, there is a high variability in growth rate of wild cod reared in sea cages, some of the fish may even lose weight. Normally well fed cod in sea cages will have relatively larger muscles and livers than wild cod. Even though information about the nutritional requirement of cod has increased in the last few years it is still rather limited. Presently commercial cod feed has high proportion of protein (48-60%) but low proportion of carbohydrates (10-15%) and fat (<15%). It has proven difficult to wean large wild cod (>50 cm) onto dry feed. However, it is much easier to wean juvenile cod (0-group) onto dry feed. In Iceland whole fish (mostly capelin, blue whiting, herring and sand eel) has mainly been used as feed for wild cod collected for on-growing. In sea cages cod becomes sexually mature much earlier than in the wild. Cod juveniles produced in hatcheries and transported to sea cages usually become sexually mature at two years of age and weighing 0.5-2.0 kg. At sexual maturity growth rate and condition factor will go down and mortality up. With strong and continuous underwater light in sea cages it is possible to delay the onset of sexual maturity for up to six months. The effects of stocking density on growth rate of cod are not clear and therefore more research is needed on this topic. It is necessary to size grade cod enough to prevent cannibalism but it is not recommended to grade cod into narrow size classes.

Even though the temperature conditions off the south coast of Iceland are suitable for cod farming there is only a limited area in Vestmannaeyjar with enough shelter for conventional sea cages. Off the west, north and east coast of Iceland the winter temperatures are much lower than off the south coast and the estimated growth rate of cod is therefore lower. The highest risk of lethal winter temperatures are on the west coast and the highest probability of sea ice on the northwest and north coast of Iceland. The growth conditions for farmed cod seem not as good in Icelandic fjords as in the coastal areas of Norway and Scotland. Lower growth rate and higher mortality due to longer rearing time will increase the production cost. Therefore it is important to try to increase the growth rate of farmed cod in Iceland, e.g. with selective breeding. In Norway and Scotland high mortalities of large cod in sea cages have been observed in warm summers, when temperature goes above 16°C. On the other hand low temperatures in cold winters may result in mortalities of cod in Iceland. Due to the harsh environment in Iceland it may be necessary to set out large juvenile cod in sea cages and therefore it is important to reduce the production cost of juveniles in land based facilities. Production routines and farming technologies for Icelandic conditions must be developed, e.g. by considering the possibility of producing larger cod than in Norway and Scotland and develop submersible sea cages to avoid damage due to drift ice and mortalities due to low surface temperature.

1.0 INNGANGUR

Fyrstu tilraunir með söfnun á villtum þorski til áframeldis í kvíum hér á landi hófust í Stöðvarfirði sumarið 1992 að frumkvæði heimamanna (Björn Björnsson 1994). Árið 1994 voru gerðar sjö tilraunir með sjókvíaeldi á þorski, tvær á Austfjörðum og fimm á Vestfjörðum. Fyrstu árin studdi sjávarútvegsráðuneytið við bakið á þeim sem gerðu tilraunir með þorskeldi með því að úthluta hverjum aðila 5 tonna kvóta af lifandi þorski. Þrátt fyrir þetta dofnaði áhuginn fljótt. Verðið sem fékkst fyrir þorskinn lækkaði og fyrirhöfnin var mikil miðað við tiltölulega lítil umsvif. Ekki tókst að safna nægilega miklu af þorski á hagkvæman hátt. Seinni hluta síðasta áratugar lagðist eldið af en hefur nú hafist aftur á nokkrum stöðum við landið. Á árunum 1993-2000 stunduðu samtals 18 aðilar eldi á villtum þorski á Austfjörðum, Vestfjörðum og í Eyjafirði (Valdimar Ingi Gunnarsson & Björn Björnsson 2001). Alls mun hafa verið slátrað upp úr kvíum hér á landi um 200 tonnum af slægðum þorski á árabílinu 1993-2001 og þar af 70 tonnum á árinu 2001 (Hjalti Karlsson 2002).

Þann 15. maí 2002 voru samþykktar breytingar á lögum nr. 38/1990 um stjórnun fiskveiða þar sem kemur fram að:

„...á fiskveiðiarunum 2001/2002 til og með 2005/2006 hefur ráðherra til sérstakrar ráðstöfunar aflaheimildir sem nema 500 lestum af óslægðum þorski. Þessum aflaheimildum skal ráðstafað til tilrauna með áframeldi á þorski í samráði við Hafrannsóknastofnunina sem fylgist með tilrauninni og birtir niðurstöður um gang hennar. Ráðherra setur frekari reglur um skilyrði fyrir úthlutun aflaheimilda samkvæmt þessari grein“.

Með tilkomu úthlutunar á árlegum 500 tonna þorskeldiskvóta til fimm ára átti sér stað mikil aukning í áframeldi á þorski. Nokkur öflug sjávarútvegsfyrirtæki taka þátt í þessu þróunarverkefni. Í reglugerð nr. 238/2003, um eldi nytjastofna sjávar er gerður greinarmunur á áframeldi þ.e.a.s. eldi á fönguðum villtum fiski til slátrunar og aleldi sem er skipulegt eldi frá klaki til slátrunar. Frá árinu 1995 hafa árlega verið framleidd nokkur þúsund þurrfóðurvanin þorskseiði í tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík. Árið 2002 voru framleidd 28 000 seiði og árið 2003 um 250 000 seiði. Nokkur hluti þessara seiða hefur

verið alinn til slátrunar í eldiskörum í Tilraunaeldisstöðinni. Með aukinni seiðaframleiðslu á næstu árum er gert ráð fyrir verulegri framleiðsluaukningu. Fyrstu íslensku eldisseiðin fóru í sjókvíar haustið 2002, en áður höfðu seiðin verið alin í strandeldi í tæpt ár. Í lok ársins 2001 hófust tilraunir með að fanga þorskseiði (0-hóp) og á árinu 2003 voru veidd um 700 000 seiði í Ísafjarðardjúpi og er því einnig gert ráð fyrir aukinni framleiðslu á eldisþorski sem byggir á villtum þorskseiðum.

Markmiðið með þessari grein er að gefa yfirlit yfir stöðu matfiskeldis á þorski hér á landi, taka saman þætti sem hafa áhrif á vöxt og viðgang þorsks í matfiskeldi, segja frá reynslu sem hefur aflast með eldi á þorski, gefa yfirlit yfir eldisaðferðir við matfiskeldi á þorski og jafnframt gera grein fyrir umhverfisáðstæðum og líffræðilegum forsendum til þorskeldis á Íslandi.

2.0 UMHVERFISÞÆTTIR OG ÞORSKELDI

2.1 Sjávarhiti

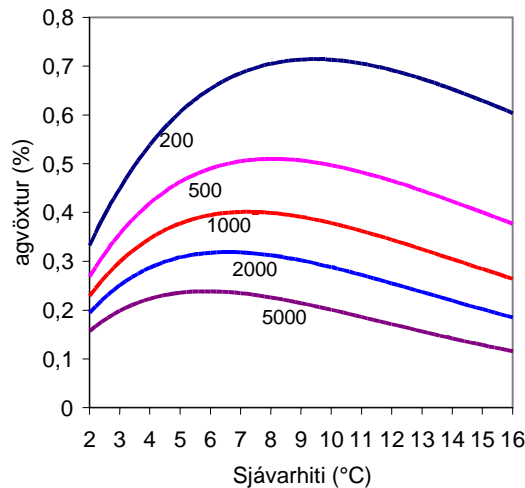
Sá umhverfisþáttur sem hefur einna mest áhrif á vöxt og viðgang eldisþorsks er sjávarhiti. Í tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík voru gerðar umfangsmiklar vaxartilraunir með eldisþorsk og einnig villtan þorsk sem alinn var í kerum við mismunandi hita (Björn Björnsson o.fl. 2001, Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002). Við útreikning á vaxtarhraða er oft notuð eftirfarandi formúla:

$$G = 100 * (\ln W_2 - \ln W_1) / d$$

þar sem \ln er náttúrulegur logarithmi, W_1 upphafsþyngd, W_2 lokþyngd og d fjöldi daga í tilrauninni. Út frá niðurstöðum vaxartilraunanna var þróað vaxtarlíkan til að lýsa áhrifum hita (T , í °C) og þyngdar (W , í g) á vaxtarhraða þorsks (G , í % á dag) sem fær nóg að éta (Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002):

$$G = (0.5735T)W^{(-0.1934-0.02001T)}$$

Kjörhiti til vaxtar (T_{optG}), hjá þorski á stærðarbilinu 2-5000 g, lækkar með þyngd þorsksins, frá um 17°C hjá 2 g fiski niður í um 6°C hjá 5000 g fiski (1. mynd). Vaxtarlíkanið getur ofmetið vöxt þegar fiskurinn verður kynþroska og vanmetið vöxt hjá stórum þorski sem verður ekki kynþroska á árinu (Björn Björnsson &



1. mynd. Dagvöxtur hjá þorski miðað við mismunandi fiskstærð (g) og sjávarhita (Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002).

Fig. 1. Model calculation of food-unlimited growth rate of cod as a function of temperature for fish weight from 200 to 5000 g (Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002).

Agnar Steinarsson 2002). Vaxtarlíkanið byggir að mestu á gögnum um fisk sem er undir 2 kg og er því meiri óvissa í líkaninu fyrir stærri fisk. Þær tilraunir sem gerðar hafa verið með áframeldi á 2-5 kg þorski í sjókvíum gefa þó ekki til kynna að um sé að ræða verulegt frávik frá vaxtarlíkaninu (Björn Björnsson 1994, 1999b, Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003).

Braaten (1984) kannaði vaxtarhraða hjá 100-4000 g þorski við 8,5°C. Niðurstöður hans sýndu meiri vaxtarhraða hjá smæsta fiskinum en samkvæmt íslenska vaxtarlíkaninu en vaxtarhraðinn hjá stærsta fiskinum var svipaður og í líkaninu. Norskt vaxtarlíkan (Jobling 1988) gefur meiri vaxtarhraða hjá þorski (250-2000 g) við háan hita (12-16°C) en minni vaxtarhraða við lágan hita (4°C) samanborið við íslenska vaxtarlíkanið (Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002). Íslenska vaxtarlíkanið sem byggir á mun viðameiri gögnum en það norska styðst við vaxtarlíkanir sem gerðar voru á þorski frá suðvesturströnd Íslands og því er ekki hægt að útiloka að vaxtarhraði og kjörhiti sé eitthvað frábrugðinn hjá öðrum þorskstofnum.

Kjörhiti m.t.t. affalla er um 4°C undir kjörhita fyrir vöxt. Ef eldshitinn fer mörgum gráðum yfir kjörhita til vaxtar fer dánartíðnin ört vaxandi með frekari hækkun hita, sérstaklega hjá stærri fiski (Björn Björnsson o.fl. 2001, Olafsen & Dervå 2002). Í Norður-Atlantshafi er fjöldi þorskstofna sem halda sig á afmörkuðum

svæðum þar sem meðalsjávarhiti er á bilinu 2-11°C (Brander 1994). Á árinu 2002 stöðvaðist vöxtur á eldisþorski í tvo mánuði hjá mörgum sjókvíaeldisstöðvum í Vestur-Noregi meðan sjávarhitinn fór upp undir 20°C og töluverð afföll urðu (Bleie 2003, Karlsen & Adoff 2003). Mikil afföll á þorski í sjókvíum hafa einnig orðið í fyrri tilraunum þegar sjávarhiti nálgast 20°C (Kock 1975). Hæsti hiti í sjó í íslenskum fjörðum er undir 15°C (Steingrímur Jónsson 1999). Of hár sjávarhiti verður því varla til vandræða í þorskeldi við Íslandsstrendur.

Atferlisrannsóknir sýna að smáþorskur virðist forðast sjávarhita sem er hærri en 16-17°C og í sumum tilvikum eru mörkin 18-19°C (Bøhle 1974). Í fódurtilraunum hefur einnig komið fram að meltingarhraði hjá 230 g þorski er minni við 19°C en 15°C og að fiskurinn tók ekki fóður við 21°C (Tyler 1970). Í tilraunum með 500-1000 g þorsk úr St. Lawrence flóa sem fékk að velja sér sjávarhita fór valið eftir því hve mikið hann fékk að éta. Stríðalinn þorskur valdi 6,5°C (Despatie o.fl. 2001) sem er 1,9°C lægri hiti en kjörhiti til vaxtar (Björn Björnsson o.fl. 2001). Þorskur sem hafði verið sveltur í um einn mánuð og síðan fódraður lítilllega á tveggja vikna fresti valdi mun lægri hita (4,0°C) væntanlega til að spara orku. Hins vegar, í danskri tilraun, valdi 80-200 g þorskur sem fékk nóg að éta 13,9°C (Schurmann & Steffensen 1992) sem er 2,7°C hærri hiti en kjörhiti til vaxtar (Björn Björnsson o.fl. 2001).

2.2 Frostþol

Í rannsóknum í Kanada hefur komið fram að við lágan sjávarhita myndar þorskur glyko-prótein sem lækkar frostmark blóðsins (Fletcher o.fl. 1987, Goddard & Fletcher 1994). Myndun á þessum frostlegi hefst hjá smáum þorski (15-25 cm) þegar sjávarhitinn fer niður í 2-3°C en við 0-1°C hjá stærri þorski (Goddard o.fl. 1992). Myndun á frostlegi er einnig meiri hjá þorskseiðum en stærri þorski (Kao & Fletcher 1988, Goddard o.fl. 1992). Þessi munur er talinn stafa af því að seiðin halda sig í köldum sjó upp við ströndina um veturinn en stærri fiskurinn hörfar frá landi í heitari sjó (Goddard & Fletcher 1994). Í rannsóknum hefur komið fram að blóðvökvi í þorski frýs yfirleitt við hita á bilinu frá -1.1 til -1.35°C (Goddard & Fletcher 1994, Goddard o.fl. 1992, 1994). Þorskurinn getur þó lifað við lægri hita svo framarlega sem honum er haldið frá ískristöllum. Við Kanada hefur

eldisþorskur lifað í sjókvívum þar sem sjávarhitinn var undir -1.2°C í einn mánuð og fór allt niður í -1.7°C (Fletcher o.fl. 1997). Talið var að eldisþorskurinn gæti lifað við þessar aðstæður vegna þess að lagnaðarís var yfir svæðinu sem hindraði að ískristlar bærust með umróti frá yfirborði sjávar niður að fiskinum í kvínni.

Þorskur á syðri svæðum við Kanada getur myndað frostlög eins og þorskur frá norðlægum köldum svæðum (Purchase o.fl. 2001). Það eru þó vísbendingar um að þorskur sem lifir á jaðarsvæðum nyrst við Nýfundnaland framleiði meira af frostlegi en þorskur á suðlægari svæðum (Goddard o.fl. 1999). Ekki liggja fyrir upplýsingar um kuldaþol íslenska þorsksins eða getu hans til að mynda frostlög.

2.3 Seltuþol

Í kanadískri rannsókn kom fram að fóðurnýting og vöxtur hjá smáþorski (33-44 cm) væri betri við seltu 14 en 28%. Það má því auka fóðurnýtingu og vaxtarhraða þorsks með því að ala hann í hálföldum sjó (Lambert o.fl. 1994, Dutil o.fl. 1997). Í atferlissrannsóknum í kerum hefur einnig komið fram að þorskur leitar úr fullsöltum sjó í minni seltu. Þorskurinn leitaði eingöngu í selturíka sjóinn neðst í kerinu þegar fóðrað var niðri við botn (Claireaux o.fl. 1995b). Bent hefur verið á að draga megi úr hættu á ofkælingu á veturna með því að blanda ferskvatni við sjó (Dutil o.fl. 1992). Minnsta selta sem þorskur þolir til lengdar mun vera um 7‰ (Dutil o.fl. 1992, Provencher o.fl. 1993). Við lægri seltu á þorskurinn erfitt með að halda réttu seltujafnvægi og afföll aukast (Odense o.fl. 1966, Provencher o.fl. 1993). Þessi mörk geta þó verið háð umhverfispáttum eins og sjávarhita (Harden Jones & Scholes 1974).

2.4 Sundhraði og sundþol

Hámarkssundhraði þorska (cm/s) eykst með aukinni stærð (Blaxter & Dickson 1959). Litlir fiskar eiga því í meiri örðugleikum með að halda sjó á opnum og straumþungum svæðum en stærri fiskar. Sundþol eða sá tími sem fiskurinn getur synt á móti straumi styttest með auknum straumhraða. Í einni tilraun kom fram að þorskur, um 35 cm að lengd, gat synt á móti 75 cm/sek. straumi við 5°C í meira en fjórar klukkustundir, en aðeins í um 12 sekúndur við 90 cm/sek. straumhraða (Beamish 1966).

Samkvæmt eldri rannsóknum kemur fram að sundþol fiska er háð sjávarhita (Beamish 1966,

He 1991). Í nýrri rannsókn kemur aftur á móti fram að sjávarhiti ($0-9,8^{\circ}\text{C}$) hefur ekki áhrif á sundþol, a.m.k. ekki hjá stærri þorski (41-86 cm) en þar mældist hámarkssundhraði um 66 cm/sek. Mismunandi niðurstöður má hugsanlega skýra með mismunandi búnaði við framkvæmd tilraunanna og aðferðafræði, s.s. hve lengi fiskurinn var aðlagður lágum sjávarhita (Winger o.fl. 2000). Í rannsókn á þorski (26-36 cm) við náttúrulegar aðstæður kom einnig fram að sjávarhiti ($1-17^{\circ}\text{C}$) virtist ekki hafa áhrif á hámarkssundhraða (Cote o.fl. 2002). Aftur á móti virtist þorskurinn virkari og hreyfa sig að jafnaði meira við hærri hita (Claireaux o.fl. 1995a, Castonguay & Cyr 1998). Aðrir þættir, eins og súrefnisinnihald sjávar, hafa áhrif á sundþol fiska sem minnkar með lækkandi súrefnisinnihaldi (Schurmann & Steffensen 1994).

2.5 Aðrir umhverfispættir

Súrefnisinnihald í fullmettuðum sjó minnkar með auknum hita og aukinni seltu (Strickland & Parsons 1972, Unnsteinn Stefánsson 1991). Ef súrefni í eldisvökva fer niður fyrir ákveðið gildi, getur súrefnið orðið takmarkandi þáttur í vexti og því lægra sem súrefnið verður því minni verður vöxturinn. Í rannsóknum á 700 g þorski við 10°C kom fram að þessi mörk væru á bilinu 65% til 73% af súrefnismettun sjávar (Chabot & Dutil 1999). Í einni tilraun byrjuðu afföll á þorski (18-45 cm) þegar súrefnismettun fór undir 60% í 8°C heitum sjó og 50% afföll áttu sér stað þegar súrefnismettunin var komin niður í 40% (Scholz & Waller 1992). Í annarri rannsókn kom fram að það má vænta affalla ef þorskur (40-60 cm) er hafður í lengri tíma í sjó sem er með 30% súrefnismettun við $2-6^{\circ}\text{C}$ (Plante o.fl. 1998). Margar ástæður geta verið fyrir mismunandi niðurstöðum, s.s. breytilegur sjávarhiti í tilraunum. Í danskri tilraun jókst súrefnismettun sem þorskur byrjaði að drepa við með auknum hita. Við 5°C voru dauðamörkin við 5% súrefnismettun en 29% við 17°C (Schurmann & Steffensen 1992).

Í atferlissrannsókn á þorski í 11 metra djúpum tanki kom fram að hann leitaði upp að yfirborði á næturna en niður að botni á daginn (Claireaux o.fl. 1995b). Þorskur vex minna í sterku ljósi og hafa sumir eldismenn í Noregi breitt yfir kvíarnar til að dempa sólarljósið (Karlsen & Adoff 2003). Ekki hefur verið hægt að sýna fram á áhrif ljósloðu á vöxt þorsks (Hall 1988, Hansen o.fl. 2001). Það er þekkt hjá mörgum

tegundum sjávarfiska og laxfiska að langur dagur örvar vöxt (Boeuf & Le Bail 1999). Í einni tilraun á þorski í matfiskeldi (400-2400 g) sem alinn var við 10°C var eingöngu hægt að sýna fram á meiri vöxt við stöðugt ljós vegna seinkunar á kynþroska. Vöxturinn var svipaður og hjá þorski sem alinn var við náttúrulegt ljós framan af en það dró í sundur þegar þorskur við náttúrulegt ljós varð kynþroska (Hansen o.fl. 2001). Hér kann þó að vera að stöðug lýsing hafi áhrif á vöxt hjá minni fiski við hærri hita. Í rannsóknum á þorsklirfum hefur komið fram að vöxtur er meiri við 24 tíma lýsingu samanborið 18 og 12 tíma lýsingu á sólarhring (Puvanendran & Brown 2002).

3.0 ELDI

3.1 Val á fiski

Við Ísland er erfðafræðilegur munur á milli þorska af mismunandi svæðum (Ólöf Dóra Bartels Jónsdóttir o.fl. 1999, 2001, 2002). Þar sem ekki hefur verið lokið við eldistilraunir á þorski af mismunandi svæðum hér við land er ekki hægt að fullyrða að einn stofninn sé betri til eldis en annar. Í Noregi hefur komið fram munur á vaxtarhraða og lögum hjá strandþorski og Barentshafþorski (van der Meeren o.fl. 1994, Svåsand o.fl. 1996). Í öðrum eldistilraunum hefur einnig komið fram mismunur milli stofna, s.s. í vexti við mismunandi ljósstyrk (Puvanendran & Brown 1998), lifrarhlutfalli og holdastuðli (Purchase & Brown 2001) og frostþoli (Goddard o.fl. 1999).

Þegar villtur þorskur er tekinn til eldis er alltaf hætta á að hann beri með sér sjúkdóma í eldisstöðina. Takmörkuð vitneskja er um gæði villts þorsks eftir svæðum m.t.t. sníkjudýra og annarra sýkinga. Ef þorskur er t.d. smitaður af illu (*Lernaeocera branchialis*) veldur það minni vexti (Khan o.fl. 1990) og auknum afföllum (Scholz & Waller 1992). Villtur þorskur er yfirleitt sýktur af hringormum, en tíðni sýkinga er mismunandi eftir svæðum og eykst eftir því sem fiskurinn verður stærri (Erlingur Hauksson 1992, 1997). Í þessum fiski mun því finnast hringormur í holdi við slátrun. Það skal þó haft í huga að veruleg fækkun hringorma á hvert kíló á sér stað vegna þyngdaraukningar í eldinu, svo framarlega sem fiskurinn er ekki fóðraður á fóðri sem inniheldur lifandi hringorma. Ef notað er ósýkt fóður í aleldi má að mestu koma í veg fyrir hringormasýkingu. Tveir hringormar (*Ani-*

sakis sp.) fundust þó við mælingar á eldis-seiði sem verið hafði fjóra mánuði í sjókví í Eyjafirði og eingöngu alið á þurrfóðri (Björn Björnsson, óbirt gögn). Sýkt fæðudýr svo sem ljósáta kunna að hafa borist inn í kvína og verið étin.

Hagkvæmt er að fanga horaðan eða nýhrygndan þorsk til áframeldis. Ástæðan er sú að í eldi er vaxtarhraðinn á horuðum fiski meiri en á fiski sem er í góðum holdum (kafla 3.4). Besti árangurinn næst með því að fanga villtan þorsk til eldis á vorin en þá er hann tiltölulega horaður og fram undan eru heitustu mánuðir ársins sem gefa bestan vöxt.

Lífsþróttur þorsks er breytilegur eftir þeim veiðarfærum sem notuð eru við að fanga hann. Gildir hafa reynst vel við að fanga þorsk til áframeldis hér á landi (Óttar Már Ingvason 2002). Með notkun dragnótar, handfæra og línu eru meiri afföll, sérstaklega á djúpu vatni þar sem afföll geta numið nokkrum tugum prósentu (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Betri árangur hefur náðst með því að fanga þorsk með dragnót til áframeldis í Noregi en hér á landi (Isaksen o.fl. 1993, Pedersen 1997). Í nýrri íslenskri rannsókn kom fram að afföll á handfærafiski væru 59% hjá fiski sem tekinn var af 75-122 m dýpi og 27% afföll á 19-53 m dýpi (Ólafur K. Pálsson o.fl. 2003). Hér er um að ræða afföll við föngun, flutning og aðlögun. Í rannsókn á afföllum á línuveiddum undirmálsþorski kom fram að afföll eru mikil (36-62%) þrátt fyrir að fiskurinn sé losaður varlega af króki með höndum (Milliken o.fl. 1999).

Með eldi á villtum fiski er ekki verið að koma upp bústofni til framtíðar heldur eru á hverju ári fangaðir einstaklingar með ólíkan uppruna og eiginleika til vaxtar. Með kynbótum er eldisþorskur betur aðlagður eldisaðstæðum eins og gert hefur verið fyrir aðrar tegundir (Dunham o.fl. 2001). Til lengri tíma litíð mun því villtur þorskur varla geta keppt við kynbættan eldisþorsk. Notkun á villtum þorski til áframeldis mun því vera tímabundin lausn. Hún getur verið hentug á meðan verð á eldisseiðum er hærra en fæst með föngun á villtum þorski til áframeldis og áður en verulegra kynbótaframfara er farið að gæta hjá eldisþoski. Um þessar mundir er ekki vitað um arfgengi þorsks á mikilvægustu eiginleikum í matfiskeldi (Albert K. Imsland & Ólöf Dóra Bartels Jónsdóttir 2002). Það er því óljóst hve langan tíma það tekur að ná árangri í kynbótastarfinu.

3.2 Flutningur

Áður en eldisfiskur er færður til flutnings er hann fyrst sveltur til að tæma meltingarveginn. Með því að svelta fisk fyrir flutning minnkar súrefnisnotkunin og komið er í veg fyrir mengun á sjó í flutningseiningu (Jahnsen 1988). Þorskur er gráðugur fiskur og dæmi eru um að magainnihaldið hafi numið allt að 19% (dos Santos & Jobling 1995) og jafnvel 20-30% af líkamsþyngd (Björn Björnsson 2001). Það getur því þurft að svelta hann í lengri tíma fyrir flutning en margar aðrar tegundir til að hann nái að tæma meltingarveginn nægilega vel. Flutningur á fönguðum, villtum þorski er vandasamur þar sem fiskurinn kann að hafa verið í miklu æti. Einnig er fiskurinn oft með verulega skertan lífsþrótt sérstaklega þegar hann er tekinn af miklu dýpi. Því er æskilegt að láta fiskinn jafna sig eftir föngun og áður en hann er fluttur langar leiðir.

Þegar þorskur er losaður í flutningseiningu úr veiðarfæri sækir hann niður á botn, nema „flotþorskar“ sem svamla í yfirborði með bak eða kvið upp þó að þeir reyni fyrst að kafa niður. Þar sem flestir fiskanna leita strax niður á botn myndast þar mikill þéttleiki. Hætta er á að fiskar kafni vegna súrefnisskorts, annað hvort vegna þess að sjór nær ekki að streyma að fiskinum eða að þeir liggja það þétt saman að tálkn þeirra haldast lokuð. Eftir u.þ.b. hálf tíma byrja fiskarnir að dreifa sér um tankinn. Fiskar með sprunginn sundmaga eru eðlisþyngri en sjórinn og sökkva því fljótt til botns þegar þeir hætta að synda (Isaksen o.fl. 1993). Hefðbundinn flutningsbúnaður fyrir lax hentar illa fyrir þorsk og hefur því verið hannaður sérstakur flutningsbúnaður fyrir þorsk. Sjórinn er látinn streyma upp um göt á fölskum botni en með því er nægilegt súrefnisflæði betur tryggt til fisksins sem liggur þétt við botninn (Isaksen & Midling 1994, Pedersen 1997).

Rannsóknir í sérhönnuðum litlum flutnings-tönkum fyrir þorsk sýna að hægt er að hafa 250 kg/m³ og jafnvel allt upp í rúm 500 kg/m³ þegar flytja á fiskinn stuttar vegalengdir (Staurnes o.fl. 1994b, Pedersen 1997). Þó að afföll mælist vart eftir tveggja sólarhringa flutning við 540 kg/m³ mælist herra streituálag hjá fiskinum við aukinn þéttleika (Staurnes o.fl. 1994a). Reynsla við flutning á þorski í stórum stíl sýnir einnig að þessi viðmiðunargildi eru of há. Hámarkspéttleiki virðist háður stærð botnflatar, botngerð og sjódælingu. Það er því ráðlegt að byrja fyrst

með lítinn þéttleika og auka hann smá saman meðan afföll fara ekki yfir ásættanlega viðmiðun (Isaksen & Saltskår 2003). Það er mikilvægt að hafa flutningstímamann stuttan þegar þéttleikinn er mikill. Villtur þorskur þolir misvel mikinn þéttleika og hnjask, sérstaklega skal þess gætt að hafa hóflegan þéttleika þegar fiskur er í miklu æti. Einnig er mikil hætta á að fiskurinn skaðist í veltingi (Pedersen 1997).

Súrefnisnotkun fiska mæld í mg O²/kg fisk/klst eykst með hækkandi sjávarhita, minni fiskstærð og aukinni föðrun (Saunders 1962, Soofiani & Priede 1985). Aðrir þættir hafa einnig áhrif á súrefnisnotkun og við streituálag mældist súrefnisnotkun þorsks (800-2500 g) í upphafi einnar tilraunar 138 mg O²/kg fisk/klst við 8°C en var síðan að jafnaði 105-125 mg O²/kg fisk/klst fyrsta sólarhringinn (Staurnes o.fl. 1994b). Súrefnisnotkun hjá óstressuðum þorski af svipaðri stærð og við u.þ.b. sama hitastig er mun lægri eða 60-70 mg O²/kg fisk/klst (Sundnes 1957a, b, Saunders 1963). Í mælingum á súrefnisnotkun þorsks hefur komið fram að hún lækkar fljótt eftir áreiti og er minni fiskur (<300 g) búinn að jafna sig á innan við sólarhring en hjá stærri fiski (>1000 g) tekur það 3-4 daga (Sundnes 1957a). Reikna má með að 150 mg O²/kg fisk/klst sé nægileg notkun í flestum tilvikum hjá þorski sem fangaður hefur verið í dragnót. Þó er erfitt að meta nákvæmlega súrefnisþörf hjá fönguðum, villtum þorski þar sem streituálag og magn af ómeltri fæðu í meltingarvegi fisksins getur verið mismunandi (Pedersen 1997). Súrefnismælir er því nauðsynlegt mælitæki til að fylgjast með súrefnisinnihaldi í flutningseiningu. Ágæt viðmiðun er að súrefnismettun fari aldrei undir 70% í flutningseiningu (sjá kafla 2.5).

Í landflutningum þar sem ekki er hægt að dæla stöðugt sjó í flutningseiningu er súrefni dælt í sjóinn til að tryggja það að fiskurinn fái nægilegt súrefni. Súrefnismettun upp í 150-200% virðist ekki hafa neikvæð áhrif á þorsk í flutningi (Holm o.fl. 1991). Þegar súrefni er dælt í sjó án vatnsskipta er hætta á að pH-gildi vatnsins lækki mikið vegna uppsöfnunar á koltvísýringi. Þorskur drepst þegar pH-gildi fer undir 6,3 (Sundnes & Taylor 1964). Flutt hafa verið 800 kg/m³ af þorski í 600 lítra tanki í 17 tíma með góðum árangri án þess að skipt hafi verið um sjó (Sundnes & Kjelstrup-Olsen 1966).

Þegar fiski er komið fyrir í flutningseiningu skal komast hjá hnjaski á fiskinum og halda

breytingum á umhverfisþáttum í lágmarki. Í einni tilraun kom fram að við það að flytja 0,8-2,5 kg þorska úr 8°C í 1°C urðu engin afföll en streituálag var þó mælt hjá fiskinum (Staurnes o.fl. 1994a). Það skal því miðað við að hafa sem minnstar hitabreytingar við föngun og flutning (Holm o.fl. 1991). Flutningur á þorski í mjög köldum sjó getur valdið sárum sem ekki ná að gróa (Karlsen 2002). Það skal því gæta fyllstu varúðar við flutning á þorski í sjókvíar yfir vetrarmánuðina.

Í sumum tilvikum er notuð dráttarkví við flutning á villtum fiski frá veiðislóð yfir á eldissvæðið. Í Kanada er miðað við að fiskurinn sé án fóðrunar í fjóra daga fyrir flutning en þar er notuð lítil dráttarkví (50 m³) sem dregin er á 1-2 sjómílna hraða allt að 15 km vegalengd. Fiskurinn er síðan flokkaður með rist í dráttarkvínni, vigtaður og fluttur yfir í eldiskvína til áframeldis (Murphy 2002).

3.3 Aðlögun

Það getur tekið töluverðan tíma fyrir villtan þorsks að jafna sig eftir föngun og flutning. Við föngun getur fiskurinn orðið fyrir töluverðu hnjaski og má þar nefna roðskaða og uggaslit eftir net, sár í kjafti, tálknum, auga og víðar eftir króka, útblásinn eða sprunginn sundmaga eftir snögga þrýstingsbreytingu (Pedersen 1997, Ólafur Karvel Pálsson o.fl. 2003).

Ef mörgum þorskum er sleppt á sama tíma í hefðbundna sjókví leitar stór hluti þeirra niður á botn og hætta er á að netpokinn dragist saman og fiskurinn kafni (Isaksen o.fl. 1993). Ef notuð er hefðbundin kví er mælt með því að setja ekki meira í hana en t.d. eitt til tvö tonn eftir stærð sjókvíar (Midling 1998). Þegar mikið magn er losað í einu af fiski, sem tekinn hefur verið úr djúpu vatni, er mikilvægt að nota móttökukví með stífum botni til að koma í veg fyrir að fiskarnir kafni í netpokanum (Midling o.fl. 1998). Á botninum eru stífar stöðeiningar og á milli þeirra er strekkt mjúkt hnútalaust net sem fiskarnir geta legið á. Til að auðvelda eftirlit er móttökukvínn höfð grunn með botni sem hægt er að lyfta upp. Botninn er það stífur að eldismenn geti gengið á honum og fjarlægð dauða og þróttlitla fiska (Isaksen o.fl. 1993, Midling 1995, Midling o.fl. 1998).

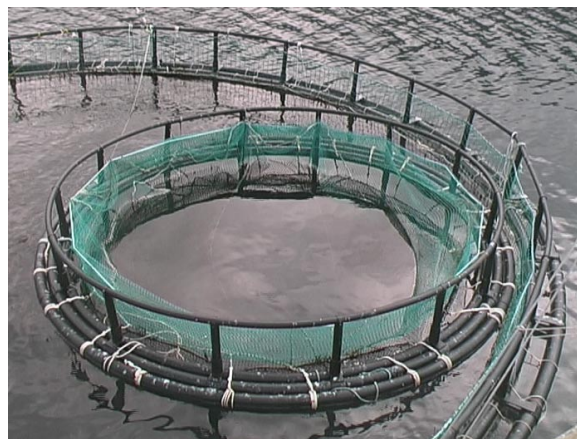
Verulegur munur er eftir veiðiaðferðum hve lengi fiskurinn er að jafna sig eftir föngun og flutning. Í einni tilraun voru um 95% fiskanna búnir að jafna sig eftir sólarhring og syntu um í kvínni (Midling & Isaksson 1995). Dauðsföll

hjá handfærafiski sem tekinn var á djúpu vatni (75-122 m) komu fyrr fram en hjá fiski sem tekinn var á grunnu vatni (19-53 m) (Ólafur K. Pálsson o.fl. 2003).

Þegar þorskur er fangaður á djúpu vatni eru flestir fiskanna með sprunginn sundmaga, 1-2 mm gat sem grær innan þriggja til fjögurra daga og fiskurinn nær að stjórna eðlisþyngd sinni að nýju. Sá tími sem tekur sárin að gróa getur þó hugsanlega verið lengri, s.s. við lágan sjávarhita og þegar um er að ræða stórt gat á sundmaganum. Sjaldnast nær sundmaginn í öllum fiskum að gróa og það er ávallt nokkur hluti fiskanna sem veslast upp (Isaksen & Midling 1995).

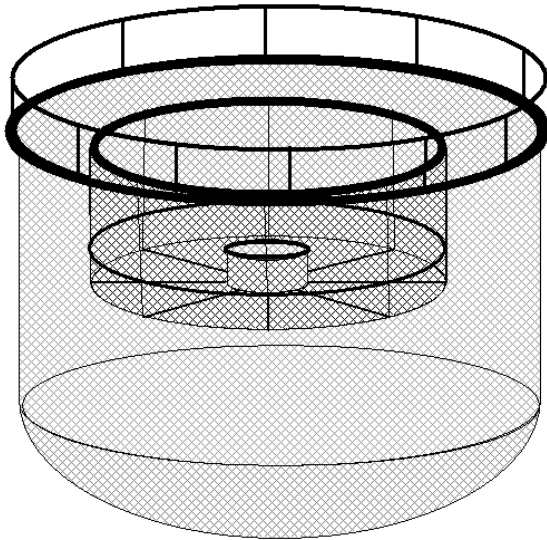
Móttökukvíar með stífum botni eru tæmdar þegar fiskurinn er búinn að jafna sig. Þá er jafnframt hægt að vigta, stærðarflokka og flokka frá þróttlitla fiska sem ekki eru heppilegir í áframeldi. Í þeim tilvikum sem fiskurinn er ekki vigtaður og stærðarflokkaður er best að tæma móttökukví yfir í hefðbundna kví með því að sauma saman netpoka á ákveðnu svæði, sökkva opinu vel undir yfirborð sjávar og reka fisk úr móttökukví yfir í sjókví (Midling 1998). Þegar móttökukví er inni í sjálfri eldiskvínni er hún einfaldlega opnuð og fiskurinn rekinn út (2. mynd).

Önnur gerð af móttökukví með stífum botni er með opi fyrir miðju (3. mynd). Þegar fiskarnir hafa jafnað sig fara þeir að synda um og finna opið. Þeir synda í gegnum hólkin og niður í sjálfa eldiskvína þar sem þeir vaxa og dafna. Fiskar sem ekki ná að jafna sig liggja áfram á botninum þar sem auðvelt er að ná þeim til slátrunar (Midling & Isaksen 1995, Midling 1998).



2. mynd. Móttökukví inni í hefðbundinni sjókví til að auka lífslíkur nýfangaðs þorsks.

Fig. 2. A small netpen to increase the survival chances of recently captured cod.



3.mynd. Teikning af grunnri móttökukví með stífum botni sem höfð er inni í hefðbundinni sjókví (Teikning: Óttar Már Ingvason).

Fig. 3. Construction of the flat-bottom netpen inside traditional sea cage for on-growing of cod (Drawing: Óttar Már Ingvason).

Fyrstu dagana eftir að fiskurinn er kominn í sjókví er æskilegt að láta hann jafna sig áður en fóðrun hefst. Byrjað er á því að fóðra rólega meðan fiskurinn er að venjast aðstæðum og fóðri (Yetman 1999). Til að venja villtan þorsk á að taka fóður er æskilegt að hafa einnig í sjókvíunum nokkra fiska sem komnir eru í fullt át (Christiansen 1990). Nokkrum dögum eftir að fiskurinn tekur fyrst fóður í sjókvínni byrjar hann að sýna fóðrinu verulegan áhuga og er kominn í fulla fóðrun eftir eina til tvær vikur (Yetman 1999). Í einni tilraun sem gerð var hér á landi var villtur þorskur sem fangaður hafði verið í dragnót geymdur í sjókvíum allt frá 12 dögum upp í 35 daga áður en fóðrun hófst. Fiskarnir byrjuðu strax að taka fóður og meira í þeim kvíum þar sem fiskurinn hafði fengið lengri aðlögunartíma. Eftir u.þ.b. 10 daga var fiskurinn kominn í fullt át (Jón Gunnar Schram 2002). Aðlögunartíminn má þó ekki vera of langur til að ekki fari dýrmætur vaxartími til spillis.

Áður en þorskur er settur í kví er mikilvægt að gæta að því hvort gat sé á netpoka. Þorskur syndir meðfram botni og hliðum netpoka og ef gat kemur á hann er mikil hættu á að þorskur strjúki úr sjókví. Reynslan hefur sýnt að þorskur smýgur út um lítil göt á netpoka og er mun lagnari við það en laxinn. Stór þorskur getur farið í gegnum smá göt sem oft eru ekki sýnileg

á vel grónum netpokum. Það er því mikilvægt að hafa gott eftirlit með netpokanum og skipta oft og reglulega um poka (Holm o.fl. 1991, Karlson 2002). Hér á landi hefur töluvert verið um að eldisþorskur hafi sloppið úr sjókvíum um gat á netpoka (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003).

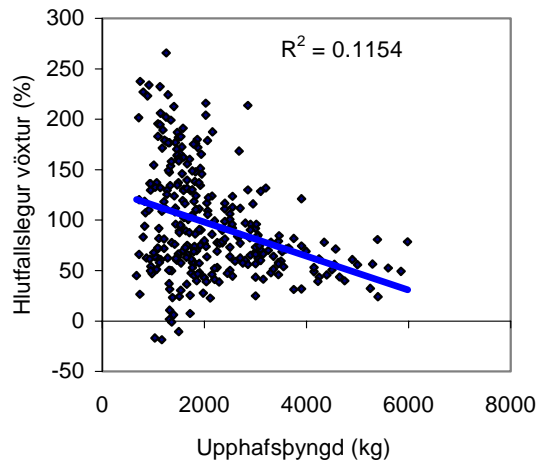
3.4 Vöxtur

Hér á landi hafa verið gerðar margar vaxtar-tilraunir með áframeldi á þorski í sjókvíum (Björn Björnsson 1994, 1999b, Vilhjálmur Þorsteinsson & Björn Knútsson 1997, Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001, Hjalti Karlsson 2002, Jón Gunnar Schram 2002, Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Vöxt-urinn hefur yfirleitt verið svipaður eða betri en vænta hefði mátt út frá vaxtarjöfnu Björns Björnssonar og Agnar Steinarssonar (2002). Af einhverjum ástæðum reyndist þó vöxtur óvenju slakur í kvíum í Norðfirði 1994 til 1996 (Vilhjálmur Þorsteinsson & Björn Knútsson 1997).

Pegar horaður fiskur er tekinn í eldi hvort sem um er að ræða magran villtan fisk sem fer í áframeldi eða eldisfisk sem hefur þurft að líða næringarskort má vænta meiri vaxtarhraða þar til eðlilegum holdum er náð. Þessi vaxtarauki hefur verið nefndur uppbótarvöxtur (*compensatory growth*) (Jobling o.fl. 1994, Ali o.fl. 2003). Villtur þorskur er að jafnaði horaður og því getur hann náð meiri vaxtarhraða um tíma en eldisþorskur (Black & Love 1986, Pedersen & Jobling 1989, Jobling o.fl. 1991, Björn Björnsson 1999b). Því horaðri sem fiskurinn er því meiri er uppbótarvöxturinn (Jobling o.fl. 1994).

Mikill breytileiki getur verið í vexti hjá villtum þorskum sem fara í áframeldi en að jafnaði minnkar hlutfallslegur vöxtur með aukinni upphafsstærð (4. mynd) og sumir fiskarnir vaxa lítið eða jafnvel léttast (Hjalti Karlsson 2002, Jón Gunnar Schram 2002). Þetta geta t.d. verið fiskar sem hafa skaddast við föngun og flutning, sýktir fiskar eða fiskar sem þola ekki eldisaðstæður vegna streitu. Í einni rannsókn voru það einkum smæstu fiskarnir sem léttust (Hjalti Karlsson 2002) (4. mynd) en í annarri rannsókn hins vegar stærstu fiskarnir (Jón Gunnar Schram 2002). Ekki er vitað um ástæðu fyrir þessum mun en mismunandi fóðrunartækni getur þó hugsanlega skýrt það að einhverju leyti.

Mikil fóðrun á eldisþorski veldur því að hann verður mun holdmeiri en þekkist hjá villt-



4. mynd. Mikill breytileiki getur verið í vaxtarhraða villtra þorska í áframeldi (Hjalti Karlsson 2002).

Fig. 4. There can be large variation in the growth rate of wild cod reared in sea cages (Hjalti Karlsson 2002).

um fiski (Björn Björnsson 1999b). Lifrarhlutfall hjá villtum þorski er mjög breytilegt og í íslenskri rannsókn kom fram að við austanvert landið var það oftast undir 5% en gat hjá einstaka fiski farið upp undir 10% (hér er miðað við slægðan fisk). Aftur á móti var lifrarhlutfall hjá eldisþorski vel yfir 10% (Björn Björnsson 1999b, 2002). Hægt hefur verið að sýna fram á að með vali á fódri megi halda lifrarhlutfallinu undir 9% og jafnframt ná góðum vexti (Lie o.fl. 1988, Karlson 2002). Rannsókuð hafa verið áhrif sundhraða sem nemur einni fisklengd á sekúndu á lifrarstærð án þess að hægt hafi verið að sýna fram á marktæk áhrif (Karlson o.fl. 2000). Almenn er þó talið að lifrarhlutfall sé 2-6% lægra við eldi í kerum en í sjókvíum (Karlson 2002). Hæfilegur straumhraði, 1,5 fisklengd /sek. eða minni allt eftir fiskstærð eykur vöxt hjá mörgum fisktegundum (Davison 1997). Í einni tilraun með þorsk var ekki hægt að sýna fram á ávinning af straumhraða allt upp í 1,0 fisklengd/sek. á vöxt fisksins (Bjørnevik o.fl. 2003).

3.5 Fóðrun

Þrátt fyrir að þekking á næringarþörf þorsks hafi aukist á síðustu árum er hún ennþá mjög takmörkuð. Nú á tímum inniheldur fóður hátt próteinhlutfall (48-60%), lágt kolvetnislutfall (10-15%) og einnig lágt fituhlutfall (<15%) (Lall & Nanton 2002). Línulegt samband er á milli þess fitumagns sem fiskurinn innbyrðir og lifrarstærðar, þ.e. því meiri fita sem fiskurinn

fær í fódriinu því stærri verður lifrin í honum (Lie o.fl. 1988).

Fóðurgerðir

Mismunandi fóðurgerðir hafa verið notaðar í þorskeldi: heill fiskur (20-35% þurrefni), hakkadur fiskur eða fiskúrgangur með vítamínnum og mismunandi magni af bindiefni (votfóður með um 30% þurrefni, deigfóður með 50-60% þurrefni) og þurrfóður (um 90% þurrefni). Í alaldi hefur náðst sambærilegur árangur með fóðrun á þurrfóðri og votfóðri (Hemre o.fl. 2000). Erfiðlega hefur reynst að venja stóran villtan þorsk (>50 cm) á að éta þurrfóður (Hjalti Karlsson 2002, Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001). Aftur á móti hefur gengið betur að venja lítil þorskseiði (0-hóp) á þurrfóður. Hjá Háafelli ehf á Nauteyri í Ísafjarðardjúpi eru seiðin aðlöguð þurrfóðri með því að blanda hakkaðri loðnu við þurrfóðrið. Hlutfall loðnu er síðan smám saman minnkað þar til fiskurinn er að lokum eingöngu fóðraður með þurrfóðri (Þórarinn Ólafsson, munnl. uppl.). Við fóðrun á stærri þorski í áframeldi hér á landi hefur nær eingöngu verið notaður heill fiskur. Í fóðurtilraunum hefur heil loðna komið betur út m.t.t. vaxtar en tilbúið fóður (votfóður, deigfóður) (Provencher o.fl. 1995, Clark o.fl. 1995, Hjalti Karlsson 2002). Einnig hefur síld reynst vel sem fóður fyrir þorsk (Jobling o.fl. 1991, dos Santos o.fl. 1993). Þorskur er frekar matvandur fiskur og er því mikilvægt að fódrið innihaldi lyktar- og bragðefni sem fiskurinn sækir í (Pawson 1977, Løkkeborg 1998). Tekist hefur að auka át og vöxt hjá þorski með því að bæta í fódrið smokkfiski (Lie o.fl. 1989a, b). Tilbúið fóður getur því verið raunhæfur kostur ef þess er gætt að blanda í fódrið efnum eða hráefni sem gera það áhugaverðara fyrir þorskinn. Þegar fóðrað er eingöngu með heilum fiski í lengri tíma er hætta á næringarskortu s.s. skorti á vítamínnum sem getur dregið úr vexti. Sú tilgáta hefur verið sett fram að vítamínskortur geti einnig valdið uppsöfnun á orku í lifur (Austreng o.fl. 2003).

Rannsóknir hafa sýnt að áhugi þorsks fyrir fódri fer eftir fóðurgerð. Í einni tilraun kom fram að tiltölulega langur tími leið þar til þorskur sýndi votfóðri áhuga og meira var um það að hann spýtti því út úr sér eftir því sem sjávarhitinn var lægri. Aftur á móti hafði þorskurinn strax mikinn áhuga á loðnu og sjávarhiti hafði ekki áhrif á át fisksins (Clark o.fl. 1995). Samkvæmt niðurstöðum þessarar tilraunar virðist vera betra að fóðra villtan þorsk með

loðnu yfir vetrarmánuðina, en á sumrin skiptir aftur á móti minna máli hvort fódrað er með deigfóðri/votfóðri eða loðnu.

Fóðurmagn

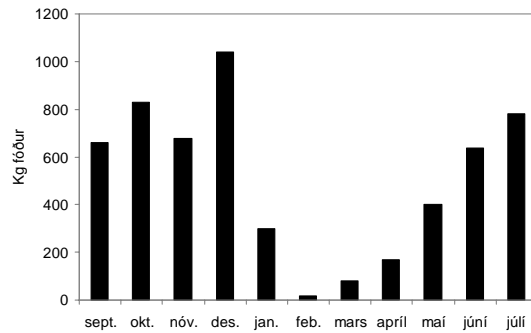
Æskilegt er að fódra eftir lyst fisksins og læra á atferli hans til að vita hvenær á að draga úr og stöðva fóðrun. Hins vegar er ágætt að hafa til viðmiðunar útreiknað fóðurmagn. Fóðurmagn ræðst af sjávarhita, vatns- og orkuinnihaldi fóðurs og fiskstærð (Jobling 1988). Það er hægt að áætla fóðurmagn (F, í kg/dag) út frá hámarks vaxtarhraða (G, í %/dag) fyrir gefið hitastig (T, í °C) og þyngd á fiski (W, í g) (Björn Björnsson o.fl. 2001) og margfalda síðan með fóðurstuðli (f) og lífþyngd (B, í g) í eldiseiningu; $B=W*N$ þar sem N er fjöldi fiska:

$$F = f*G/100*B/1000$$

$$F = f* (0.5735T)W^{(-0.1934-0.02001T)}W*N/100000$$

Skilgreining á fóðurstuðli er gefin í kaflanum um fóðurnýtingu. Hafa skal í huga að margir aðrir þættir geta haft áhrif á át s.s. streita og getur því verið nokkur breytileiki í áti frá degi til dags. Verulegur munur getur einnig verið á áti milli mánaða m.a. vegna kynþroska (5. mynd). Eftir að þorskurinn hefur náð ákveðinni stærð verður hann kynþroska á hverju ári og átið stöðvast að mestu nokkrum vikum fyrir hrygningu (Braaten 1984). Þorskurinn fer ekki að sýna fóðri aftur áhuga fyrr en í lok hrygningar og að meðaltali stöðvast fóðurtakan í um 70 daga yfir hrygningartímamann (Fordham & Trippel 1999).

Átið minnkar með lækkandi sjávarhita einkum vegna þess að þorskurinn étur sjaldnar, en ekki vegna þess að hann éti minna í hvert skipti (Waiwood o.fl. 1991). Þorskur er með stóran og mjög teygjanlegan maga og getur troðið sig út ef nægilegt æti er til staðar (Björn Björnsson 2001). Stærð máltíða hjá þorski ræðst af tíðni fóðrunar. Magn sem smár þorskur (600-1000 g) étur í einni máltíð er 13-14% af þyngd sinni þegar fódrað er tvisvar í viku, en þegar fódrað er þrisvar og fimm sinnum í viku fer þetta hlutfall niður í 10% og 6% (Lambert & Dutil 2001). Mikið magainnihald getur komið niður á sundgetu þorsksins. Í atferlisrannsókn-um við tilraunaaðstæður kom fram að mettur þorskur lá oftast hreyfingarlaus á botni tanksins (Björn Björnsson 1993). Það er einnig þekkt við náttúrulegar aðstæður að mettur þorskur heldur sig meira niður við botn og veiðist þá í meira mæli í botnvörpu en flotvörpu (Ólafur Karvel



5. mynd. Það dregur úr áti hjá eldisþorski yfir hrygningartímamann sem stóð frá 5. febrúar til 20. apríl (Holm o.fl. 1991).

Fig. 5. The food intake of adult cod declines during the spawning period which lasted from 5 February to 20 April (Holm et al. 1991).

Pálsson 1985). Það getur því verið varasamt að fódra þorsk í sjókvíum mikið í einu eftir langt fóðrunarhlé ef vænta má þess að óveður sé í aðsigi eða þegar sjávarfallastraumar eru óvenju sterkir.

Fóðrunartíðni

Meltingarhraði þorsks eykst með auknum sjávarhita og jafnframt er meltingarhraðinn meiri hjá smáum fiski en stórum (Tyler 1970, dos Santos & Jobling 1991a, Bromley 1991). Það þarf því að fódra smærri fisk oft en stærri fisk og oft á sumrin en á veturna. Í einni tilraun tók það 230 g þorsk um 70 tíma að melta rækju við 2°C en aðeins um 25 tíma við 10°C (Tyler 1970). Sá tími sem tekur að tæma meltingarfærin ræðst einnig af fleiri þáttum s.s. meltanleika fæðunnar, stærð einstakra máltíða og fæðuagna (dos Santos & Jobling 1991a, b, Temming & Andersen 1994, Singh-Renton & Bromley 1996).

Til að finna heppilega fóðrunartíðni fyrir þorsk hafa verið gerðar nokkrar tilraunir. Í einni þeirra kom ekki fram mikill munur á dagvexti þegar smár þorskur (100-200 g) var fódraður tvisvar á dag, daglega eða annan hvern dag við 8-9°C (tafla 1). Aftur á móti var minni vöxtur hjá fiski sem var fódraður fjórða hvern dag en á móti kemur að fóðurnýtingin var betri og lifrarhlutfallið lægra (Lied o.fl. 1985). Í annarri tilraun kom fram að það jók ekki vöxt þorsks (400-1000 g) við 10°C og lágan þéttleika (10 kg/m³) að fódra hann oft en þrisvar sinnum í viku um sumarið. Aftur á móti var nægilegt að fódra fiskinn um haustið við sama hitastig tvisvar sinnum í viku. Ályktað var að hægt væri

Tafla 1. Samanburður á fíðrunartíðni, dagvexti, orkunýtingu og lifrarhlutfall (% af heildarþyngd fískis). Þorskur (100-200 g) var alinn í rúma tvo mánuði við 8-9°C (Lied o.fl. 1989).

Table 1. Comparison of feeding frequency, growth rate and liver weight (% of fish weight). Cod (100-200 g) reared in two months in sea with 8-9°C (Lied et al. 1989).

	Fíðrunartíðni			
	2 x á dag	1 x á dag	Annar hvern dag	Fjórða hvern dag
Dagvöxtur (%)	0,63	0,62	0,59	0,47
KJ/g vöxtur	26,7	21,3	20,9	19,6
Lifrarhlutfall (%)	11,9	12,7	11,3	9,5

að minnka fíðrunartíðni um haustið vegna þess að fískurinn væri þá í góðum holdum og kynþroski hafinn. Í tilrauninni kom hins vegar fram að auka þyrfti fíðrunartíðni við mikinn þéttleika (40 kg/m³) en meiri vöxtur fékkst þegar fíðrað var fimm sinnum í viku samanborið við 2-3 sinnum í viku (Lambert & Dutil 2001).

Í einni atferlisrannsókn kom fram að þorskur (0,2-5,5 kg) át sjaldnar eftir því sem sjávarhiti var lægri. Við 8°C átu daglega 87% fískanna, en 77% og 54% við 4°C og 1°C. Mikill breytileiki var í áti milli daga og var því bent á að mikilvægt væri að fíðra sjaldnar við lágan hita til að koma í veg fyrir yfirfíðrun (Waiwood o.fl. 1991). Að vetri til við Ísland (0-2°C) kann að vera nóg að fíðra þorsk (>500 g) u.þ.b. einu sinni í viku en að sumri til (6-12°C) þrisvar í viku. Hins vegar þarf að fíðra smá þorskseiði (1-50 g) nokkrum sinnum á sólarhring og stór þorskseiði (50-500 g) u.þ.b. einu sinni á sólarhring.

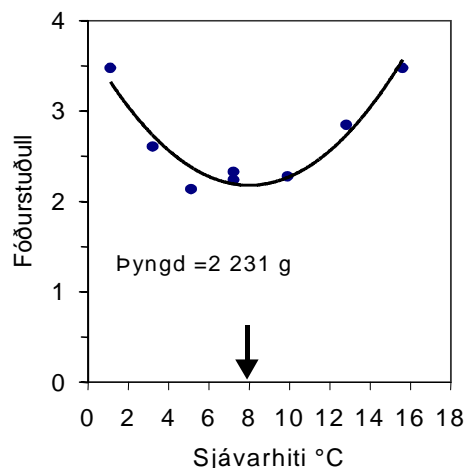
Fíðurnýting

Í matfískeldi eru fíðurkaup stærsti kostnaðarliður í framleiðslunni (Björn Knútsson 1997). Því skiptir miklu að fíðurnýtingin sé sem best. Kjörhiti til fíðurnýtingar er 1-2°C lægri en kjörhiti til vaxtar (Björn Björnsson o.fl. 2001). Oft er svokallaður fíðurstuðull notaður til að lýsa fíðurnýtingunni: Fíðurstuðull = gefið fíður/heildarvöxtur á ákveðnu tímabili. Með öðrum orðum er fíðurstuðull magn fíðurs (kg) sem þarf að gefa til að fískurinn auki þyngd sína um eitt kg. Tilraunir sýna að þorskur getur við bestu aðstæður nýtt fíðrið mjög vel, þannig er fíðurstuðull við kjörhita til fíðurnýtingar 0,6-0,9 á þurrfíðri og 2,2-2,5 á heilli loðnu með eða án rækju (Björn Björnsson o.fl. 2001). Verulegur

munur er á fíðurstuðli eftir fitu- og þurrfeinisinnihaldi loðnunnar. Með notkun á feitri loðnu (16,6% fita og 33,1% þurrfeini) var fíðurstuðullinn 2,3 en 4,2 þegar notuð var mögur loðna (4,3% fita og 20,4% þurrfeini) (Björn Björnsson 1997a).

Sjávarhiti getur haft veruleg áhrif á fíðurstuðulinn. Við frávik frá kjörhita til fíðurnýtingar hækkar fíðurstuðullinn með lækkandi og hækkanði sjávarhita (6. mynd). Eldi við lágan hita á veturna getur því hækkað fíðurstuðulinn verulega eins og eldi við hátt hitastig á sumrin t. d. í Noregi eða í Skotlandi. Þorskeldi við jafnan og stöðugan sjávarhita nálægt kjörhita getur því haft jákvæð áhrif á reksturinn.

Með föngun á horuðum þorski til áframeldis má fyrst í stað ná mjög lágum fíðurstuðli meðan á uppbótarvexti stendur en fíðurstuðullinn hækkar þegar fískurinn hefur náð góðum holdum (Jón Gunnar Schram 2002). Hækkunin getur orðið sérstaklega mikil ef þorskurinn verður kynþroska. Í einni tilraun þar sem þorskur var alinn á þurrfíðri á tímabilinu desember til júlí reyndist fíðurstuðullinn 0,86 hjá hópi sem alinn var við stöðuga lýsingu til að koma í veg fyrir kynþroska og 3,0 hjá hópi sem varð kynþroska við náttúruleg birtuskilyrði (Hemre o.fl. 2002). Þorskurinn leggur meira í hrygninguna eftir því sem hann er stærri (kafla 3.6). Fískstærð getur því haft veruleg áhrif á það vaxtartap sem hlýst af kynþroska. Mikilvægt er að fylgjast með breytingum á fíðurstuðli til að



6. mynd. Áhrif sjávarhita á fíðurstuðul þorsks sem er um 2,2 kg að þyngd og fíðraður með loðnu við mismunandi hita (Björn Björnsson o.fl. 2001).

Fig. 6. Relationship between feed conversion ratio and temperature for 2.2 kg cod fed on capelin (Björn Björnsson et al. 2001).

meta hvort hagkvæmt sé að ala þorsk fram yfir kynþroska til að fá stærri og verðmætari fisk.

Það eru margir aðrir þættir sem hafa áhrif á fódurnýtingu. Fódurstuðull hækkar með aukinni fiskstærð (Jobling 1988) og einnig er hann lægri þegar þorskur er alinn í hálfsoiltum sjó samantborið við fullsaltan sjó (Lambert o.fl. 1994, Dutil o.fl. 1997). Hæfilegur straumhraði allt að 1,5 fisklengd/s getur aukið fódurnýtingu hjá mörgum fisktegundum (Davison 1997). Áhrif sundhraða á fódurnýtingu hafa ekki verið mæld hjá þorski.

Fóðrarar

Við fóðrun er mikilvægt að dreifa fóðrinu vel um alla kvína. Ef fóðrað er jafnt og þétt á takmörkuðu svæði er hætt við að frekustu einstaklingarnir taki sér þar stöðu og komi í veg fyrir að hinir komist að. Það er því mikilvægt að tryggja góða dreifingu á fóðrinu til að koma í veg fyrir að minni og bældari einstaklingar verði útundan. Algengt er að notaðar séu fóðurkvíar (7. mynd) hér á landi sem oftast eru fylltar af frosnum fiski sem þorskurinn étur þegar hann þiðnar til að spara vinnu við fóðrunina. Ókosturinn við notkun á fóðurkví er að dreifing á fóðri er takmörkuð og hætta er á yfirfóðrun ef át fisksins minnkar. Það er því tæpast ráðlegt að fóðra eingöngu með fóðurkvíum. Það hefur þó ekki verið rannsakað hve mikil áhrif mismunandi fóðrunaraðferðir hafa á vöxt og stærðardreifingu þorsksins.

Mikið hefur verið þróað af búnaði til fóðrunar á þurrfóðri fyrir laxeldi sem hægt er að nota við fóðrun á þorski í aleldi. Við fóðrun á villtum þorski hefur þurft að nota heilan fisk, votfóður og deigfóður. Það er erfitt verk að handfóðra þorsk með heilum fiski eða votfóðri en það þarf u.þ.b. þrisvar sinnum meira af því en þurrfóðri til að fá sama vöxt. Hannaður hefur verið fóðrari til fóðrunar á votfóðri og heilum fiski. Fóðrarinn dælir sjó og fóðri með sogdælu úr tanki og síðan út um rör í sjókví. Á enda rörsins er dreifari sem tryggir góða dreifingu á fóðrinu í kvínni (Knudsen 1997).

3.6 Kynþroski

Í eldi verður þorskur fyrr kynþroska en gerist við náttúrulegar aðstæður. Þorskur í aleldi verður venjulega kynþroska við u.þ.b. tveggja ára aldur og 0,5-2,0 kg að þyngd (Karlsen o.fl. 1995, Karlsen & Adoff 2003). Í náttúrunni verður íslenskur þorskur yfirleitt ekki kynþroska fyrr en við 5-6 ára aldur og 3-4 kg þyngd



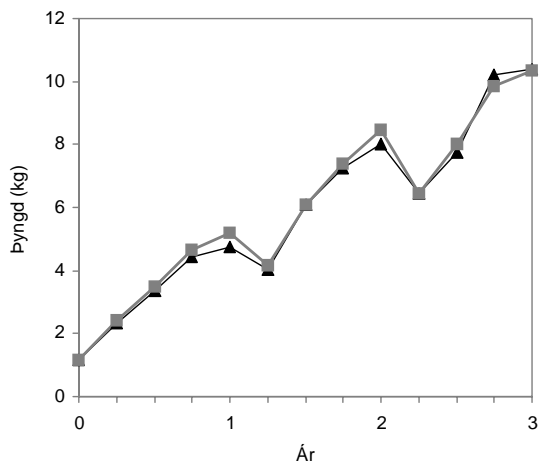
7. mynd. Fóðurkví sem notuð er til fóðrunar með heilum frosnum fiski. Til hægri sést hluti af móttökukví.

Fig. 7. Feeding pen with whole frozen fish used as feed for cod in sea cages. To the right is a netpen for recently captured cod.

(Anon. 2003). Aftur á móti verður vel fóðraður, villtur þorskur í áframeldi að stærstum hluta kynþroska strax á fyrsta ári í eldi. Í þremur tilraunum með áframeldi á þorski sem gerðar voru á Vestfjörðum reyndist 85-100% fiska vera kynþroska við slátrun í desember, eftir sex til átta mánaða eldi, en meðalþyngd fiska í upphafi tilrauna var 1400-1800 g (Hjalti Karlsson, óbirtar niðurstöður). Í fyrstu aleldishópunum sem settir voru í sjókvíar hér á landi urðu flestir fiskarnir kynþroska á öðru aldursári (janúar 2003). Vöxturinn var mestur hjá hóp sem hafði verið alinn á tiltölulega fitulitlu fóðri (DAN-EX 1562) fyrst í strandeldi í Hauganesi frá 20. febrúar til 21. september 2002 og síðan í sjókvíum í Eyjafirði þar til 25. janúar 2003. Þá var meðalþyngdin 644 g og 73% fiskanna reyndust kynþroska (Björn Björnsson, óbirtar niðurstöður).

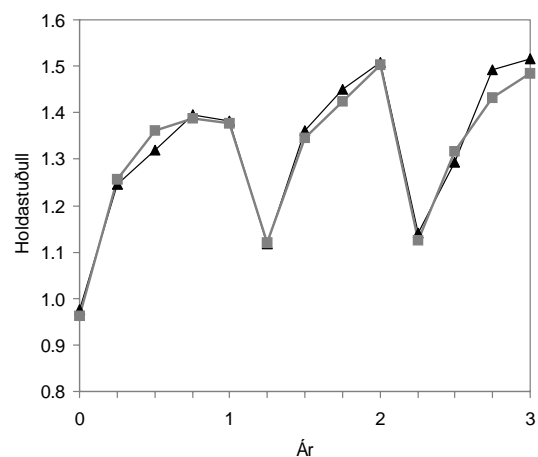
Áhrif kynþroska á vöxt, holdastuðul og afföll

Rannsóknir í Tilraunaeldisstöðinni á Stað sýna að við kynþroska dregur úr vexti þorsks og holdastuðull lækkar (8. og 9. mynd). Holdastuðullinn (K) er skilgreindur sem hlutfall heildarþyngdar (W , í g) og lengdar (L , í cm) í þriðja veldi ($K=100*W/L^3$), en þess verður getið sérstaklega þegar holdastuðull miðast við slægða þyngd. Gögnin byggja á villtum þorski sem safnað var með handfærum nálægt Sandgerði haustið 1993 en tilraunin sem stóð í þrjú ár hófst 9. febrúar 1994 þegar meðalþyngdin var um 1,2 kg. Í upphafi voru þorskarnir ókynþroska og náðu gríðarlegum vexti fyrsta árið við 7°C eldishita. Eftir fyrstu hrygningu léttist



8. mynd. Vaxtarferill eldisþorsks yfir þriggja ára tímabil. Ferhyrningar eru hrygnur og þríhyrningar hængar (Björn Björnsson, óbirtar niðurstöður).

Fig. 8. Growth of farmed cod over a three year period. Squares are females and triangles males (Björn Björnsson, unpublished results).



9. mynd. Holdastuðull eldisþorsks yfir þriggja ára tímabil. Við hrygningu léttist þorskurinn og holdastuðullinn lækkar. Ferhyrningar eru hrygnur og þríhyrningar hængar (Björn Björnsson, óbirtar niðurstöður).

Fig. 9. Condition factor of farmed cod over a three year period. Squares are females and triangles males (Björn Björnsson, unpublished results).

þorskurinn um 0,89 kg (18%) en um 1,77 kg (22%) eftir aðra hrygningu. Eftir báðar hrygningar var mikil þyngdaraukning yfir sumarið. Í upphafi tilraunar var holdastuðullinn frekar lágur en hækkaði mjög ört fyrstu mánuðina. Sömuleiðis hækkaði holdastuðullinn mjög ört eftir báðar hrygningarnar meðan aukningin var meiri í þyngd en lengd (Björn Björnsson, óbirtar niðurstöður).

Algengt er að þorskur léttist um 15-35% við hrygningu (Braaten 1984, Karlsen o.fl. 1995, Fordham & Trippel 1999). Þó eru dæmi um að fiskur hafi lést um allt að 50% (Kjesbu o.fl. 1991, Kjesbu 1994). Hrygnur (um 1,8 kg) léttast meira en hængar af sömu þyngd, að meðaltali 27% á móti 16% (Braaten 1984). Svipaðar niðurstöður hafa fengist fyrir stærri fisk (um 5 kg) en þar léttust hrygnur að meðaltali um 29% og hængar um 14% (Fordham & Trippel 1999). Hrygnur leggja meira í hrygninguna eftir því sem þær eru stærri og holdmeiri (Lambert & Dutil 2000). Í rannsóknum á villtum þorski hér við land hefur komið fram að hrognahlutfall eykst með stærð hrygna og er hæst um 25% hjá 100-116 cm hrygnum (Guðrún Marteinsdóttir & Gróa Pétursdóttir 1995). Það má gera ráð fyrir að þetta hlutfall sé hærra hjá vel fóðruðum eldisfiski þar sem hann framleiðir meira af kynkirtlum (hrogn og svil) en villtur þorskur af sömu stærð (Kjesbu o.fl. 1991, Wroblewski o.fl.

1999). Jafnframt því að vöxtur minnkar og holdastuðull lækkar aukast afföll verulega við hrygningu. Í eldiskerum í Noregi hafa afföll á þorski verið allt að 30% hjá hrygnum yfir hrygningartímann (van der Meeren 2002). Í tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað urðu á hrygningartímanum (mars-maí) um 19% afföll á eldisþorski á þriðja ári (flestar að hrygna í annað sinn) og af þeim sem drápu voru um 84% hrygnur (Björn Björnsson, óbirtar niðurstöður). Á sama tíma urðu minni afföll (11%) hjá eldisþorski á öðru ári og af þeim sem drápu var um helmingur hrygnur. Ef eldisfiskur verður kynþroska má gera ráð fyrir verulegri rýrnun og fjárhagslegu tjóni sérstaklega þegar stór og vel fóðraður eldisþorskur hrygnir í eldi. Það hægir á vexti, fóðurnýting verður lakari og afföll aukast.

Við kynþroska gengur á hold fisksins vegna uppbyggingar á kynkirtlum þrátt fyrir nægilega fóðrun (Hemre o.fl. 2002). Hjá hængum mátti á hrygningartímanum rekja um 35% af þyngdar-tapi til rýrnunar á sviljum, 20% til rýrnunar á lifur og 45% til rýrnunar á holdi. Hlutföllin voru önnur hjá hrygnum, 22% mátti rekja til hroгна, 21% til lifrar og 57% vegna rýrnunar á holdi (Karlsen & Adoff 2003). Þó svo að um sé að ræða rýrnun á bók fisksins er holdastuðullinn ennþá tiltölulega hár, eða yfir einn (Hansen o.fl. 2001, Hemre o.fl. 2002). Hjá villtum þorski er

holdastuðullinn yfirleitt u.þ.b. einn (Rätz & Lloret 2003). Það er þó töluverður breytileiki á milli tímabila og svæða í holdastuðli (Brynjólfur Eyjólfsson 2001, Brynjólfur Eyjólfsson o.fl. 2001, Rätz & Lloret 2003). Ef tekin er ákvörðun um að láta fiskinn ná fyrri holdum eftir kynþroska tekur það 1,5-2,0 kg fisk um þrjá mánuði (Braaten 1984). Hjá stærri þorski virðist taka enn lengri tíma að ná fyrri holdum (9. mynd), enda gengur meira á hold hjá honum við kynþroska en hjá minni fiski (Love 1960, 1980).

Tímasetning hrygningar

Á árunum 1953-1974 var fylgst með tímasetningu hrygningar við sunnanvert Ísland. Meginhluti hrygningar var frá fjórðu viku mars til fyrstu viku maí. Meðalhámark hrygningar var í fjórðu viku apríl en frávik gátu verið allt að tvær vikur á milli ára (Einar Jónsson 1982). Hrygningartímanum seinkaði eftir því sem kom norðar og austar í kaldari sjó (Bjarni Sæmundsson 1926, Einar Jónsson 1982). Minna er vitað um hrygningartíma við norðanvert landið en í einni athugun kom fram að undan Norðurlandi var hámark hrygningarinnar fyrstu þrjár vikur maí (Jón Jónsson 1949). Í eldi virðist þorskur hrygna fyrir en við náttúrulegar aðstæður. Í einni tilraun í Kanada hrygndi eldisþorskur í sjókvíum tveimur vikum fyrir en villtur fiskur af sömu stærð og uppruna í firðinum (Wroblewski & Hiscock 2002). Í rannsóknum hefur komið fram að við mikla fódruun hrygnir þorskur fyrir en þegar hann er minna fódraður (Kjesbu 1994, Kjesbu & Holm 1994). Einnig virðist hár sjávarhiti flýta fyrir kynþroska hjá hrygnum (Kjesbu 1994). Það hefur þó ekki tekist að sýna fram á áhrif sjávarhita á hrygningartíma hænga (Cyr o. fl. 1998).

Í nokkrum rannsóknum þar sem fylgst hefur verið með hrygningu kemur fram að hún varir að meðaltali allt frá 40 dögum upp í 55 daga, en mikill breytileiki er á milli einstaklinga eða allt frá 6 dögum upp í 122 daga (Kjesbu 1989, Chambers & Waiwood 1996, Fordham & Trippel 1999, Lambert & Dutil 2000). Hrygningartíminn varir lengur við lægri sjávarhita og varir einnig lengur hjá stærri hrygnum en þeim minni (Kjesbu 1994, Kjesbu o.fl. 1996).

Hvernig er hægt að draga úr eða koma í veg fyrir kynþroska?

Til að draga úr eða koma í veg fyrir kynþroska hafa verið reyndar nokkrar aðferðir með mismunandi árangri. Kynkirtlar hjá þorski byrja

að stækka allt að 6-7 mánuðum fyrir hrygningu (Eliassen & Vahl 1982). Það þarf því að hefja aðgerðir rúmlega hálfu ári áður en væntanlegur hrygningartími hefst.

Svelti eða takmörkuð fódruun þorsks á öðru ári hefur ekki reynst vel til að koma í veg fyrir kynþroska (Karlsen o.fl. 1995, Karlsen 2002, Björn Björnsson, óbirtar niðurstöður). Hins vegar er hugsanlegt að tímabundið svelti á fyrsta ári geti frestað kynþroska þorsks á öðru ári. Í einni rannsókn kom fram að þorskur sem hafði verið fódraður 20% af fullri fódruun síðustu þrjá mánuðina á fyrsta ári og fódraður að metnun á öðru ári hafði 40% kynþroskahlutfall en aftur á móti þorskur sem var fódraður að metnun yfir allt tímabilið hafði 80% kynþroskahlutfall eftir tvö ár í eldi. Aftur á móti var fiskurinn sem fékk fulla fódruun um 1,5 kg og fiskurinn sem fékk takmarkaða fódruun aðeins um eitt kg að þyngd (Karlsen 2002, Taranger 2002). Þar sem svelti eða takmörkuð fódruun dregur mikið úr vaxtarhraða er það ekki talinn raunhæfur kostur í eldi til að draga úr kynþroska (Taranger 2002). Rannsókuð hafa verið áhrif straumhraða í kerum á kynþroskahlutfall allt frá engum straumi upp í eina fisklengd á sekúndu án þess að hægt væri sýna fram á marktækan mun (Karlsen o.fl. 2000).

Í mörgum tilraunum hafa verið könnuð áhrif lýsingar á kynþroska hjá þorski. Niðurstöðurnar sýna að með stöðugri lýsingu í innikerum þar sem náttúrulegt ljós veldur ekki truflunum er hægt að koma í veg fyrir kynþroska hjá þorski. Hins vegar þarf lýsingin að vera mjög sterk þar sem eldið fer fram utanhúss vegna mikilla áhrifa frá náttúrulegu ljósi. Melatonin (myrkrahormónið) fylgir dægursveiflum í sólarljósi og er í lágmarki á daginn en hámarki á næturnar (Porter o.fl. 2000). Stöðugt ljós (ca. 100 lux) í lokuðu keru og stöðugt sterkt ljós (u.þ.b. 1600 lux) í opnu keru var nægilegt til að koma í veg fyrir dægursveiflur í melatonin. Aftur á móti tókst ekki að koma í veg fyrir dægursveiflur í melatonin í opnu keru með stöðugri og fremur veikri birtu (u.þ.b. 100 lux) (Taranger 2002). Með því að hafa stöðuga og sterka lýsingu í kerum allan sólarhringinn frá öðru sumri eða öðru hausti hefur tekist að seinka kynþroska þorsks um eitt ár (Dahle o.fl. 2000, Hansen o.fl. 2001). Í nýrri rannsókn í útikerum kom fram að það mátti alveg koma í veg fyrir kynþroska á tveggja ára þorski (um 750 g) með 900 luxa lýsingu en við 300 lux urðu um 10% hænganna kynþroska (Karlsen & Taranger 2003).

Í sjókvíum er mun erfiðara að stjórna ljósmagni en í kerum og þar þarf lýsingin að vera mikil til að hún yfirgnæfi náttúrulega ljósið þannig að fiskurinn greini ekki á milli dags og nætur. Með því að hafa stöðugt neðansjávarljós (2 x 400 lux) í 1000 m³ sjókví frá september var hægt að seinka kynþroska um allt að 6 mánuði (van der Meeren & Ivannikov 2000). Lýsingin seinkaði kynþroska fiskanna þannig að þeir náðu um þriggja kg meðalþyngd og reyndist vöxturinn vera 0,8 kg meiri en hjá samamburðarhópi sem alinn var við náttúrulegt ljós (Taranger 2002). Til að draga úr áhrifum sólarljóss er breitt yfir kvíarnar og þannig minnkaður munur á degi og nótt (Karlsen & Adoff 2003). Einnig er hægt að dempa áhrif sólarljóss með því að sökkva kvíum niður á ákveðið dýpi. Nú er verið að rannsaka hve sterk lýsingin þarf að vera í sjókvíum og jafnframt að skoða hvaða bylgjulengd ljóssins hefur mest áhrif á kynþroskamyndun (Taranger 2002, Taranger o. fl. 2003).

3.7 Þéttleiki og stærðarflokkun

Í nokkrum rannsóknum hafa áhrif þéttleika á vöxt verið könnuð. Í kanadískri rannsókn kom fram að dagvöxtur á villtum þorski í áframeldi minnkaði með auknum upphafsþéttleika frá um 5 kg/m³ upp í um 20 kg/m³ en það var þó mikill breytileiki í vexti á milli sjókvía við sama þéttleika. Meðalþyngd fisksins í upphafi var frá 1,3 kg upp í 2,5 kg og var fiskurinn alinn í 1-3 mánuði (Lee 1988). Í nýrri tilraun á þorski kom fram að við 30 og 40 kg/m³ upphafsþéttleika var vöxtur 15 og 38% minni samanborið við fiska sem höfðu 10 kg/m³ upphafsþéttleika. Í upphafi tilrauna var meðalþyngdin um 550 g og var fiskurinn alinn í tvo mánuði í um 1,2 m³ keru við 10°C (Lambert & Dutil 2001). Samkvæmt þessum rannsóknum dregur úr vaxtarhraða eftir því sem þéttleikinn á bilinu 5 til 40 kg/m³ er meiri. Aðrar rannsóknir benda til að hægt sé að ala þorsk við mun meiri þéttleika án þess að það hafi áhrif á vöxt hans, t.d. 20 kg/m³ í sjókvíum (Karlsen 2002) og a.m.k. 40 kg/m³ hjá 150 g þorski í strandeldi ef fullnægjandi vatnsgæði eru tryggð (Björn Björnsson, óbirtar niðurstöður). Það þarf frekari rannsóknir til að finna kjörþéttleika fyrir mismunandi stærðir á fiski og ólíkar umhverfisaðstæður (Karlsen 2002). Við áframeldi á þorski í sjókvíum í Kanada er í flestum tilvikum miðað við að hafa um 6 kg/m³ sem upphafsþéttleika og að hámarki um 12

kg/m³ í lok eldisins (Murphy 2002). Þetta er ágætis viðmiðun til að byrja með á meðan þekking á hámarks þéttleika í þorskelldi er takmörkuð.

Ekki hefur verið sýnt fram á að unnt sé að auka vaxtarhraða hjá þorski með stærðarflokkun, þvert á móti benda sumar tilraunir til hins gagnstæða. Í einni tilraun kom fram að við 10 og 30 kg/m³ náðist 0,78 og 0,55% dagvöxtur hjá óflokkuðum fiski samanborið við 0,50 og 0,45% hjá stærðarflokkuðum fiski við sama þéttleika. Stærðarflokkunin hafði aftur á móti engin marktæk áhrif á vöxt við 40 kg/m³ þéttleika. Upphafspýngd fisksins var að meðaltali um 916 g og stóð tilraunin í um tvo mánuði að hausti. Dregin var sú ályktun að stærðarflokkun hefði neikvæð áhrif á vöxt við lítinn þéttleika en ókostur flokkunar hyrfi við meiri þéttleika (Lambert & Dutil 2001). Talið var að árstíðabundin árásargirni hefði haft áhrif á niðurstöður tilraunarinnar. Í eldri rannsókn kom fram að þorskur var árásargjarn á haustin (september-nóvember) og fyrir hrygningu (febrúar-mars), en síður á öðrum árstímum (Brawn 1961). Hér er um eina tilraun með stærðarflokkun að ræða sem stóð yfir í takmarkaðan tíma og er því hæpið að draga of miklar ályktanir af henni. Rannsóknir á næstu árum munu væntanlega skera betur úr um áhrif stærðarflokkunar á vöxt og sjálfrán hjá þorski.

Þorskur er kræfur ránfiskur og hikor ekki við að éta smærri þorska. Sjálfrán er mikið vandamál í seiðaeldi en úr því dregur með aukinni fiskstærð (Folkvord 1991). Meira sjálfrán hjá smærri fiski má að nokkru leyti skýra með hlutfallslega stærra munnopi en hjá stærri fiski. Munnopið er stærst hjá tveggja cm fiski en minnkar með aukinni stærð og getur fiskur sem er 16 cm að lengd étið 8 cm langt seiði (Otterå & Folkvord 1993). Einnig eru dæmi um að við tilraunaaðstæður hafi 50 cm þorskur étið þorsk sem var 25 cm að lengd (Björn Björnsson, óbirtar athuganir). Með stærðarflokkun hefur verið hægt að draga verulega úr sjálfráni á þorskseiðum sem vega allt að 40 g (Folkvord & Otterå 1993). Litlar upplýsingar eru um umfang sjálfráns hjá stærri fiski. Í einni tilraun kom fram að mikil afföll urðu á villtum þorskseiðum (á fyrsta og öðru ári) sem höfð voru í sama rými þrátt fyrir að stærri fiskurinn hefði aðgang að annarri fæðu (Jahnsen 1988). Í einni íslensku tilraun með áframeldi í sjókvíum var talið að stærri þorskurinn hefði að einhverju leyti étið

þann smærri (Vilhjálmur Þorsteinsson & Björn Knútsson 1997). Í norskri rannsókn þar sem kannað var magainnihald hjá villtum þorskum (40-100 cm) við slátrun varð ekki vart við sjálfrán þátt fyrir sveltí í allt að 73 daga í sjókvíum (Aske & Midling 1997). Aftur á móti hefur orðið vart við sjálfrán hjá þorski í áframeldi hér á landi sem sveltur var í 40 daga fyrir slátrun (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Það er því óljóst í hve miklum mæli vænta má sjálfráns á þorski í matfiskeldi. Eflaust má draga verulega úr hættu á sjálfráni með því að hafa fiskana af svipaðri stærð og fódra þá reglulega.

Þorskur í áframeldi virðist vera viðkvæmur fyrir meðhöndlun og eru dæmi um mikil afföll við stærðarflokkun (Fisher 1988, Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Til að minnka streitu hjá eldisþorski við stærðarflokkun er t.d. hægt að flokka hann í kvíunum með flokkunargrind. Þá er þrengt að fiskinum og minnsti fiskurinn syndir út um rimlana á flokkunargrindinni. Þessi aðferð ætti að henta betur fyrir þorsk en margar aðrar tegundir vegna þess eiginleika þorsksins að reyna að smjúga í gegnum öll göt.

4.0 ELDISAÐFERÐIR

4.1 Eldi á villtum þorski í sjókvíum

Þessi aðferð felur í sér að fanga þorsk sem er yfir lágmarksstærð og setja í áframeldi í sjókvíum í nokkra mánuði eða yfir lengri tíma (10. mynd). Helsti kosturinn við áframeldi á villtum þorski í sjókvíum umfram veiðar er að betur er hægt að tryggja framboð á ferskum fiski. Þegar gerðir eru samningar við erlenda kaupendur um ákveðið magn af ferskum fiski í hverri viku er hægt að grípa til eldisfisks þegar óveður hamlar veiðum. Verð á ferskum fiski ræðst ekki eingöngu af gæðum vörunnar, heldur vega þjónusta og öryggi við afhendingu einnig þungt.

Oft er villtur þorskur fangaður á vorin og alinn fram á fyrri hluta vetrar (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Með þessu móti er nýttur uppbótavöxtur á horuðum, villtum fiski (kaflí 3.4) og sá tími sem sjórinn er heitastur og vöxtur mestur. Þetta gerir eldi á villtum þorski mjög áhugavert því að eldi á þessum stutta tíma getur dugað til að tvö- til þrefalda þyngd þorsks úr einu til tveimur kg í 3-4 kg (Björn Björnsson 1994). Þar sem kvótinn miðast við þyngd á fiski sem settur er í kvíar er unnt að gera meira úr

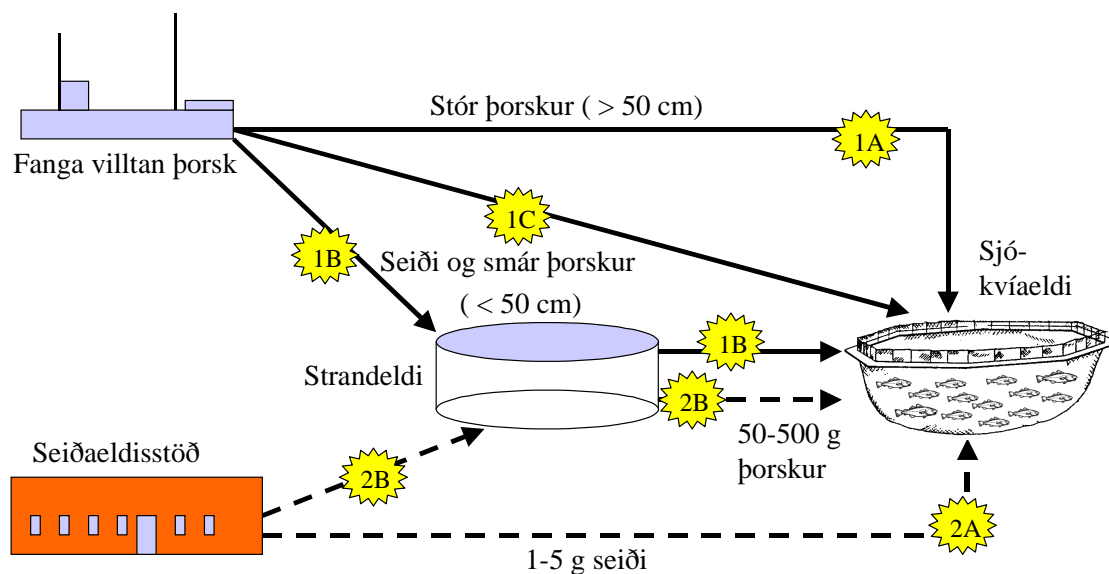
tiltækum kvóta með áframeldi. Auk þess eykst kílóverð þorsks með aukinni stærð og verður því verðmætaaukningin meiri en sem nemur líffungaaukningunni. Eldi hluta úr ári hentar vel á þeim stöðum þar sem sjávarhiti fer undir 0°C yfir kaldasta tímam og hætta er á hafis og lagnaðarís. Það er þó stór ókostur við þessa eldisaðferð að eingöngu er hægt að tryggja framboð af ferskum fiski í nokkra mánuði á ári.

Með því að stunda heilsárseldi á þorski er hins vegar hægt að tryggja jafna afhendingu á ferskum fiski allt árið sem getur skilað herra verði. Einnig minnkar los í holdi eftir því sem fiskurinn er lengur í eldi (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Heilsárseldi eykur aftur á móti hættuna á því að fiskarnir verði kynþroska sem hægir á vexti, fódurnýting verður lakari og afföll aukast (kaflí 3.6). Eins og áður hefur komið fram er hægt að seinka hrygningartímanum um nokkra mánuði með stöðugri sterkri lýsingu í sjókvíum (kaflí 3.6). Rannsaka þarf á næstu árum hvort verðmætaaukningin sé meiri en kostnaðaraukinn við það að hafa fiskinn áfram í eldi yfir veturinn.

Kjörhitastig þorsks lækkar með aukinni stærð (Björn Björnsson o.fl. 2001) og því er ekki mikill munur á vaxtarhraða hjá stærri fiski sem alinn er í kalda sjónum við norðanvert landið samanborið við þann sem alinn er í heita sjónum við sunnanvert landið. Útreikningar byggðir á vaxtarlíkani Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) benda til þess að enginn munur sé á vexti hjá eins og þriggja kg þorskum í sjókvíum, annars vegar í Vestmannaeyjum og hins vegar á Hjalteyri frá því í byrjun júní og fram yfir áramót (11. mynd). Eftir 19 mánaða eldi yrði þorskur sem alinn væri við Vestmannaeyjar aðeins um 0,5 kg þyngri en sá sem alinn væri í Eyjafirði.

Erfiðlega hefur gengið að fá stóran, villtan þorsk til að taka þurrfóður. Hann hefur því verið fódraður með heilum fiski, votfóðri eða deigfóðri (kaflí 3.5). Þegar þorskur er aðeins alinn í nokkra mánuði svarar ekki kostnaði að reyna að venja fiskinn á þurrfóður vegna þess að þá færi stór hluti eldistímans forgörðum. Aftur á móti getur þurrfóður verið valkostur þegar villtur þorskur er alinn í eitt ár eða lengur. Þá þyrfti að þróa betri aðferðir við að venja fiskinn á þurrfóður.

Helsti gallinn við aðferðir sem byggja á því að fanga villtan þorsk til áframeldis er ótryggt aðgengi að fiski af ákveðinni stærð. Að hluta til



10. mynd. Tvær meginleiðir eru í þorskeldi: Annarsvegar að fanga og ala villtan þorsk (áframeldi) og hins vegar framleiðsla á eldisþorski allt frá klaki að markaðsstærð (aleldi). Þessum tveimur aðferðum má skipta í fimm eftirfarandi meginflokkka:

- 1A Að fanga þorsk á veiðislóð og ala hann í sjókvímum í lengri eða skemmri tíma eftir aðstæðum.
- 1B Að fanga þorskseiði (0+ árg.) eða undirmálsfisk að hausti og færa í strandeldisstöð. Fiskurinn er alinn þar yfir vetrarmánuðina fram til næsta vors og er þá fluttur í sjókvíar og fóðraður þar til markaðsstærð er náð.
- 1C Að fanga þorskseiði (0+ árg.) eða undirmálsfisk og ala í sjókvímum þar til markaðsstærð er náð.
- 2A Að klekja út þorsklirfum í sérstökum seiðaeldisstöðvum og setja í sjókvíar á skjólgóðum stöðum þegar ákveðinni stærð er náð.
- 2B Að klekja út þorsklirfum í sérstökum seiðaeldisstöðvum og ala síðan seiðin í strandeldi og setja í sjókvíar þegar ákveðinni stærð er náð.

Fig. 10. Two main methods in cod farming: On-growing of wild cod (1) and farming of cod from hatching to market size (2). These two methods can be divided into the five following groups:

- 1A Catching of wild cod and on-growing in sea cages to market size.
- 1B Catching of juvenile (0+ year-class) or small cod (< 50 cm) in autumn and on-growing in a landbased farm. In spring the fish are transported to sea cages for rearing to market size.
- 1C Catching of juvenile (0+ year-class) or small cod (< 50 cm) and on-growing in sea cages to market size.
- 2A Production of cod juveniles in a hatchery and on-growing in sea cages in sheltered area to market size.
- 2B Production of cod juveniles in a hatchery and on-growing first in a land based farm and then in sea cages to market size.

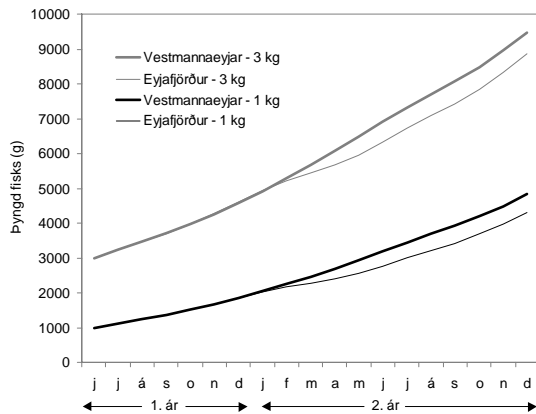
stafar það af því að ekki hafa verið notuð nógu öflug skip hér við land og að flutningstæknin hefur verið ófullnægjandi. Aðgangur að villtum þorski til áframeldis er háður stofnstærð hverju sinni og eftirspurn eftir fiski til vinnslu. Einnig er ókostur við eldi á villtum þorski að framleiðandinn er ekki að koma sér upp kynbættum bústofni (kafla 3.1). Villtur þorskur getur einnig verið smitaður af sníkjudýrum og örverum sem geta magnast upp við eldisaðstæður og valdið afföllum á fiski.

4.2 Eldi á villtum þorskseiðum í sjókvímum

Þessi aðferð, sem felur í sér að fanga villt þorskseiði eða undirmálsþorsk og ala í sjókvímum þar til markaðsstærð er náð, hefur ýmsa kosti. Í góðum seiðaárum er auðvelt og ódýrt að ná miklum fjölda þorskseiða og veiðar á svo ungum fiski hafa tiltölulega lítil áhrif á hefðbundna

nýtingu þorskstofnsins, vegna mikilla náttúrulegra affalla fisksins fram til nýliðunar í veiðistofn við þriggja ára aldur. Helsti ókosturinn við að fanga eldri fisk er að þar væri um beina samkeppni við hefðbundnar veiðar að ræða og þyrfti því að skerða þær veiðar sem því nemur (Ólafur Karvel Pálsson 2004). Með tilliti til fjölda sníkjudýra í hverjum fiski er einnig kostur að fanga sem yngstan þorsk til áframeldis (Sigurður Helgason o.fl. 2003).

Á níunda áratugnum voru gerðar tilraunir með að fanga þorskseiði í dragnót í Norður-Noregi. Samtals voru fenguð um 600 þúsund seiði (5-8 cm) á einu hausti (Olsen & Soldal 1989). Þorskseiðin voru tekin í eldi á nokkrum stöðum. Þau byrjuðu fljótlega að taka þurrfóður og eftir átta mánuði var árangurinn talinn nokkuð góður. Mest afföll urðu á smæstu seiðunum en stærstu seiðin komu nokkuð vel undan vetri

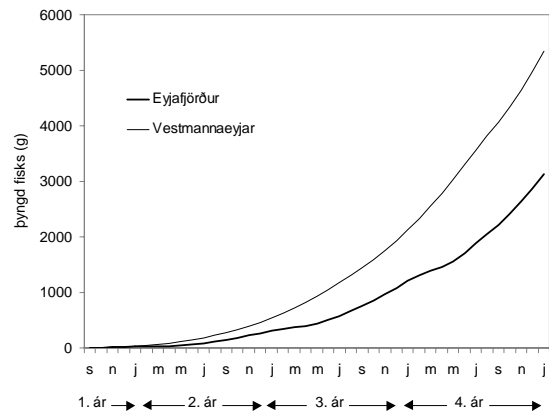


11. mynd. Framreiknaður vöxtur á eins og þriggja kílóa þorski frá byrjun júní þar til í byrjun desember á öðru ári í Vestmannaeyjum og Eyjafirði. Við útreikninga var notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) og stuðst við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar frá árinu 2000.

Fig. 11. Calculated growth of farmed cod, one and three kilograms, from June to December in second year in Vestmannaeyjar (southern Iceland) and Eyjafjörður (northern Iceland). The growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) was used based on the measurements of seawater temperature for the year 2000 by Marine Research Institute.

(Soldal 1988). Eftir þetta hefur lítið verið birt um þessa tilraun og hefur það verið túlkað á þann veg að föngun á þorskseiðum til áframeldis sé ekki samkeppnishæf við alaldi (Kvenseth o.fl. 2000). Aðrir þættir hljóta þó einnig að vegna þungt, svo sem að í Noregi er ekki talið mögulegt um þessar mundir að fá heimild til að fanga seiði til áframeldis m.a. vegna lakrar stöðu þorskstofnsins (Kvenseth & Borthen 2002).

Ef miðað er við að fanga seiðin seinnihluta sumars og hefja eldið í byrjun september þegar meðalþyngd þeirra er um þrjú g benda útreikningar til að eftir rúmlega þriggja ára eldi eða 40 mánuði verði þau orðin 5,3 kg við Vestmannaeyjar en aðeins 3,1 kg í Eyjafirði (12. mynd). Hér er vöxtur framreiknaður út frá náttúrulegri hitasveiflu á báðum stöðunum og gengið út frá því að til staðar sé svæði með nægilegu skjóli og hæfilegum straumi fyrir eldi þorskseiða í sjókvíum, skilyrði sem þó eru vandfundin einkum við suðurströndina. Kjörhiti þorskseiða er hár (Björn Björnsson o.fl. 2001) og er því vöxtur lítill við norðanvert landið sérstaklega fyrsta veturinn. Í byrjun júní eftir 10 mánaða eldi væru seiðin við Vestmannaeyjar komin í 145 g en á sama tíma væru þau aðeins um 60 g í Eyjafirði. Eldi á þorskseiðum við norðurströndina yfir vetrarmánuðina er því varla áhugaverður kostur



12. mynd. Framreiknaður vöxtur á þriggja g þorskseiðum sem alin eru frá byrjun september í 40 mánuði í Eyjafirði og Vestmannaeyjum. Við útreikninga var notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) og stuðst við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar frá árinu 2000.

Fig. 12. Calculated growth of 3 g cod juveniles reared from September for 40 months in Eyjafjörður and Vestmannaeyjar. Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature by the Marine Research Institute in the year 2000.

nema sem geymsla fyrir seiðin. Föngun á 1+ og 2+ undirmálsþorski kann þó að vera áhuga-verðari kostur til eldis við norðanvert landið vegna lækkunar á kjörhita með aukinni stærð.

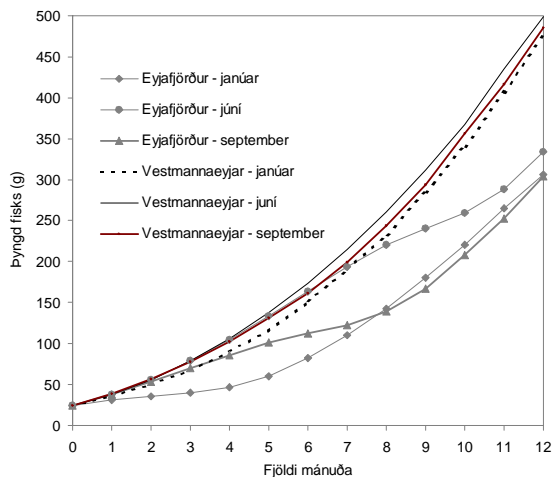
4.3 Framleiðsla þorskseiða og matfiskeldi í sjókvíum

Þessi aðferð byggist á því að klekja út þorsklirfum og ala þær á lifandi fœðri fram yfir myndbreytingu í sérstökum seiðaeldisstöðvum. Síðan yrðu seiðin alin áfram á þurrfœðri þar til þau hafa náð nægilegri stærð til að setja þau út í sjókvíar. Til að sem best nýting sé á eldisrými er miðað við að hafa nokkra hrygningarhópa en þannig er hægt að taka út úr seiðaeldisstöð seiði af ákveðinni stærð flesta mánuði á árinu (Björgvin Harri Bjarnason 2001). Hér er stefnt að því að koma seiðunum sem fyrst úr dýru eldisrými í seiðaeldisstöð yfir í ódýrara rými í sjókvíaeldisstöð. Til að hægt sé að setja út þorskseiði í sjókvíar þarf gott skjól og hátt hitastig. Gengið hefur vel að ala nokkurra gramma seiði í skjólgóðum sjávarlónum í Noregi. Aftur á móti eru dæmi um afföll á þorskseiðum á svæðum með mikinn straum (Karlsen 2002). Hér, eins og fyrir villt seiði, setur skjól og sjávarhiti takmörk á fjölda staða þar sem hægt er að setja út lítil þorskseiði. Sundgeta fisksins er háð stærð (kafla 2.4) og eru viss takmörk fyrir því hve lítil seiðin mega vera

þegar þau eru sett í sjókvíar. Mikilvægt er að kanna með tilraunum á næstu árum hvaða stærð er hægt að setja út af seiðum í sjókvíar á mismunandi svæðum og árstímum. Líklegt er að þróunin verði sú að framleiða þurfi stærri seiði til sjósetningar á veturna en hægt verði að setja út minni seiði á sumrin.

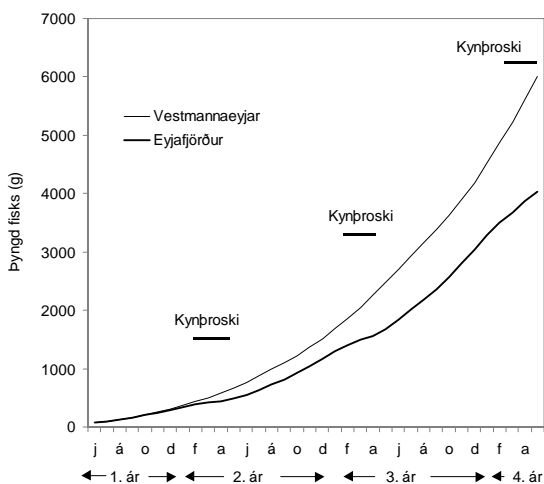
Samkvæmt vaxtarlíkani Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) virðist ekki skipta miklu máli hvenær á árinu seiðin eru sett í sjó til að fá sem bestan vöxt á fyrsta árinu (13. mynd). Í útreikningum sem miðuðust við að setja út 25 g seiði kom í ljós að í Vestmannaeyjum náðu seiði sem sett voru út í júní um 500 g en seiði sem sett voru út í janúar um 476 g (13. mynd). Í Vestmannaeyjum reyndist vöxturinn því tiltölulega jafn óháð því hvenær á árinu seiðin voru sett í sjókvíar. Aftur á móti var vaxtarhraði í Eyjafirði breytilegr vegna mikils munar á sjávarhita á veturna og sumrin. Þorsseiði sem fóru í sjókvíar í júní í Eyjafirði náðu 334 g eftir eitt ár og þau sem sett voru út í september aðeins 304 g.

Ótímabær kynþroski er verulegt vandamál í matfiskeldi með eldisseiðum eins og villtum seiðum. Stærsti hluti eldisþorskanna getur orðið kynþroska tveimur árum eftir klak við 0,5-2,0 kg þyngd (kaflí 3.6). Á 14. mynd er sýndur framreiknaður vöxtur hjá þorski við Vestmannaeyjar og í Eyjafirði sem alinn er í sjókvímum við náttúrulegan sjávarhita og dagsbirtu. Í upphafi eldis er fiskurinn 75 g og fyrsta veturinn er hann á báðum stöðunum vel undir einu kíló og því væntanlega aðeins hluti fiskanna kynþroska vegna smæðar. Annan vetur í sjó er þorskurinn við Vestmannaeyjar um tvö kg og því má vænta að flestir fiskarnir verði kynþroska. Þorskurinn í Eyjafirði er um 1,5 kg og má því einnig gera ráð fyrir háu kynþroskahlutfalli hjá honum. Ef miðað er við fjögurra kg sláturstærð nær fiskurinn við Vestmannaeyjar þeirri stærð fyrir áramót þriðja veturinn í sjó og verður því stór hluti fiskanna væntanlega ekki kynþroska nema einu sinni. Við náttúrulega dagsbirtu verður þorskurinn í Eyjafirði kynþroska annað árið í röð og jafnvel hluti hans þriðja árið í röð áður en hann nær fjögurra kg þyngd. Með því að hafa stöðuga lýsingu í sjókvínni er aftur á móti hægt að seinka kynþroska um nokkra mánuði (kaflí 3.6) og er því mögulegt að framleiða fjögurra kg fisk í Eyjafirði án þess að fiskurinn verði kynþroska tvö eða jafnvel þrjú ár í röð. Þegar framleiddur er stærri fiskur má vænta þess að fjárhagslegt



13. mynd. Framreiknaður vöxtur á 25 g seiðum sem sett eru í sjókvíar í janúar, júní og september við Vestmannaeyjar og Hjalteyri í Eyjafirði. Við útreikninga var notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) og stuðst við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar frá árinu 2000.

Fig. 13. Calculated growth of 25 g cod juveniles put in sea cages in January, June and September in Vestmannaeyjar and Hjalteyri in Eyjafjörður. Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature by the Marine Research Institute in the year 2000.



14. mynd. Framreiknaður vöxtur og kynþroski hjá 75 g þorsseiðum sem sett eru í sjókvíar við Vestmannaeyjar og Hjalteyri í Eyjafirði í júní. Við útreikninga var notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) og stuðst við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar frá árinu 2000.

Fig. 14. Calculated growth and sexual maturity of 75 g cod juveniles transported to sea cages in Vestmannaeyjar and Hjalteyri in Eyjafjörður in June. Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature by the Marine Research Institute in the year 2000.

tjón vegna ótímabærs kynþroska verði meira við norðanvert landið en við sunnanvert landið. Ef tekst að seinka kynþroska með kynbótum mun tjón vegna ótímabærs kynþroska minnka verulega í aleldi.

4.4 Framleiðsla stórseiða í strandeldi og matfiskeldi í sjókvíum

Hér er miðað við að taka 1-5 g seiði úr seiðaeldisstöð til eldis í strandeldisstöð. Stærð seiða sem tekin eru í strandeldisstöðvar getur þó verið önnur allt eftir aðstæðum á hverjum stað. Tilraunir með framleiðslu stórseiða í strandeldi hafa verið gerðar hjá Útgerðarfélagi Akureyringa á Hauganesi við Eyjafjörð og hjá Háafelli á Nauteyri við Ísafjarðardjúp.

Í byrjun árs 2002 fóru 5400 eldisseiði úr tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík í eldisstöðina á Hauganesi. Seiðin fóru síðan í sjókvíar í Eyjafirði í byrjun september 2002 en þá var meðalþyngd þeirra um 350 g (Óttar Már Ingvason, Brim fiskeldi ehf, munnl. uppl.). Vegna bilunar í endurnýtingarkerfi eldisstöðvarinnar í Hauganesi, safnaðist fyrir brennisteinsvetni sumarið 2002 sem orsakaði afföll og vaxtartap hjá þorskinum. Í desember 2002 voru flutt um 12 000 eldisseiði frá Hafrannsóknastofnuninni í eldisstöðina á Hauganesi. Þau voru sett út í sjókvíar í Eyjafirði í júní 2003 þegar meðalþyngdin var um 200 g.

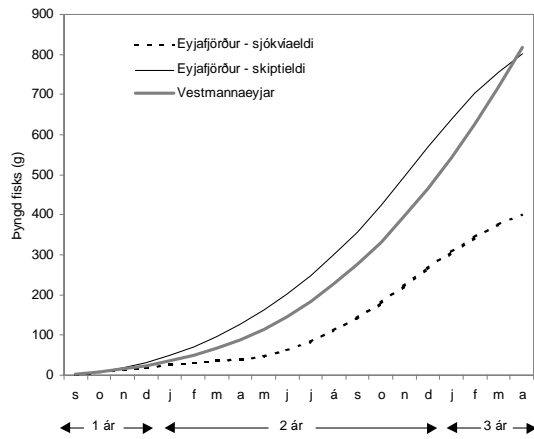
Tilraunir með föngum á þorskseiðum (0+ árg.) til áframeldis í Ísafjarðardjúpi hófust seinni hluta ársins 2001 á vegum Hraðfrystihússins-Gunnvarar hf. og Netagerðar Vestfjarða hf. Um áramótin 2001/2002 voru fönguð tæplega 2000 seiði en um 65.000 seiði haustið 2002 og á árinu 2003 um 700.000 seiði. Öll seiði sem fönguð hafa verið í Ísafjarðardjúpi hafa farið í eldi í strandeldisstöð Háafells ehf á Nauteyri. Seiðin voru strax sett á þurrfóður en þau tóku því misvel og eftir um tveggja vikna eldi urðu töluverð afföll vegna næringarskorts. Með því að blanda þurrfóðri við hakkaða bleikju gekk betur að þurrfóðurvenja seiðin. Sett voru um 22 000 þorskseiði af árgangi 2002 í sjókvíar í Seyðisfirði seinni hluta júní þegar meðalþyngdin var orðin tæp 200 g. Villtum þorskseiðum sem tekin voru í stöðina seinni hluta ársins 2003 var strax gefin blanda af hakkaðri loðnu og þurrfóðri og hefur aðlögun að fóðrinu gengið vel. Aftur á móti hafa bakteríusýkingar í seiðunum valdið afföllum, en þessara sýkinga varð ekki vart í seiðunum sem komu í

stöðina árið 2002 (Þórarinn Ólafsson, Háafell ehf. munnl. uppl.).

Í samkeppnislöndunum er stefnt að því að koma seiðunum sem fyrst úr dýru eldisrými í seiðaeldisstöðvum yfir í ódýrt rými í sjókvíum. Í Noregi, Kanada og Skotlandi er markmiðið að setja lítil seiði um og undir 5 g í sjókvíar (Karlsen 2002, Moir 2002, Hutchins 2002, Robertson 2002). Í strandeldisstöðvum er eldisrými mun dýrara en í sjókvíaeldi og einnig bætist við kostnaður af sjóðælingu (Valdimar Ingi Gunnarsson 1988, Björn Knútsson 1997). Til að gera framleiðslu stórseiða (50-500 g) í strandeldi hagkvæmari er mikilvægt að hafa meiri framleiðslu á hvern rúmmetra en í sjókvíaeldisstöðvum. Meiri framleiðslu á hvern rúmmetra er m.a. hægt að ná með því að ala fiskinn við kjörhita, hámarks vatnsgæði og aukinn þéttleika. Í strandeldi má draga úr dælingu með súrefnisgjöf og endurnýtingu á eldisvökva og draga þannig úr kostnaði við upphitun á sjó. Við endurnýtinguna er frárennslisvatnið frá eldiskerunum fyrst hreinsað með síu til að ná í burtu lífrænum ögnum en síðan látið renna í gegnum lífhreinsi með örverum sem brjóta niður ammoníak (NH_4^+) í nítrít (NO_2^-) og nítrat (NO_3^-). Síðan er koltvíoxíð (CO_2) losað úr eldisvökva annað hvort með sérstökum loftara eða með því að bæta basa (t.d. NaOH) út í eldisvökvann (Timmons o.fl. 2002). Það eru einnig til einfaldari endurnýtingarkerfi en með notkun þeirra næst minni sparnaður við dælingu og upphitun á sjó.

Einnig má í strandeldi nýta að hluta til sjálfrennandi ferskvatn og ala þorskin í hálföldum sjó en þannig má auka vaxtarhraða og bæta fóðurnýtingu (kafla 2.3). Eldi á þorski í hálföldu vatni kunna þó hugsanlega að fylgja aðrir ókostir, t.d. aukin tíðni sjúkdóma eins og reynslan var í laxeldi (Rannsóknarráð ríkisins 1992).

Með því að framleiða stórseiði í strandeldistöðvum má stytta framleiðslutímamann við eldi á þorski í sjókvíum. Ef miðað er við að taka þriggja g seiði inn í strandeldisstöð í september og ala við 10-15°C er fiskurinn búinn að ná um 200 g stærð í júní árið eftir (15. mynd). Til samanburðar yrðu þriggja g seiði sem sett yrðu á sama tíma í sjókvíar við Vestmannaeyjar og í Eyjafirði orðin 145 g og 61 g. Þrátt fyrir að þorskurinn hafi verið alinn við kjöraðstæður í strandeldi fyrsta veturinn og síðan í sjókvíum í Eyjafirði (skiptiöldi) er fiskur sem alinn er við Vestmannaeyjar í sjókvíum frá byrjun orðinn stærri eftir um 20 mánaða eldi (15. mynd).



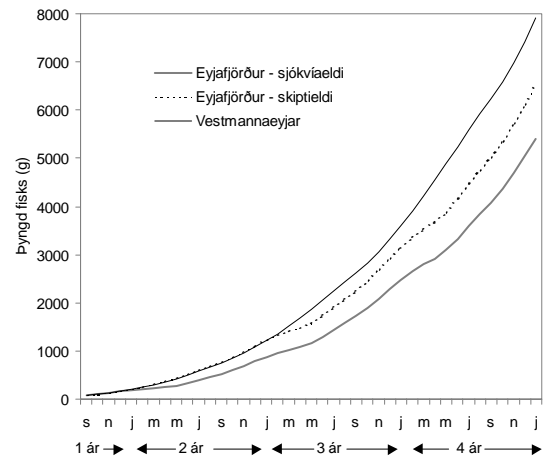
15. mynd. Framreiknaður vöxtur á þriggja g seiðum sem tekin eru í strandeldi í september og alin fyrst við 15°C, síðan er lækkað um eina gráðu á mánuði og í febrúar-maí eru seiðin alin við 10°C. Seiðin eru síðan alin í sjókvíum í Eyjafirði (skiptiældi). Til samanburðar er framreiknaður vöxtur á þriggja g seiðum sem alin eru í sjókvíum í Eyjafirði og við Vestmannaeyjar. Við útreikninga er notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) og stuðst við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar frá árinu 2000.

Fig. 15. Calculated growth of 3 g juvenile cod reared in a land based farm, initially at 15°C in September, each month lowering the temperature by one degree a month until February-May when the juveniles are reared at 10°C. Then they are transported to sea cages in Eyjafjörður. For comparison the calculated growth of 3 g juvenile cod reared all the time in sea cages in Eyjafjörður and Vestmannaeyjar. Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature by the Marine Research Institute in the year 2000.

Kjörhitastig þorsks lækkar með aukinni stærð (kafla 2.1) og er því mikilvægt að setja út stór seiði til að minnka neikvæð áhrif af lágum sjávarhita við norðanvert landið. Ef miðað er við að taka 75 g seiði í strandeldi í september og ala við 10°C er fiskurinn kominn upp í um 500 g þegar hann fer í sjókvíar í byrjun júní árið eftir (16. mynd). Þrátt fyrir upphitun á seiðunum fyrsta veturinn er vöxturinn svipaður og í sjókvíum við Vestmannaeyjar fram á miðjan annan vetur fyrstu átján mánuðina í eldi. Eftir það dregur síðan smá saman í sundur og eftir 40 mánaða eldi er fiskurinn 7,9 kg í sjókvíaelði við Vestmannaeyjar, 6,5 kg í skiptiældi í Eyjafirði og 5,4 kg í sjókvíaelði í Eyjafirði.

4.5 Fóðrun á þorski á afmörkuðum svæðum

Söfnun og áframeldi á þorski í sjókvíum getur falið í sér mikinn tilkostnað og áhættu. Því hefur komið upp sú hugmynd að venja villtan þorsk á fóður á afmörkuðu, friðuðu svæði og auka þannig vöxt og afrakstur þorsks á um-



16. mynd. Framreiknaður vöxtur á 75 g þorskseiðum sem tekin eru í strandeldisstöð í september og alin við 10°C fram í byrjun júní árið eftir en síðan í sjókvíum í Eyjafirði (skiptiældi). Til samanburðar er framreiknaður vöxtur á 75 g seiðum sem sett eru í sjókvíar á sama tíma í Eyjafjörð og við Vestmannaeyjar. Við útreikninga er notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) og stuðst við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar frá árinu 2000.

Fig. 16. Calculated growth of 75 g cod juveniles which are reared in a landbased farm at 10°C from September until June the year after and then reared in sea cages in Eyjafjörður. For comparison calculated growth of 75 g cod juveniles reared all the time in sea cages in Eyjafjörður and Vestmannaeyjar. Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature by the Marine Research Institute in the year 2000.

ræddu svæði og jafnframt lækka kostnað við veiðarnar (Björn Björnsson 1994, 1995, 1997b, 1999a, 2001, 2002). Í 17 mánaða fóðrunartilraun í Stöðvarfirði 1995-96 var loðna og niðurskorin síld gefin þrisvar í viku á þrjú fóðrunarsvæði í firðinum sem þorskur hélt sig á. Fóðrið var losað í fjörðinn á 20-30 m dýpi með sérstökum fóðrunarbarka sem dreginn var á eftir 5 tonna handfærabát og jafnframt send út hljóðmerki til að láta þorskinn vita af fóðruninni. Þorskarnir lærðu fljótt að taka fóðrið og söfnuðust saman á fóðrunarsvæðunum. Fóðrunin þrefaldaði þyngdaraukningu merktra þorska sem tóku fóðrið (2254 g/ár) miðað við merkta þorska sem lifðu eingöngu á hinni náttúrulegu fæðu (725 g/ár) (Björn Björnsson 2002). Í tilrauninni var alls fóðrað með um 100 tonnum af fóðri sem gæti hafa nýst til að auka heildarvöxt þorsksins um u.þ.b. 30 tonn. Ljóst er að slíka fóðrun þyrfti að framkvæma í mun stærri stíl til að hún gæti borgað sig (Björn Knútsson 1997).

Fræðileg úttekt á möguleikum á stórfelldri fódruun á íslenska þorskstofninum með ódýru hráefni, svo sem loðnu, kolmunna og síld, benti til að unnt væri að auka vöxt þorskstofnsins, draga úr afráni hans á verðmætum tegundum, svo sem á bolfiski, rækju og humri og jafnframt draga úr kostnaði við veiðar á þorski (Björn Björnsson 2001). Um milljón tonn af bræðslufiski eru árlega veidd af íslenskum fiskiskipum, stór hluti utan útbreiðslusvæðis íslenska þorskstofnsins. Þar sem meira en tífaldur verðmunur er á hverju tonni af þorski og bræðslufiski og aðeins þarf um þrjú kg af loðnu til að framleiða hvert kg af þorski skv. vaxtartilraunum er fræðilega mögulegt að ná mikilli arðsemi með stórfelldri og skipulagðri fódruun á íslenska þorskstofninum.

Til að kanna hversu raunhæfar þessar hugmyndir eru yrði að velja ákveðið rannsóknarsvæði þar sem almennar fiskveiðar yrðu bannaðar meðan umfangsmikil fódruunartilraun stæði yfir. Tilraunin yrði að vera mun umfangsmeiri en fódruunartilraunin í Stöðvarfirði til að gefa raunhæfa niðurstöðu. Velja þyrfti svæði á miðunum þar sem mikið er af staðbundnum þorski sem býr við takmarkað fæðuframboð. Jafnframt yrði framkvæmd víðtæk rannsókn á vistfræðilegum áhrifum fódruunarinnar, svo sem á breytilegum fjölda þorska og annarra fiska á fæðusvæði, göngur inn og út af svæðinu, afráni þorsks á svæðinu (magasýni), vaxtarhraða og fódurnýtingu. Áður en fódruun á þorski gæti orðið raunhæfur möguleiki yrði að breyta lögum og reglugerðum varðandi stjórnun fiskveiða.

5.0 UMHVERFISADSTÆÐUR OG LÍFFRÆÐILEGAR FORSENDUR ÞORSKELDIS

5.1 Aleldi eða áframeldi

Í dag byggist þorskeldi á Íslandi einkum á fönngun á villtum þorski og áframeldi en aleldi mun væntanlega aukast á næstu árum með aukinni framleiðslu þorskseiða. Þegar bornir eru saman möguleikar aleldis og áframeldis til lengri tíma litið eru flestir þættir aleldinu í hag (tafla 2).

Stöðugleiki

Aðgengi að villtum þorski til áframeldis er háð stofnstærð hverju sinni. Í þeim tilvikum sem um er að ræða fönngun á þorskseiðum og smáfiski má gera ráð fyrir töluverðum sveiflum á milli ára allt eftir stærð árganga hverju sinni.

Gera má ráð fyrir meiri stöðugleika í aðgengi á stærri þorski til áframeldis en þar mun fönngun á þorski vera í samkeppni við aðra ráðstöfun á þorskafla. Varðandi eldisseiðin er þess ekki langt að bíða að unnt verði að framleiða nægilegan fjölda þeirra til að anna eftirspurn.

Kynbótaframfarir

Með notkun á villtum fiski til eldis er ekki verið að bæta eldisstofninn heldur er fangaður á hverju ári fiskur með sömu eiginleika til eldis. Með aðferðum kynbótafræðinnar er hins vegar hægt að velja til undaneldis fisk með eiginleika sem stuðla að bættri afkomu í greininni, svo sem aukinn vaxtarhraða, betri fódurnýtingu, síðbúnari kynþroska, meira sjúkdómaþol og betri holdgæði.

Tafla 2. Kostir og gallar við áframeldi á þorski og aleldi.

Table 2. Positive and negative attributes of on-growing of wild cod and farming of cod from hatching to market size.

Eiginleikar	Áframeldi	Aleldi
Stöðugleiki	-	+
Kynbótaframfarir	-	+
Sjúkdómavarnir	-	+
Sníkjudýr	-	+
Framleiðslukostnaður	+	-/+

Sjúkdómavarnir

Með notkun á villtum fiski er hættu á því að með honum berist inn í eldisstöðina ýmsar tegundir sjúkdómsvaldandi örvera og sníkjudýra (Sigurður Helgason o.fl. 2003). Í aleldi er betur hægt að tryggja að sjúkdómar berist ekki með seiðunum úr seiðaeldisstöðvum í sjókvíaeldið. Einnig er hægt að bólusetja þorsk í aleldi áður en hann fer í sjókvíar og auka þannig sjúkdómsviðnám fisksins og draga úr líkum á afföllum (Rødseth & Tangerås 2002).

Sníkjudýr (hringormar)

Í villtum þorski eru hringormar algeng sníkjudýr. Tíðni sýkingarinnar er meiri eftir því sem fiskurinn er stærri (Erlingur Hauksson 1992, 1997). Með því að fanga seiðin fljótlega eftir klak er ekkert eða lítið af sníkjudýrum í þeim (Sigurður Helgason o.fl. 2003). Eldisseiði sem alin eru á ræktuðum fæðudýrum og þurrfóðri eru hins vegar laus við hringorma.

Framleiðslukostnaður

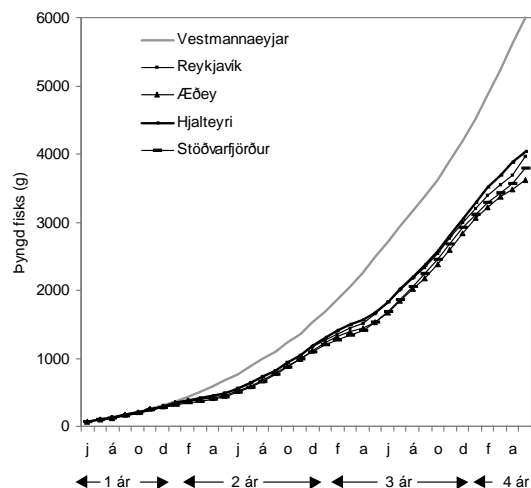
Arðsemiskannanir sem gerðar hafa verið benda ekki til að unnt sé að stunda aleldi á arðbæran hátt á Íslandi miðað við núverandi

forsendur (Valdimar Ingi Gunnarsson 1992, Björn Knútsson 1997, Erlendur Steinar Friðriksson 2001). Aftur á móti er talið að hagnaðarvon sé við áframeldi á þorski (Erlendur Steinar Friðriksson 2001, Jón Gunnar Schram 2002). Í framtíðinni er ólíklegt að áframeldi á villtum þorski geti keppt við aleldi á kynbættum eldisþorski. Því er litið á notkun á villtum þorski til áframeldis sem tímabundna lausn.

5.2 Samanburður á eldissvæðum

Ef vaxtarskilyrði í þorskeldi eru eingöngu metin út frá hitafari hentar Suðurland best til þorskeldis en svipaðar aðstæður eru við Vesturland, Vestfirði, Norðurland og Austurland (17. mynd). Við módelútreikninga á vexti 75 g þorskseiða er miðað við sjávarhita á árinu 2000 en hann var að meðaltali um 8,1°C við Vestmannaeyjar, 6,1°C í Reykjavík, 5,4°C við Æðey í Ísafjarðardjúpi, 5,7°C við Hjalteyri í Eyjafirði og 4,4°C í Stöðvarfirði skv. mælingum Hafrannsóknastofnunarinnar. Þrátt fyrir 1,7°C lægri meðalsjávarhita í Stöðvarfirði en við Reykjavík benda útreikningar til að vöxturinn sé svipaður á báðum stöðum. Þetta má skýra með minni árstíðasveiflum í sjávarhita og að jafnaði minna fráviki frá kjörhita í Stöðvarfirði en við Reykjavík. Á árinu 2000 var sjávarhiti tiltölulega hár. Við Hjalteyri var hann t.d. um 1,2°C hærri en meðaltal árána 1987-1996 (Steingrímur Jónsson 1999).

Verulegur munur er á vaxtarhraða við Suðurland samanborið við aðra landshluta (17. mynd). Eftir 36 mánaða eldi er fiskurinn í Vestmannaeyjum orðinn um 6,0 kg en minnsti vöxturinn er við Æðey en þar er reiknuð meðalstærð um 3,6 kg. M.t.t. sjávarhita hentar Suðurland vel til þorskeldis en hins vegar vantar þar skjólstaði fyrir þá eldistækni sem notuð er í dag. Eini staðurinn sem sjókvíaeldi er stundað við Suðurland er Klettsvík í Vestmannaeyjum. Aftur á móti er mun meira af skjólstöðum í öðrum landshlutum en þar eru aðrir neikvæðir þættir. Skv. sjávarhitamælingum Hafrannsóknastofnunarinnar er mest hætt á skaðlegri kælingu sjávar á Vesturlandi, Vestfjörðum og við vestanvert Norðurland (Steingrímur Jónsson 2004). Á seinnihluta níunda áratugarins drapst lax í sjókvíum við vestanvert landið vegna ofkælingar (Rannsóknarráð ríkisins 1992). Ekki er vitað um kuldaþol þorsks við Ísland (kafla 2.2). Það er því óljóst hvort hann hefði getað lifað við þær aðstæður sem mynduðust seinni hluta níunda



17. mynd. Framreiknaður vöxtur á 75 g þorskseiðum sem sett eru í sjókvíar í byrjun júní við Vestmannaeyjar, Reykjavík, Æðey í Ísafjarðardjúpi, Hjalteyri við Eyjafjörð og í Stöðvarfirði. Við útreikninga er notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002) og stuðst við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar frá árinu 2000.

Fig. 17. Calculated growth of 75 g juvenile cod reared in sea cages from the beginning of June in Vestmannaeyjar, Reykjavík, Aedey in Ísafjarðardjúpi, Hjalteyri in Eyjafjörður and Stöðvarfjörður. Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature by the Marine Research Institute in the year 2000.

áratugarins við vestanvert landið. Við norðanverða Vestfirði og Norðurland er meiri hætt á hafís en við Austfirði en hins vegar hverfandi líkur á hafískomum við vestur- og suðurströndina (Þór Jakobsson 2002).

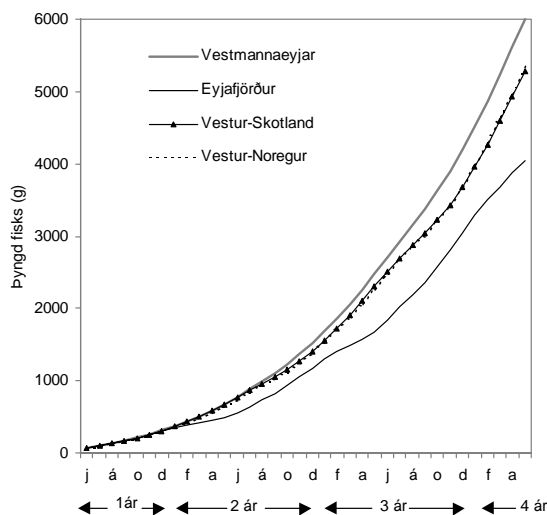
5.3 Samanburður við samkeppnislönd

Við samanburð á umhverfisaðstæðum til þorskeldis á Íslandi og í samkeppnislöndunum er hér tekið mið af Vestur-Noregi og Vestur-Skotlandi. Önnur lönd geta einnig komið til greina sem samkeppnislönd s.s. Írland, Kanada og jafnvel Chile en þar er t.d. umfangsmikið eldi á Atlantshafslaxi og ekki útilokað að hægt sé að vera með eldi á þorski úr Atlantshafi.

Þegar framreiknaður er vöxtur á 75 g þorski út frá sjávarhita við Vestmannaeyjar og Eyjafjörð, Vestur-Noreg og Vestur-Skotland kemur fram að vöxtur er mestur við Vestmannaeyjar (18. mynd). Í Vestmannaeyjum er meðalhitastig 7,9°C, en 8,8°C við Stad í Vestur-Noregi og 10,1°C við Millport í Vestur-Skotlandi (Steingrímur Jónsson 2001). Minnstur er vöxturinn í Eyjafirði enda er meðalhitastig þar lægst eða um 5,7°C. Eftir 36 mánaða eldi er fiskurinn í

Eyjafirði um 4,0 kg eða 1,3 kg léttari en við Vestur-Noreg og Vestur-Skotland. Mestan vaxtarhraða þorsks við Vestmannaeyjar má skýra með minni sveiflum í sjávarhita og að hiti er þar nær kjörhita stærrí hluta af árinu en í samanburðarlöndunum. Í Vestur-Noregi og Vestur-Skotlandi fer sjávarhitinn vel yfir kjörhita á sumrin sérstaklega eftir því sem fiskurinn stækkar og kjörhiti hans lækkar (Björn Björnsson o.fl. 2001). Með aukinni stærð eykst því munurinn í vaxtarhraða, fiskinum við Vestmannaeyjar í vil. Það er þó ekki hægt að útiloka að þorskur við Skotland og Noreg hafi hærri kjörhita en þorskur við Ísland sem vaxtarlíkanið miðast við (Björn Björnsson & Agnar Steinars-son 2002) og vaxi því betur en kemur fram á 18. mynd. Úr því verður ekki skorið nema með rannsóknum á næstu árum.

Þróunin verður væntanlega sú að samkeppnisaðilar muni setja út lítíl seiði í sjókvíar. Ef miðað er við að setja út þriggja g seiði í



18. mynd. Framreiknaður vöxtur á 75 g þorskeiðum sem sett eru í sjókvíar í byrjun júní í Eyjafirði, Vestmannaeyjum, Vestur-Noregi (Stad) og Vestur-Skotlandi (Millport). Fyrir Eyjafjörð og Vestmannaeyjar er vöxtur þorsks reiknaður út frá mælingum Hafrannsóknastofnunarinnar á sjávarhita á árinu 2000 og fyrir Millport og Stad er stuðst við gögn frá Steingrími Jónssyni (2001). Við útreikninga er notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002).

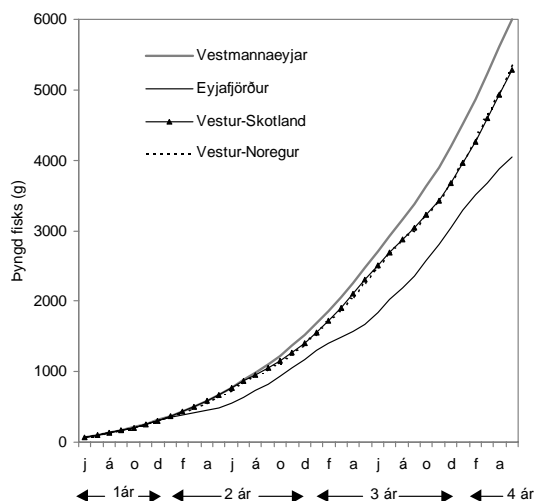
Fig. 18. Calculated growth of 75 g juvenile cod reared in sea cages from the beginning of June in Eyjafjörður, Vestmannaeyjar, Western Norway (Stad) and Western Scotland (Millport). Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature in Iceland by the Marine Research Institute in the year 2000. Temperature data for Stad and Millport were obtained from Steingrímur Jónsson (2001).

sjókvíar í staðinn fyrir 75 g minnkar munurinn á framreiknuðum vexti þorsks við Vestmannaeyjar, Vestur-Skotland og Vestur-Noreg (19. mynd). Aftur á móti eykst munurinn á vexti þorsks í Eyjafirði og eftir um 36 mánaða eldi hefur þorskurinn í Eyjafirði aðeins náð um tveggja kg þyngd meðan fiskurinn við Vestur-Noreg og Vestur-Skotland hefur náð um 3,5 kg þyngd.

Lengri vaxtartími við norðanvert landið en í samkeppnislöndunum leiðir af sér hærri framleiðslukostnað. Fleiri sjókvíar þarf til að framleiða saman magn og á svæðum þar sem vaxtarhraði er meiri og stofnkostnaður verður því hærri. Jafnframt þarf að halda meiri lífmassa í sjókvíunum eftir því sem vöxturinn er minni til að ná sömu ársframeiðslu. Aukinn lífmassi í sjókvíum eykur fjárbindingu og vaxtarkostnaður eykst. Minni vaxtarhraði eykur líkur á afföllum vegna lengri eldistíma. Það er því mikilvægt að reyna með rannsókn- og þróunarvinnu á næstu árum að auka vaxtarhraða á þorski við norðanvert landið til að ná sambærilegum vexti og þekktist hjá samkeppnisaðilum sem eru með betri náttúrulegar aðstæður til þorskeldis.

Í íslenskum fjörðum fer sjávarhiti yfirleitt ekki yfir 10-12°C á sumrin en á einstökum svæðum upp undir 15°C (Steingrímur Jónsson 1999). Of hár sjávarhiti verður því varla til vandræða í þorskeldi við Íslandsstrendur. Í Vestur-Noregi og Vestur-Skotlandi getur sjávarhitinn hækkað það mikið í heitum sumrum að það leiði til verulegra affalla á stórum þorski (kafla 2.1). Við Vestur-Noreg er besti vöxturinn á veturna þegar sjávarhiti er undir 10°C en þegar sjávarhiti fer yfir 14°C minnkar át og vöxtur hjá fiski sem er stærrí en eitt kíló (Kvenset o.fl. 2000). Hár sjávarhiti yfir sumarmánuðina í Vestur-Noregi og Vestur-Skotlandi getur því hugsanlega orðið vandamál sérstaklega hjá stórum fiski. Það er þó ekki hægt að útiloka að hægt verði að finna lausnir á þessu máli. Í því sambandi má nefna að við þessi lönd er sjórinn lagskiptur og því mögulegt að koma fiskinum úr heitum yfirborðssjó niður í kaldari sjó yfir heitustu mánuðina á sumrin (Steingrímur Jónsson 2004). Aðrar lausnir koma einnig til greina eins og t.d. súrefnisgjöf í sjókvíar þegar súrefnisinnihald sjávar er lágt á sumrin en það er t.d. talið geta aukið vöxt og fódurnýtingu hjá eldislaxi (Næss o.fl. 2003).

Fóður er stærsti kostnaðarliðurinn í þorskeldi (Björn Knútsson 1997). Besti fóðurstuðullinn



19. mynd. Framreiknaður vöxtur 3 g þorsks sem settur er í sjókvíar byrjun júní í Eyjafirði, Vestmannaeyjum, Vestur-Noregi (Stad) og Vestur-Skotlandi (Millport). Við útreikninga er notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002). Sjávarhiti fyrir Eyjafjörð og Vestmannaeyjar er byggður á mælingum Hafrannsóknastofnunarinnar frá árinu 2000 og fyrir Millport og Stad er stuðst við gögn frá Steingrími Jónssyni (2001).

Fig. 19. Calculated growth of 3 g juvenile cod reared in sea cages from the beginning of June in Eyjafjörður, Vestmannaeyjar, Western Norway (Stad) and Western Scotland (Millport). Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature in Iceland by the Marine Research Institute in the year 2000. Temperature data for Stad and Millport were obtained from Steingrímur Jónsson (2001).

fæst 1-2°C fyrir neðan kjörhita fyrir vöxt (Björn Björnsson o.fl. 2001). Það er því hættu á að hár sjávarhiti í Vestur-Noregi og Vestur-Skotlandi yfir sumarmánuðina hafi neikvæð áhrif á fæðingstuðulinn. Sömuleiðis getur lágur sjávarhiti yfir vetrarmánuðina haft neikvæð áhrif á fæðingstuðulinn. Samanburður á milli landa munu á næstum árum skera úr um hvort aðstæður til þorskeldis séu nægilega góðar á Íslandi til að geta keppt við nágrannalöndin.

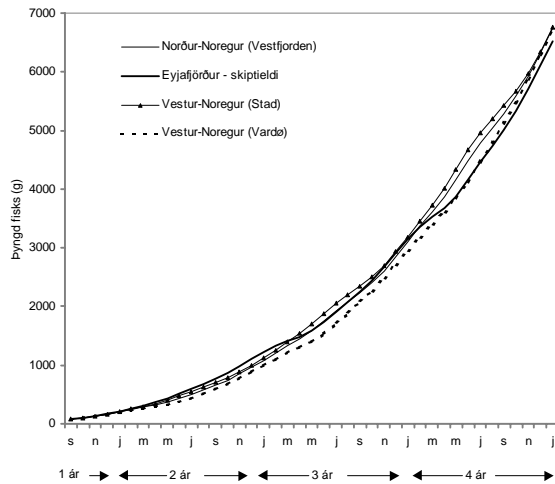
5.4 Val á eldisaðferðum og eldistækni

Á Vesturlandi, Vestfjörðum, Norðurlandi og Austurlandi er vöxtur minni en í samkeppnislöndum eins og Noregi og Skotlandi. Ein leið til að minnka þennan mun er að framleiða stórseiði í strandeldisstöðvum. Þrátt fyrir að framleidd séu 500 g seiði í strandeldisstöð og sett í sjókvíar um vor við norðanvert landið tekur það svipaðan tíma að ná fiskinum upp í markaðsstærð og við Stad í Vestur-Noregi og í Vest-

fjorden syðst í Norður-Noregi og Vardø nyrst í Norður-Noregi (20. mynd). Með því að ala fiskinn í strandeldi við því sem næst kjöraðstæður fyrsta veturinn næst eingöngu svipaður vöxtur og við náttúrulegar aðstæður í Vestur- og Norður-Noregi. Framleiðslukostnaður í strandeldi er meiri en í sjókvíaelði (Björn Knútsson 1997). Það má því gera ráð fyrir hærri framleiðslukostnaði við skiptiöldi við norðanvert Ísland en í sjókvíaelði í Noregi. Það er því mikilvægt að draga úr stofn- og rekstrarkostnaði strandeldisstöðva á næstu árum til að skiptiöldi á Íslandi geti orðið samkeppnishæft í framtíðinni. Einnig kemur til greina að hanna og þróa fljóttandi búnað þar sem hægt er að stjórna umhverfisþáttum eða staðsetja hann á svæðum þar sem sjávarhiti er hagstæður fyrir vöxt á smærri fiski.

Ef sjókvíaelði hér við land á að geta orðið samkeppnishæft þarf með rannsókn- og þróunarvinnu á næstu árum að miða að því að þróa eldisaðferðir sem henta á köldum svæðum við norðanvert landið. Kjörhitastig þorsks lækkar með aukinni stærð (Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002). Norðanvert landið hentar e.t.v. betur til framleiðslu á stórum eldisþorski en svæði þar sem sjávarhiti er hærri. Að jafnaði hækkar verð á þorski eftir því sem hann er stærri (www.verdlagsstofa.is). Á móti kemur meiri kostnaður vegna lengri framleiðslutíma. Einnig má gera ráð fyrir hærri fæðingstuðli með aukinni stærð og kynþroska fisksins (kaflí 3.5).

Hætta á afföllum á eldisþorski hér við land getur skapast vegna undirkælingar sjávar en með notkun sökkvanlegra kvía má hugsanlega draga úr þeirri áhættu. Í Kanada var talið að lagnaðarís yfir einu eldisvæði hafi komið í veg fyrir að ískristallar hafi borist niður að eldisþorski sem lifði af sjávarhita allt niður í -1.7°C (kaflí 2.2). Ískristallar myndast í yfirborði sjávar og berast með ölduróti niður í sjóinn (Steingrímur Jónsson 2004). Með því að hafa djúpar kvíar er hægt að koma í veg fyrir að ískristallar berist að eldisþorskinum og jafnframt að koma honum undir öldurótið og minnka þannig álagið á fiskinum. Þessi aðferð kemur þó ekki í veg fyrir að rekís valdi tjóni á sjókvíum. Á mörgum svæðum við Vesturland, Vestfirði, Norðurland og Austurland er hættu á að lagnaðarís myndist og valdi tjóni á búnaði þegar hann losnar. Með því að sökkva kvíunum er hægt að koma í veg fyrir tjón af völdum rekíss. Tilraunir með þorskeldi í sökkvanlegum kvíum eru nú stundaðar á



20. mynd. Seiði sem eru 75 g að þyngd eru tekin í strandeldi í september og alin við 10°C fram í byrjun júní árið eftir. Seiðin eru síðan alinn í sjókvívum í Eyjafirði (skiptiöldi) og til samanburðar er áætlaður vöxtur á 75 g seiðum sem sett eru strax í sjókvíar og alin við náttúrulegan sjávarhita við Stad, Varangerfjorden og Vardø í Noregi. Við útreikninga er notað vaxtarlíkan Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar (2002). Stuðst er við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar í Eyjafirði frá árinu 2000 og fyrir Noreg er stuðst við gögn frá Steingrími Jónssyni (2001).

Fig. 20. Calculated growth of 75 g juvenile cod reared in a land based farm at 10°C from September until June next year. Then the fish are reared in sea cages in Eyjafjörður. For comparison calculated growth of 75 g juveniles reared all the time in Stad, Varangerfjord and Vardø, Norway. Calculations were based on the growth model of Björn Björnsson and Agnar Steinarsson (2002) and measurements of seawater temperature in Iceland by the Marine Research Institute in the year 2000. Temperature data for Norway were obtained from Steingrímur Jónsson (2001).

vegum Þórsbergs hf í Tálknafirði og Vopnfisks hf í Vopnafirði. Aðrar aðferðir koma einnig til greina til að draga úr hættu á tjóni af rekis s.s. einfestukvíar sem fljótlegt er að losa og draga í skjól fyrir rekisnum. Tilraunir með öflugar einfestukvíar eru nú gerðar á vegum Guðmundar Runólfssonar hf. í Grundarfirði.

Þó að sjór úti fyrir Suðurlandi henti vel til þorskeldis m.t.t. sjávarhita eru aðrir mikilvægir þættir óhagstæðir. Suðurströnd landsins er opin og því ekki mögulegt að nýta þar hefðbundna tækni fyrir sjókvíaelði. Til að hægt verði að stunda eldi á þorski í sjó við suðurströndina þarf að hanna og þróa nýja eldistækni. Erlendis er verið að þróa sökkvanlegar úthafskvíar m.a. fyrir þorskeldi á vegum háskólans í New Hampshire í Bandaríkjunum (www.oaa.unh.edu/). Á nífunda áratugnum var gerð tilraun með laxeldi í tankskipi undan ströndum Frakklands (Anon.

1989). Á Spáni er verið að þróa fljótandi mannvirki eða skip til eldis á fiski. Stærstum hluta þess er sökk undir yfirborð sjávar og niður úr botni þess hanga netpokar sem fiskurinn er alinn í (Strutt 2003a,b, www.itzasi.com). Það eru því nokkrar útfærslur af eldistækni á opnum svæðum sem hafa verið reyndar eða eru í þróun. Ekki liggja fyrir upplýsingar um hvort slík tækni sé notuð í einhverjum mæli í atvinnuskyni eða hvort hægt sé að vera með samkeppnishæft eldi á opnum svæðum eins og við Suðurland. Við þróun og prófun á heppilegri tækni til eldis á opnum svæðum er eðlilegt fyrst í stað að gerðar verði tilraunir á skjólbetri svæðum en finnst við Suðurland s.s. í sunnanverðum Faxaflóa. Vegna hærri sjávarhita hentar sjórinnetur betur til eldis á smærri þorski við sunnanvert landið en norðanvert. Það er því áhugavert að gera tilraunir með eldi á seiðum í sökkvanlegum kvívum í sunnanverðum Faxaflóa fyrsta veturinn og flytja seiðin síðan á kaldari svæði við norðanvert landið þegar sjávarhitinn hækkar um vorið. Til að unnt sé að sinna neðansjávarkvíum er nauðsynlegt að þróa viðeigandi búnað til fóðrunar og eftirlits.

6.0 ÞAKKIR

Dr. Karl Gunnarsson, sjávarvistfræðingur á Hafrannsóknastofnuninni, las handritið yfir og kom með gagnlegar ábendingar.

7.0 HEIMILDIR

- Albert K. Imsland & Ólöf Dóra Bartels Jónsdóttir 2002. Is there a genetic basis to growth in Atlantic cod? *Fish and Fisheries* 3: 36-52.
- Ali, M., Nicieza, A. & Wootton, R.J. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries* 4: 147-190.
- Akse, L. & Midling, K. 1997. Live capture and starvation of capelin cod (*Gadus morhua* L.) in order to improve the quality. Í: Luten, J.B., Børresen, T. & Oehlenschläger, J. (ritstj.), *Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality*. Elsevier Science BV, Amsterdam, bls. 47-58.
- Anon. 1989. French grow salmon in barge tank. *Fish Farming International* 16(9): 1-2.
- Anon. 2003. Nytjastofnar sjávar 2002/2003. Aflahorfur 2003/2004. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 97: 1-196.
- Austreng, E., Mørkøre, T. & Helle, T. 2003. Oppföra torsk fikk leverstørrelse som skrei. *Norsk fiskeoppdrett* 28(14): 40-41.
- Beamish, F.W.H. 1966. Swimming endurance of some Northwest Atlantic fishes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 23: 341-347.

- Bjarni Sæmundsson 1926. *Fiskarnir*. Bókaverslun Sigfúsar Eymundssonar, 512 bls.
- Björgvin Harri Bjarnason 2001. *Þorskseiðaeldi - Mat á stofnkostnaði og arðsemi þorskseiðaeldisstöðvar*. Lokaverkefni í sjávarútvegsdeild Háskólans á Akureyri.
- Björn Björnsson 1993. Swimming speed and swimming metabolism of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to available food: a laboratory study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 2542-2551.
- Björn Björnsson 1994. Þorskelði við Íslandsstrendur. *Sjómannadagsblað Neskaupstaðar* 17: 40-45.
- Björn Björnsson 1995. Fóðrun á villtum þorski í Stöðvarfirði. *Kímblaðið* 8: 31-34.
- Björn Björnsson 1997a. Vöxtur og fóðurnýting þorsks í eldistilraunum ásamt mati á heildaráti íslenska þorskstofnsins. Í: Fjölstofnarannsóknir 1992-1995 *Hafrannsóknastofnunarinnar*. *Fjölrit* 57: 217-225.
- Björn Björnsson 1997b. Tilraunafóðrun á þorski í Stöðvarfirði 1995-96. Í: Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. *Hafrannsóknastofnunarinnar*. *Fjölrit* 57: 227-239.
- Björn Björnsson 1999a. Fjord-ranching of wild cod in an Icelandic fjord: effects of feeding on nutritional condition, growth rate and behaviour. Í: B.R. Howell, E. Moksness & Svásand, T. (ritstj.), *Stock enhancement and sea ranching*. Fishing News Books, Oxford, bls. 243-256.
- Björn Björnsson 1999b. Is the growth rate of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) food-limited? A comparison between pen-reared cod and wild cod living under similar thermal conditions. *Rit Fiskideildar* 16: 271-279.
- Björn Björnsson 2001. Can fisheries yield be enhanced by large-scale feeding of a predatory fish stock? A case study of the Icelandic cod stock. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 2091-2104.
- Björn Björnsson 2002. Effects of anthropogenic feeding on the growth rate, nutritional status and migratory behaviour of free ranging cod in an Icelandic fjord. *ICES Journal of Marine Science* 59: 1248-1255.
- Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002. The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 494-502.
- Björn Björnsson, Agnar Steinarsson & Matthías Oddgeirsson 2001. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science* 58: 29-38.
- Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001. *Áframeldi þorsks í Eyjafirði 2001*. Skýrsla til Nýsköpunarsjóðs námsmanna. Háskólinn á Akureyri. Sjávarútvegsdeild.
- Björn Knútsson 1997. *Þorskelði á Íslandi. Samanburður á arðsemi í strandeldi, kvíaeldi og fjarðaeldi*. Meistaraprófsritgerð í sjávarútvegsfræðum frá H.Í. 93 bls.
- Black, D. & Love, R.M. 1986. The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *Journal Comparative Physiology* 156B: 469-479.
- Blaxter, J.H.S. & Dickson, W. 1959. Observations on the swimming speeds of fish. *Journal du Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 24: 472-79.
- Bleie, H. 2003. Helsestatusjonen, potensielle problemer og forebyggende tiltak. Í: Ervik, A., Kiessling, A., Skilbrei, O. & van der Meeren, T. (ritstj.), *Havbruksrapport 2003. Fisken og havet*, særnr.3: 57-60.
- Bouef, G. & Le Bail, P.-Y. 1999. Does light have an influence on fish growth? *Aquaculture* 177: 129-152.
- Braaten, B. 1984. Growth of cod in relation to fish size and ration level. Í: Dahl, E., Danielssen, D.S. Moksness, E. & Solemdal, P. (ritstj.), *The propagation of cod (Gadus morhua L.)*. *Flødevigen rapportser.* 1: 677-710.
- Brander, K.M. 1994. Patterns of distribution, spawning and growth in North Atlantic cod: the utility of inter-regional comparisons. *ICES Marine Science Symposia* 198: 406-413.
- Brawn, V.M. 1961. Aggressive behaviour in the cod (*Gadus callarias* L.). *Behaviour* 18: 104-147.
- Brawn, V.M. 1969. Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26: 583-596.
- Bromley, P.J. 1991. Gastric evacuation in cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Marine Science Symposia* 193: 93-98.
- Brynjólfur Eyjólfsson 2001. *Holdafar þorsks, vinnslunýting og vinnslustjórnun*. Meistaraprófsritgerð í sjávarútvegsfræðum frá Háskóla Íslands, 117 bls.
- Brynjólfur Eyjólfsson, Sigurjón Arason, Gunnar Stefánsson & Guðjón Þorkelsson 2001. *Holdafar þorsks, vinnslunýting og vinnslustjórnun*. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins*. *Skýrsla Rf2*: 1-113.
- Bøhle, B. 1974. Temperatúrpreferanse hos torsk (*Gadus morhua* L.). *Fisken og havet*, serie B, nr. 20.
- Bjørnevik, M., Karlsen, Ø., Johnston, I. A. & Kiessling, A. 2003. Effect of sustained exercise on white muscle structure and flesh quality in farmed cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 34: 55-54.
- Castonguay, M. & Cyr, D.G. 1998. Effects on temperature on spontaneous and thyroxine-stimulated locomotor activity of Atlantic cod. *Journal of Fish Biology* 53: 303-313.
- Chabot, D. & Dutil, J. 1999. Reduced growth of Atlantic cod in non-lethal hypoxic conditions. *Journal of Fish Biology* 55: 472-491.
- Chambers, R.C. & Waiwood, K.G. 1996. Maternal and seasonal differences in egg sizes and spawning characteristics of captive Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 1986-2003.
- Christiansen, B. 1990. Vill torsk som settefisk. *Norsk fiskeoppdrett* 15(8): 26-27.

- Clark, D.S., Brown, J.A., Goddard, S.J. & Moir, J. 1995. Activity and feeding behaviour of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in sea pens. *Aquaculture* 131: 49-57.
- Claireaux, G., Webber, D.M., Kerr, S.R. & Boutilier, R.G. 1995a. Physiology and behaviour of free-swimming Atlantic cod (*Gadus morhua*) facing fluctuating temperature conditions. *Journal of Experimental Biology* 198: 49-60.
- Claireaux, G., Webber, D.M., Kerr, S.R. & Boutilier, R.G. 1995b. Physiology and behaviour of free-swimming Atlantic cod (*Gadus morhua*) facing fluctuating salinity and oxygenation conditions. *Journal of Fish Biology* 198: 61-69.
- Cote, D., Ollerhead, L.M.N., Gregory, R.S., Scruton, D.A. & McKinley, R.S. 2002. Activity patterns of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) in Buckley Cove, Newfoundland. *Hydrobiologia* 483: 121-127.
- Cyr, D.G., Idler, D.R., Audet, C., McLeese, J.M. & Eales, J.G. 1998. Effects of long-term temperature acclimation on thyroid hormone deiodinase function, plasma thyroid hormone levels, growth and reproductive status of male Atlantic cod, *Gadus morhua*. *General and Comparative Endocrinology* 109: 24-36.
- Dahle, R., Taranger, G.L. & Norberg, B. 2000. Sexual maturation and growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) reared at different light intensities. Í: Norberg, B. [o.fl.] (ritstj.), *Reproductive Physiology of Fish. Proceedings of the 6th symposium*. Bergen 1999, bls. 336.
- Davison, W. 1997. The effects of exercise training on teleost fish, a review of recent literature. *Comparative Biochemistry and Physiology* 117A: 67-74.
- Despatie, S.-P., Castonguay, M. & Chabot, D. 2001. Final thermal preferendum of Atlantic cod: effect of food ration. *Transactions of the American Fisheries Society* 130: 263-275.
- dos Santos, J. & Jobling, M. 1991a. Factors affecting gastric evacuation in cod, *Gadus morhua* L., fed single-meals of natural prey. *Journal of Fish Biology* 38: 697-713.
- dos Santos, J. & Jobling, M. 1991b. Gastric emptying in cod, *Gadus morhua* L.: Emptying and retention of indigestible solids. *Journal of Fish Biology* 38: 187-197.
- dos Santos, J. & Jobling, M. 1995. Test of a food consumption model for the Atlantic cod. *ICES Journal of Marine Science* 52: 209-219.
- dos Santos, J., Burkow, I.C. & Jobling M. 1993. Patterns of growth and lipid deposition in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural prey and fish-based feeds. *Aquaculture* 110: 173-189.
- Dunham, R.A., Majumdar, K., Hallerman, E., Bartley, D., Mair, G., Hulata, G., Liu, Z., Pongthana, N., Bakos, J., Penman, D., Gupta, M., Rothlisberg, P. & Hoerstgen-Schwark, G. 2001. Review of the status of aquaculture genetics. Í: Subasinghe, R.P., Bueno, P., Phillips, M.J., Hough, C., McGladdery, S.E. & Arthur, J.R. (ritstj.), *Aquaculture in the Third Millennium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium*, Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000. NACA, Bangkok and FAO, Rome, bls. 137-166.
- Dutil, J.-D., Murno, J., Audet, C. & Besner, M. 1992. Seasonal variation in the physiological response of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to low salinity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 1149-1156.
- Dutil, J.-D., Lambert, Y., & Boucher, E. 1997. Does higher growth rate in Atlantic cod (*Gadus morhua*) at low salinity result from lower standard metabolic rate or increased protein digestibility? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(Suppl.1): 99-103.
- Eliassen, J.-E. & Vahl, O. 1982. Seasonal variations in the gonad size and the protein and water content of cod, *Gadus morhua* (L.), muscle from Northern Norway. *Journal of Fish Biology* 20: 527-533.
- Einar Jónsson 1982. A survey of spawning and reproduction of the Icelandic cod. *Rit fiskideildar* 6(2): 1-45.
- Erlendur Steinar Friðriksson 2001. *Arðsemismat í þorskeldisstöð*. Lokaverkefni við sjávarútvegsdeild, Háskólinn á Akureyri.
- Erlingur Hauksson 1992. Selir og hringormar. *Hafrannsóknir* 43: 1-123.
- Erlingur Hauksson, 1997. Hringormar. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. RF pistlar* 1:1-4.
- Fisher, R. 1988. Assessments and observations of a cod farming operation in Newfoundland. *Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 194: 1-51.
- Fletcher, G.L., King, M.J. & Kao, M.H. 1987. Low temperature regulation of antifreeze glycopeptide levels in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Zoology* 65: 227-233.
- Fletcher, G.L., Wroblewski, J.S., Hickey, M.M., Blanchard, B., Kao, M.H. & Goddard, S.V. 1997. Freezing resistance of caged Atlantic cod (*Gadus morhua*) during a Newfoundland winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(Suppl. 1): 94-98.
- Folkvord, A. 1991. Growth, survival and cannibalism of cod juveniles (*Gadus morhua*): effects of feed type, starvation and fish size. *Aquaculture* 97: 41-59.
- Folkvord, A. & Otterå, H. 1993. Effects of initial size distribution, day length, and feeding frequency on growth, survival, and cannibalism in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture* 114: 243-260.
- Fordham, S.E. & Trippel, E.A. 1999. Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning. *Journal of Applied Ichthyology* 15: 1-9.
- Goddard, S.V. & Fletcher, G.L. 1994. Antifreeze proteins: Their role in cod survival and distribution from egg to adult. *ICES Marine Science Symposia* 198: 676-683.
- Goddard, S.V., Kao, M.H. & Fletcher, G.L., 1992. Antifreeze production, freeze resistance, and

- overwintering of juvenile Northern Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 516-522.
- Goddard, S.V., Kao, M.H. & Fletcher, G.L. 1999. Population differences in antifreeze production cycles of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) reflect adaptations to overwintering environment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 1991-1999.
- Goddard, S.V., Wroblewski, J.S., Taggart, C.T., Howse, K. A., Bailey, W.L., Kao, M.H., & Fletcher, G.L. 1994. Overwintering of adult northern Atlantic cod (*Gadus morhua*) in cold inshore waters as evidenced by plasma antifreeze glycoprotein levels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 2834-2842.
- Guðrún Marteinsdóttir & Gróa Pétursdóttir 1995. Spatial and temporal variation in reproduction of Icelandic cod at Selvogsbanki and nearby coastal areas. *ICES CM 1995/G:15*.
- Hall, S.J. 1988. The effects of reversal of seasonal changes in photoperiod on the growth and food consumption of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology* 32: 783-792.
- Hansen, T., Karlsen, Ø., Taranger, G.L., Hemre, G-I., Holm, J.C. & Kesbu, O.S. 2001. Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture* 203: 51-67.
- Harden Jones, F.R. & Scholes, P. 1974. The effect of low temperature on cod, *Gadus morhua*. *Journal du Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 35: 258-271.
- He, P. 1991. Swimming endurance of the Atlantic cod, *Gadus morhua* L., at low temperatures. *Fisheries Research* 12: 65-73.
- Hemre, G-I., Northvedt, R., Sandnes, K. & Lie, Ø. 2000. Oppdrett av torsk: Hurtig vekst uten kjempelever. *Norsk fiskeoppdrett* 25(16): 24-27.
- Hemre, G-I., Taranger, G.L. & Hansen, T. 2002. Gonadal development influences nutrient utilisation in cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 214: 201-209.
- Hjalti Karlsson 2002. *Áframeldi þorsks á Íslandi - Yfirlit og niðurstöður tilrauna*. Fyrirlestur frá fundarferð í maí 2002 á vegum verkefnisins Þorskelði á Íslandi: Stefnumörkun og upplýsingabanki (www.thorskeldi.is/Skjol/FundurMai02/AHjalti.pdf).
- Holm, J.K., Svåsand, T. & Wennevik, V. (ritstj.) 1991. *Håndbok i torskeoppdrett - Stamfiskforhold og yngelproduksjon*. Havforskningsinstituttet, Senter for havbruk, 156 bls.
- Hutchins, O. 2002. Ongrowing of cod (*Gadus morhua*) on land and cage sites. *Marine seminar, Glasgow, 18 april 2002. Dana Feed a/s*.
- Isaksen, B. & Midling, K.Ø. 1994. Nytt konsept for å øke fôringskapasitet og redusere dødlighet hos nyfangnet levende torsk. Sluttrapport til Effektiviseringsmidlene: Levendefisk - "Svein Frode" prosjektnr: 005:94, Havforskningsinstituttet.
- Isaksen, B. & Midling, K.Ø. 1995. *Fishing strategy, gear modification and new holding tanks in order to keep seine net fish alive*. (Öbirt handrit).
- Isaksen, B. & Saltskår, J. 2003. Fullskalaforsøk med fangst, føring og levering av levende torsk. *Fisken og havet* 8: 1-23.
- Isaksen, B., Midling, K. & Øvredal, J.T. 1993. Dødlighet hos snurrevadfanget torsk etter innsetting i polarcirkelmerd. Havforskningsinstituttet. *Rapport fra Senter for marine ressursar* 18.
- Jahnsen, T. (ritstj.) 1988. Torsk som oppdrettsfisk - Det biologiske grunnlag, etablering og drift, økonomi og markedsføring. *En rapport fra "Myreprosjektet"*. Tromsø, 179 bls.
- Jobling, M. 1988. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. *Aquaculture* 70: 1-19.
- Jobling, M., Knudsen, R., Pedersen P.S. & dos Santos, J. 1991. Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 92: 243-257.
- Jobling, M., Meløy, O.H., dos Santos, J. & Christiansen, B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. *Aquaculture International* 2: 75-90.
- Jón Gunnar Schram 2002. *Eldi á villtum þorski (Gadus morhua) í kvíum*. M.S.-ritgerð í sjávarútvegsfræðum. Háskóli Íslands, 195 bls.
- Jón Jónsson 1949. Spawning off the North coast. *Annales Biologiques* 4: 35-37.
- Kao, M.H. & Fletcher, G.L., 1988. Juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) can be more freeze resistant than adults. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 902-905.
- Karlsen, Ø. 2002. Tilvekst hos torsk. Í: Glette, J., van der Meer, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisken og havet, særnr. 3: 74-76*.
- Karlsen, Ø. & Adoff, G.R. 2003. Oppdrett av torsk. Í: Ervik, A., Kiessling, A., Skilbrei, O. & van der Meer, T. (ritstj.), *Havbruksrapport 2003. Fisken og havet, særnr. 3: 28-30*.
- Karlsen, Ø. & Taranger, G.L. 2003. Kan lysstyring løse problemet med tidlig kjønnsmodning i matfiskoppdrett av torsk? *Havforskningsnytt* nr. 5.
- Karlsen, O., Holm, J.C. & Kjesbu, O.S. 1995. Effects of periodic starvation on reproductive investment in first-time spawning Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture* 133: 159-170.
- Karlsen, O., Taranger, G.L., Dahle, R. & Norberg, B. 2000. Effects of exercise and continuous light on early sexual maturation in farmed Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Í: Norberg, B. [et al.] (ritstj.), *Reproductive Physiology of Fish. Proceedings of the 6th symposium*. Bergen 1999, bls. 328-330.

- Khan, R.A., Lee, E.M., & Baker, D. 1990. *Lernaeocera branchialis*: a potential pathogen to cod ranching. *Journal of Parasitology* 76: 913-917.
- Kjesbu, O.S. 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology* 34: 195-206.
- Kjesbu, O.S. 1994. Time of start of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*) females in relation to vitellogenic oocyte diameter, temperature, fish length and condition. *Journal of Fish Biology* 45: 719-735.
- Kjesbu, O.S. & Holm, J.C. 1994. Oocyte recruitment in first-time spawning Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to feeding regime. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 1893-1898.
- Kjesbu, O.S., Klungsoyr, J., Kryvi, H., Witthames, P.R. & Walker, M.G., 1991. Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 2333-2343.
- Kjesbu, O.S., Solemdal, P., Bratland, P. & Fonn, M. 1996. Variation in annual egg production in individual captive Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 610-620.
- Knudsen, R. 1997. RUBIN-fôret. Utprøving av vakumpumpe til utfôring. Stiftelsen RUBIN. Rapport nr. 302/64.
- Kock, K.-H. 1975. Über die haltung von Dorschen (*Gadus morhua* L.) in Netzkäfigen. *Archiv für Fischereiwissenschaft* 26: 35-48.
- Kvenseth, P.G. & Borthen, J. 2002. Torskeoppdrett - Norges nye vekstnæring? *Norsk fiskeoppdrett* 27(3): 34-36.
- Kvenseth, P.G., Winter, U., Hempel, E. & Fagerholt, A.F. 2000. *Torskeutredningen for SND*. KPMG, Trondheim. 110 bls.
- Lall, S.M. & Nanton, D. 2002. Nutrition of Atlantic cod. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 102-1: 23-26.
- Lambert, Y. & Dutil, J.D. 2000. Energetic consequences of reproduction in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning level of somatic energy reserves. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57: 815-825.
- Lambert, Y. & 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: 233-247.
- Lambert, Y., Dutil, J.-D. & Munro, J. 1994. Effects of intermediate and low salinity conditions on growth rate and food conversion of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 1569-1576.
- Lee, E.M. 1988. Commercial cod farming operations Newfoundland 1988. *Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 201: 1-52.
- Lie, Ø., Lied, E. & Lambertsen, G. 1988. Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*): fat versus protein content in the feed. *Aquaculture* 69: 333-341.
- Lie, Ø., Lied, E. & Lambertsen, G. 1989a. Feed attractants for cod (*Gadus morhua*). *Fiskeridirektoratets Skrifter, Serie Ernæring* 11(7): 227-233.
- Lie, Ø., Julshamn, K., Lied, E. & Lambertsen, G. 1989b. Growth and feed conversion in cod (*Gadus morhua*) on different feeds, retention of some trace elements in the liver. *Fiskeridirektoratets Skrifter. Serie Ernæring* 11(7): 235-244.
- Lied, E., Lie, Ø. & Lambertsen, G. 1985. Nutritional evaluation in fish by measurement of *in vitro* protein synthesis in white trunk muscle tissue. Í: Cowey, C.B., Mackie, A.M. and Bell, J.G. (ritstj.), *Nutrition and feeding in fish*. Academic Press, London, bls. 169-176.
- Lied, E., Lie, Ø. & Lambertsen, G. 1989. Fôring av oppdrettstorsk. *Fiskets Gang* 75(6): 12-14.
- Love, R.M. 1960. Water content of cod (*Gadus callarias* L.) muscle. *Nature* 185: 692.
- Love, R.M., 1980. *The chemical biology of fishes*. Vol. 2. Academic Press, 943 bls.
- Løkkeborg, S. 1998. Feeding behaviour of cod, *Gadus morhua*: activity rhythm and chemically mediated food search. *Animal behaviour* 56: 371-378.
- Midling, K.Ø. 1995. Ny mottaksmerd for levende torsk. *Norsk Fiskeoppdrett* 20(13): 69.
- Midling, K.Ø. 1998. Mottaksmerd for snurrevadfanget torsk. *Rapport Fiskeriforskning* 16: 1-15.
- Midling, K.Ø. & Isaksen, B. 1995. *New netpen constructions to increase surviving rate during acclimatisation of seine net captured cod (Gadus morhua L.) for aquaculture*. Presented at the Fourth Asian Fisheries Forum - 16.-20. October 1995, Beijing, China.
- Midling, K. Ø., Ås, K., Isaksen, B., Pettersen, J. & Jørgensen, S.H. 1998. A new design in transportation and net cage technology for live seafood and aquacultural purposes. *ICES CM 1998/L15*, 7 bls.
- Milliken, H.O., Farrington, M., Carr, H.A. & Lent, E. 1999. Survival of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the Northwest Atlantic longline fishery. *MTS Journal* 33(2): 19-24.
- Moir, J. 2002. *Cod farming i Canada - An update*. Marine seminar, Glasgow, 18 April 2002. Dana Feed a/s.
- Murphy, H. 2002. Status of cod growout in Newfoundland. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 102-1: 18-22.
- Næss, A., Gausen, M., Hovden, N. & Alvestad, A. 2003. Oksygen kan gi forbedringer. *Norsk fiskeoppdrett* 28(5): 38-41.
- Odense, P., Bordeleau, A. & Guilbault, R. 1966. Tolerance levels of cod (*Gadus morhua*) to low salinity. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 23: 1465-1467.
- Olafsen, T. & Dervå, J.M. 2002. Muligheter og risiko ved oppdrettet av torsk. *Norsk fiskeoppdrett* 27(4): 28-31.

- Ólafur Karvel Pálsson 1985. Fæða þorsks á togaramiðum. *Sjómannablaðið Víkingur* 45: 22-28.
- Ólafur Karvel Pálsson. Útbreiðsla og magn þorskungviðis við Ísland. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskelði á Íslandi. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 111: 29-40.
- Ólafur Karvel Pálsson, Haraldur A. Einarsson & Höskuldur Björnsson 2003. Survival experiments of undersized cod in a hand-line fishery at Iceland. *Fisheries Research* 61: 73-86.
- Olsen, S. & Soldal, A.V. 1989. Observations in inshore distribution and behavior of 0-group northeast Arctic cod. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 191: 296-302.
- Ólöf Dóra Bartels Jónsdóttir, Albert K. Imsland, Anna K. Daníelsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson & Nævdal, G. 1999. Genetic differentiation among Atlantic cod in south and south-east Icelandic waters: synaptophysin (*Syp I*) and haemoglobin (*HbI*) variation. *Journal of Fish Biology* 54: 1259-1274.
- Ólöf Dóra Bartels Jónsdóttir, Anna K. Daníelsdóttir & Nævdal, G. 2001. Genetic differentiation among Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in Icelandic waters: temporal stability. *ICES Journal of Marine Science* 58: 114-122.
- Ólöf Dóra Bartels Jónsdóttir, Albert K. Imsland, Anna K. Daníelsdóttir & Guðrún Marteinsdóttir 2002. Genetic heterogeneity and growth properties of different genotypes of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) at two spawning sites off south Iceland. *Fisheries Research* 55: 37-47.
- Otterå, H. & Folkvord, A. 1993. Allometric growth in juvenile cod (*Gadus morhua*) and possible effects on cannibalism. *Journal of Fish Biology* 43: 643-645.
- Óttar Már Ingvason 2002. Veiðar á þorski til áframeldis með leiðigildrum. *Stafnbúi, Tímarit nema við sjávarútvegsdeild Háskólans á Akureyri* 10: 26-29.
- Pawson, M.G. 1977. Analysis of a natural chemical attractant for whiting *Merlangius merlangus* L. and cod *Gadus morhua* L. using a behavioural bioassay. *Comparative Biochemistry and Physiology* 56A: 129-135.
- Pedersen H.-P. 1997. Levendefiskteknologi for fiskefartøy. Doktor ingeniøravhandling, Institutt for marin prosjektering, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. *MTA-rapport* 119. (ISBN 82-471-0142-4).
- Pedersen, T. & Jobling, M. 1989. Growth rates of large, sexually mature cod, *Gadus morhua*, in relation to condition and temperature during an annual cycle. *Aquaculture* 81: 161-168.
- Plante, S., Chabot, D. & Dutil, J.-D. 1998. Hypoxia tolerance in Atlantic cod. *Journal of Fish Biology* 53: 1342-1356.
- Porter, M.J.R., Stefansson, S.O., Nyhammer, G., Karlsen, Ø., Norberg, B. & Bromage, N.R. 2000. Environmental influences on melatonin secretion in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and their relevance to commercial culture. *Fish Physiology and Biochemistry* 23: 191-200.
- Provencher, P., Munro, J. & Dutil J.-D. 1993. Osmotic performance and survival of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at low salinities. *Aquaculture* 116: 219-231.
- Provencher, L., Bryl, P., Gendron, A., Roy, F. & Boyer J. 1995. Essais d'alimentation de la morue franche (*Gadus morhua*). *Rapport canadien a l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques* 228: 1-29.
- Purchase, C.F. & Brown, J.A. 2001. Stock-specific changes in growth rates, food conversion efficiencies and energy allocation in response to temperature change in juvenile Atlantic cod. *Journal of Fish Biology* 58: 36-52.
- Purchase, C.F., Goddard, S.V. & Brown, J.A. 2001. Production of antifreeze glycoproteins in cultured and wild juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in a common laboratory environment. *Canadian Journal of Zoology* 79: 610-615.
- Puvanendran, V. & Brown, J.A. 1998. Effect of light intensity on the foraging and growth of Atlantic cod larvae: interpopulation difference? *Marine Ecology Progress Series* 167: 207-214.
- Puvanendran, V. & Brown, J.A. 2002. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different light intensities and photoperiods. *Aquaculture* 214: 131-151.
- Rannsóknarráð ríkisins 1992. Fiskeldi og sjávarbúskapur. Skýrsla starfshóps Rannsóknaráðs um fiskeldi *Rannsóknarráð ríkisins Rit* 1992(1), 140 bls.
- Robertson, D. 2002. Joint cod venture. *Fish farming international*, April, bls. 29.
- Rødseth O.M. & Tangerås A. 2002. Forebyggende helsearbeid. Muligheter og begrensninger ved bruk av vaksiner. Í: J. Glette, van der Meer, T., Olsen, R.E. & O. Skilbrei (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisker og havet, særnr. 3*: 97-100.
- Rätz, H.-J. & Lloret, J. 2003. Variation in fish condition between Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks, the effect on their productivity and management implications. *Fisheries Research* 60: 369-380.
- Saunders, R.L. 1963. Respiration of the Atlantic cod. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 20: 373-386.
- Scholz, U. & Waller, U. 1992. The oxygen requirements of three fish species from the German Bight: cod *Gadus morhua*, plaice *Pleuronectes platessa*, and dab *Limanda limanda*. *Journal of Applied Ichthyology* 8: 72-76.
- Schurmann, H. & Steffensen, J.F. 1992. Lethal oxygen level at different temperatures and the preferred temperature during hypoxia of the Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Journal of Fish Biology* 41: 927-934.
- Schurmann, H. & Steffensen, J.F. 1994. Spontaneous swimming activity of Atlantic cod *Gadus morhua* exposed to graded hypoxia at three temperatures. *Journal of Experimental Biology* 197: 129-142.

- Sigurður Helgason, Matthías Eydal, Slavko H. Bambir, Árni Kristinsson, Ragnhildur Þ. Magnadóttir, Margrét Jónsdóttir & Steinunn Árnadóttir 2003. Sjúkdómar og snikjudýr í þorskseiðum (0+ og 1+) við Ísland. *Árskýrsla 2002. Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum*, bls. 38-39.
- Singh-Renton, S. & Bromley, P.J. 1996. Effects of temperature, prey type and prey size on gastric evacuation in small cod and whiting. *Journal of Fish Biology* 49: 702-712.
- Soldal, A.V. 1988. Kan vill torskøyngel brukes som settefisk? *Norsk fiskeoppdrett* 13(8): 38-39, 50.
- Soofiani, N.M. & Friede, I.G. 1985. Aerobic metabolic scope and swimming performance in juvenile cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology* 26: 127-138.
- Staurnes, M., Rainuzzo, J.R., Sigholt, T. & Joergensen, L. 1994a. Acclimation of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to cold water: stress response, osmoregulation, gill lipid composition and gill Na-K-ATPase activity. *Comparative Biochemistry and Physiology* 109A: 413-421.
- Staurnes, M., Sigholt, T., Pedersen, H.P. & Rustad, T. 1994b. Physiological effects of simulated high-density transport of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Aquaculture* 119: 381-391.
- Strutt, I. 2003a. Ship on-grows bluefin tuna. *Fishing News International* 42(7): 1.
- Strutt, I. 2003b. Floating hatchery and fish 'factory' plan - We can restock the sea. *Fishing News International* 42(8): 1-2.
- Steingrímur Jónsson 1999. Temperature time series from Icelandic coastal stations. *Rit Fiskideildar* 16: 59-68.
- Steingrímur Jónsson 2001. Hitafar við strendur Íslands með tilliti til fiskeldis. *Ægir* 94(1): 30-33.
- Steingrímur Jónsson 2004. Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við strendur Íslands. Í: Björn Björnsson og Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 111: 9-20.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. *A practical handbook of seawater analysis. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 167: 1-203.
- Sundnes, G. 1957a. Notes on the energy metabolism of the cod (*Gadus callarias* L.) and the coalfish (*Gadus virens* L.) in relation to body size. *Fiskeridirektoratets skrifter. Serie Havundersøkelser* 11(9): 3-10.
- Sundnes, G. 1957b. On the transport of live cod and coalfish. *Journal du Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 22: 191-196.
- Sundnes, G. & Kjelstrup-Olsen, F. 1966. Utvidet landtransport av levende torsk. *Fisken og havet* 3: 9.
- Svåsand, T., Jørstad, K.E., Otterå, H. & Kjesbu, O.S. 1996. Differences in growth performance between Arcto-Norwegian and Norwegian coastal cod reared under identical conditions. *Journal of Fish Biology* 49: 108-119.
- Taranger, G.L. 2002. Kjønnsmodning hos torsk. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisken og havet, særnr. 3: 77-79.*
- Taranger, G.L., Karlsen, Ø., Dahle, R., Norberg, B., Aardal, L. & Hansen, T. 2003. *Lysstyring av vekst og kjønnsmodning hos torsk - hvor mye lys trenger en?* Foredrag på Nettverksmøde, Status på torsk. 12.-13. februar 2003, Bergen, Norge.
- Temming, A. & Andersen, N.G. 1994. Modelling gastric evacuation without meal size as variable. A model applicable for the estimation of daily ration of cod (*Gadus morhua* L.) in the field. *ICES Journal of Marine Science* 51: 429-438.
- Timmons, M.B., Ebling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T. & Vinci, B.J. 2002. *Recirculating aquaculture systems*. 2nd edition. Cayuga Aqua Ventures, 769 bls.
- Tyler, A.V. 1970. Rates of gastric emptying in young cod. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 27: 1177-1189.
- Unnsteinn Stefánsson 1991. *Hafræði I. Háskólaútgáfan, Reykjavík*, 413 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson 1988. Strandeldi á Íslandi - Líffræðilegar forsendur og arðsemi laxeldis. *Sjávarfréttir* 16(2): 45-53.
- Valdimar Ingi Gunnarsson 1992. Þorskur í matfiskeldi. *Sjávarfréttir* 20(1): 20-28.
- Valdimar Ingi Gunnarsson & Björn Björnsson 2001. Rannsóknir, eldi og hafbeit þorsks á Íslandi. *Sjávarútvegurinn, vefrit um sjávarútvegsmál* 1(1): 1-8. (www.sjavarutvegur.is/teng/sjavarutvegurinn.htm)
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Erlendur Steinar Friðriksson, Jón Örn Pálsson, Karl Már Einarsson, Ketill Elíasson, Kristinn Hugason, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson & Þórarinn Ólafsson 2003. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2002. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 100: 1-26.
- van der Meeren, T. 2002. Gyting, innsamling, inkubering og klekking av egg. Í: Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisken og havet, særnr. 3: 64-69.*
- van der Meeren, T. & Ivannikov, V. 2001. Yngelproduksjon av gadoider: Utvikling av intensiv oppdrettsmetode for torsk og hyse. *Fisken og havet* 2: 1-25.
- van der Meeren, T., Jørstad, K.E., Solemdal, P. & Kjesbu, O.S. 1994. Growth and survival of cod larvae (*Gadus morhua* L.): comparative enclosure studies of Northeast Arctic cod and coastal cod from western Norway. *ICES Marine Science Symposia* 198: 633-645.
- Vilhjálmur Þorsteinsson & Björn Knúttsson 1997. Vöxtur þorsks í áframeldi í sjókvíum í Norðfirði 1994 til 1996. *Eldisfréttir* 13(1): 37-42.
- Waiwood, K.G., Smith, S.J. & Petersen, M.R. 1991. Feeding of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at low

temperatures. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 824-831.

Winger, P. D., He, P. & Walsh, S. J. 2000. Factors affecting the swimming endurance and catchability of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 57: 1200-1207.

Wroblewski, J.S. & Hiscock, H.W. 2002. Enhancing the reproductive potential of local populations of coastal Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 1685-1695.

Wroblewski, J.S., Hiscock, H.W. & Bradbury, I.R. 1999. Fecundity of Atlantic cod (*Gadus morhua*) farmed for stock enhancement in Newfoundland bays. *Aquaculture* 171: 163-189.

Yetman, L. 1999. *A growers guide to small scale cod grow-out operation*. Department of Fisheries and Oceans, Canada. 44 bls.

Þór Jakobsson 2002. *Hafís við strendur Íslands*. Stefnunótunarfundur í þorskeldi, haldinn í Reykholti í Borgarfirði, 17.-18. október 2002, 19 bls. (www.thorskeldi.is/Skjol/stefnufund/Thorjakobs.pdf)

Netheimildir

1. Verðlagsstofa skiptaverðs (www.verdlagsstofa.is).
 2. Hafrannsóknastofnunin, sjávarhitamælingar við strendur Íslands (<http://www.hafro.is/~argos/siritar/siritar.html>)
 3. Open Ocean Aquaculture Program at the University of New Hampshire (www.ooa.unh.edu).
 4. Itzasi Aquaculture (www.itzasi.com).
-

Fóður og fódurgerð fyrir þorsk

Jón Árnason (jon.arnason@laxa.is)

Fóðurverksmiðjan Laxá
Krossanesi, 603 Akureyri

ÁGRIP

Jón Árnason 2004: Fóður og fódurgerð fyrir þorsk. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 121-125.

Þekking á fódri fyrir þorsk er mjög takmörkuð. Lítið hefur verið um rannsóknir er varða fódurfræði þessarar tegundar. Í þessari grein er leitast við að safna saman því sem fyrir liggur af þekkingu á efninu. Farið er yfir það sem fyrir liggur um áhrif helstu næringarefna á vöxt og gæði þorsks. Einnig er fjallað um mögulegt hráefni í fódur, bæði við áframeldi á villtum þorski og aleldi. Ljóst er af þessari samantekt að þörf er á verulega aukinni þekkingu á fódri fyrir þorsk til þess að hægt sé að lækka framleiðslukostnað á þorski í eldi. Skilgreina þarf þarfir fyrir helstu næringarefni auk þess að ákvarða hvaða hráefni henta best í þorskfóður.

ABSTRACT

Jon Arnason 2004. Feed and feed production for Atlantic cod. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 121-125.

Knowledge regarding feed for Atlantic cod is limited. Little has been done of research on the nutrition of this species. The article reviews what exists of knowledge on the topic. Effects of nutrients on growth and quality of cod are discussed. Possible raw materials are identified for the formulation of feed for on-growing of wild cod as well as for cod that is produced in hatcheries. This overview reveals a need for more research and development regarding feed for cod in order to reduce the production cost of cultivated Atlantic cod. The nutrient requirements must be established as well as knowledge on the raw materials that can be used in order to fulfil the needs for nutrients.

INNGANGUR

Áhugi fyrir þorskelði er mjög vaxandi við norðanvert Atlantshaf og búast má við því að eldi á þorski muni aukast mjög á næstu árum. Í dag er þorskelði hérlendis fyrst og fremst áframeldi á fönguðum villtum þorski, en í framtíðinni mun þorskelðið verða byggt á klöktum kynbættum seiðum.

Verulegur munur er á fódri fyrir fangaðan villtan þorsk og þorsk sem klakinn er út í eldisstöð vegna þess að mjög erfitt er að venja villtan þorsk á þurrfóður. Þorskur er ránfiskur, sem lifir að mestu á fiski. Þess vegna liggur beint við að nota hráefni úr dýraríkinu í fódrið. Lax er einnig ránfiskur en notkun jurtahráefna hefur verið að aukast jafnt og þétt í fódri fyrir lax og nú er svo komið að eingöngu 55-60% af próteini í vaxtarfóðri fyrir lax er dýrprótein úr sjávarfangi. Þorskur er svokallaður magur fiskur en það þýðir að hann safnar ekki fitu í hold, heldur fyrst og fremst í lifur. Fitusöfnun í lifur virðist hins vegar vera mjög virk þannig að við ofgnótt orku í fódriinu safnar fiskurinn fitu í lifrina með þeim afleiðingum að hún getur orðið mjög stór. Í annan stað virðist þorskur hafa takmarkaða möguleika á að nýta sér kolvetni sem sem orkugjafa (Hemre o.fl. 1989).

Ofangreindar staðreyndir hafa veruleg áhrif á kjörsamsetningu fóðurs fyrir þorsk. Fóðrið má ekki innihalda of mikið af kolvetnum og ekki of mikla fitu og þá er prótein eina meginæringarefnið sem eftir er. Prótein er hins vegar dýrast og þess vegna er kostnaðarsamt að nota það umfram þarfir í fóður. Fóðurkostnaður er 50-60% af framleiðslukostnaði í þorskelði. Það er því mögulegt að lækka framleiðslukostnað verulega með því að lækka verð á fódri. Til þess að lækka verð þarf að greina þarfir þorsksins fyrir einstök næringarefni auk þess sem rannsaka þarf hvaða hráefni er hægt að nota til þess að mæta þessum þörfum. Þegar þessar upplýsingar liggja fyrir er hægt að vinna fóður fyrir þorsk með lágmarks tilkostnaði.

Lítið liggur fyrir af rannsóknum á þörfum þorsks fyrir einstök næringarefni og orkuinnihald í fódri. Sama er uppi á teningnum hvað varðar mögulega notkun annarra hráefna en þeirra sem unnin eru úr sjávarfangi. Farið hefur verið í gegnum það sem birt hefur verið af greinum um fóður fyrir þorsk og helstu niðurstöður þeirra eru dregnar saman hér á eftir.

NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐUR

Næringarefni

Fóður fyrir þorsk þarf að innihalda öll þau næringarefni og orku sem nauðsynleg eru til efnaskipta og vaxtar. Þau næringarefni sem ekki eru nýtt beint til viðhalds og vaxtar, eru notuð sem orkugjafi og ef um er að ræða framboð á orku umfram þarfir breytir þorskurinn þeim í fituforða í lifur.

Áhrif mismunandi próteinmagns í fódri á vöxt

Nokkrar rannsóknir hafa verið gerðar sem gefa möguleika á því að meta áhrif mismunandi próteininnihalds í fódri á vöxt hjá þorski. Helstu niðurstöður á mati aðgengilegra rannsókna eru dregnar saman í töflu 1.

Tafla 1: Lágmarks prótein til hámarks vaxtar.

Table 1: Minimum protein for maximum growth.

	Meðalþungi (g)	Próteinþörf (% af DE)	Próteinþörf (% af 95% DE)
Kim & Lall 2001*	16	54	51
Lie o.fl. 1988	48	45	43
Lie o.fl. 1989	70	45	43
Hemre o.fl. 1990	160	53	50
Lie o.fl. 1988	240	57	54
Hemre o.fl. 1988	350	44	42
Morais o.fl. 2000	350	50	48
Jobling o.fl. 1990	2000	45	43

* Niðurstöður tilraunar með ýsu

Rannsóknir á próteinþörf laxa af mismunandi stærð hafa leitt í ljós að þörfin er mjög háð fiskstærð (Laxá: Fóðurbæklingur 2003). Ástæða er til að ætla að þessu sé líkt farið með þorsk. Ekki er hægt að sjá nein marktæk áhrif fiskstærðar á próteinþörf til vaxtar í töflu 1. Að hluta má skýra það með því að sumar tilraunirnar voru fremur skammvinnar og að ekki er í öllum tilvikum ljóst hvort fiskurinn var fóðraður eftir lyst. Einnig má setja spurningarmerki við það hvort innihaldið af próteini sem prófað var náði út yfir lágmarksþörf.

Prótein samanstandur af amínósýrum. Sumar þessara amínósýra eru sagðar lífsnauðsynlegar vegna þess að fiskar og önnur dýr verða að fá þær úr fódri í nægjanlegu magni til þess að þríf þeirra verði eðlileg. Próteingjafinn í ofan-

greindum tilraunum var í öllum tilfellum úr sjávarfangi, sem er besti próteingjafinn fyrir fisk hvað varðar innihald af aminosýrum, þannig að ólíklegt er að skortur á lífsnauðsynlegum aminosýrum hafi hamlað vexti.

Áhrif fituinnihalds á lifrarstærð

Hafi þorskur aðgang að ofgnótt orku safnar hann fituforða í lifrina til þess að nota ef harðnar í ári. Fita er orkuríkasta næringarefnið þar eð hvert kg af fitu inniheldur 39.5 MJ samanborið við 23.6 MJ í próteini og 17.3 MJ í kolvetnum. Það er því ljóst að það er fituinnihaldið í fóðrinu sem mestu veldur um orkuinnihald þess.

Úr þeim rannsóknum sem hafa verið birtar um áhrif mismunandi fóðurs má finna upplýsingar um samhengi fitu í fóðri og lifrarhlutfalls (Lifrarþungi*100/lifandi þunga) (Lie o.fl. 1986; Lie o.fl. 1989 og Hemre o.fl. 2000). Niðurstöðurnar eru sýndar á 1. mynd. Stærð fiskisins í þessum samanburði var á bilinu 80 til 100 g.

Í Noregi hefur hins vegar komið fram að viðbrögðin við misfeitu fóðri virðast verulega háð fiskstærð (Grete Rosenlund, persónulegar upplýsingar). Þannig virtist fita í fóðri hafa veruleg áhrif á lifrarhlutfall í fiski sem var smærri en 200 g en þegar fiskurinn varð stærri virtust áhrifin minnka. Stór þorskur (2 kg) sem alinn var á feitri loðnu fékk hærri lifrarstuðul en þorskur sem alinn var á horaðri loðnu eða rækju (tafla 2) (Björn Björnsson 1997, Björn Björnsson 2003). Eins og sést í töflu 2 hafði mismunandi fituinnihald í fóðrinu engin áhrif á vaxtarhraða en umtalsverð áhrif á fóðurstuðul.

Tafla 2. Áhrif fitu í fóðri á lifrarstuðul í stórum þorski (2 kg).

Table 2. Effect of fat in feed on liver index in large cod (2 kg).

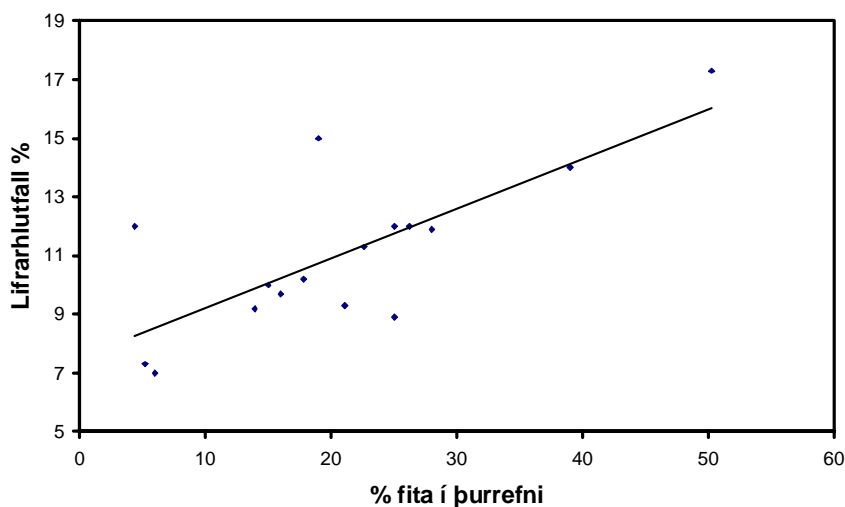
Fóðurgerð	Feit loðna	Mögur loðna	Rækja
Fita (% af votvigt)	16,6	4,3	3,4
Fita (% af þurrvigt)	50,2	21,1	13,9
Þurrefni (%)	33,1	20,4	24,5
Dagvöxtur (%/dag)	0,279	0,278	0,288
Fóðurstuðull votvigt	2,28	4,16	4,30
Fóðurstuðull þurrvigt	0,76	0,84	1,06
Lifrarstuðull (% af slægðri þyngd)	17,3	9,3	9,2

Kolvetnaþol þorsks

Það hefur verið talið að þorskur líkt og annar ránfiskur hafi mjög takmarkaða getu til að nýta kolvetni í fóðrinu og að það sé beinlínis óæskilegt að hafa hátt hlutfall kolvetna í fóðri fyrir þorsk. Niðurstöður Hemre o.fl. (1989) sýndu að þó svo orka frá kolvetnum væri aukin frá 0-30% af heildarorku hafði það engin áhrif á vöxt (30% orka frá kolvetni svarar til þess að meltanlegt kolvetni sé 35% í þurrefni). Hins vegar dró aukið innihald kolvetna úr meltanleika þeirra og leiddi til meira en tvöföldunar á glúkósa í blóði. Meltanleiki kolvetna ákvarðast ekki síður af meðhöndlun þeirra eins og fram kemur hjá Hemre o.fl. (1990) sem fann bestan meltanleika í þöndu (extruded) hveiti. Hemre o. fl. (2003) fundu engin áhrif af magni kolvetna á meltanleika í þöndu fóðri sem innihélt frá 8-18% kolvetni úr hveiti. Meltanleiki kolvetna í þessari rannsókn var að meðaltali 93%. Þetta skýra höfundar með því að innihaldið var aldrei meira en 18% og að kolvetnin sem notuð voru hafi verið af miklum gæðum (þanin).

1. mynd. Samband fitu í fóðri og lifrarhlutfalls hjá ungborski (80-100g).

Figure 1. Effect of fat in feed on the liver weight (% of whole weight) in juvenile cod (80-100g).



Aukið kolvetnainnihald í fódri hafði einnig neikvæð áhrif á fódurnýtingu (Hemre o.fl. 1989) líklega vegna þess að kolvetni er orkurára en bæði fita og prótein auk þess sem meltanleiki óþanins kolvetnis er mun lægra en meltanleiki próteins og fitu. Fóður fyrir þorsk sem er á markaði um þessar mundir inniheldur lítið af kolvetnum en setja má spurningamerki við nauðsyn þess í ljósi þess sem að framan er sagt.

Vítamín og steinefni

Þorskur sem alinn er í kvíum á tilbúnu fódri þarf að fá vítamín og steinefni í nægjanlegu magni til þess að þrífast eðlilega. Ekki liggja fyrir aðgengilegar upplýsingar um sértækar þarfir þorsks fyrir vítamín og steinefni. Við gerð fódurs fyrir þorsk er því byggt á þekktum þörfum annarra fiska fyrir þessi næringarefni.

HRÁEFNI Í FÓÐUR FYRIR ÞORSK

Niðurstöður prófana bæði hér á landi og annars staðar hafa sýnt að erfitt er að venja villtan fisk, sem vanur er hráæti, á að éta þurrfóður. Hins vegar hefur í flestum tilfellum gefist vel að fódra slíkan fisk á hráfóðri svo sem heilum smáfiski (t.d. loðnu) eða vot-/deigfóðri gerðu úr fiskúrgangi. Til þess að tryggja sem bestan árangur af slíku fódri þarf samt sem áður að hyggja að því sem getið var um í kaflanum um almenna samsetningu fódurs, að fódrið sé rétt samsett. Sé þorskurinn hins vegar alinn allt frá klaki er ekki neinum vandkvæðum bundið að ala hann á þurrfóðri. Vegna þessa munar á fódri fyrir fangaðan, villtan þorsk og aleldisþorsk verður annars vegar rætt um hráefni í hráfóður og hins vegar um hráefni í þurrfóður.

Hráfóður

Meginhráefni í hráfóðri er fiskúrgangur og heill iðnaðarfiskur svo sem loðna. Ekki verður

Tafla 3. Heildarmagn fiskúrgangs sem hægt er að nota í hráfóður fyrir þorsk (byggt á aflatölum árið 2000. Útvegur 2001).

Table 3. Total amount of fish offal that can be used to produce wet feed for cod (based on catches for the year 2000. Útvegur 2001)

	Heildarafli (tonn/ár)	Hlutfall úrgangs	Úrganur (tonn)
Ýsa	27.125	0,41	11.121
Ufsi	22.936	0,36	8.257
Karfi	29.982	0,64	19.188
Steinbítur	12.560	0,25	3.140
Síld	100.000	0,30	30.000
Alls til nota í þorskfóður			71.707

hægt að nota úrgang frá þorskvinnslu í fódur fyrir þorsk af tveimur ástæðum. Í fyrsta lagi munu markaðir ekki samþykkja það vegna þess að þeir mundu skilgreina það sem „kannibalisma“. Í öðru lagi er ekki ráðlegt að nota þorskúrgang í þorskfóður vegna hættu á sjúkdómasmiti. Skoðað hefur verið hvað fellur til af úrgangi frá vinnslu annarra fisktegunda en þorsks hér við land (tafla 3).

Bolfiskúrgangurinn býður í flestum tilfellum upp á takmarkaða notkun, nema á SV-horninu, þar sem hann er frystur í loðdýrafóður, en síldarúrgangurinn er að langmestu leyti nýttur í mjöl- og lýsisframleiðslu. Miklu skiptir varðandi hráefniskostnað að hægt sé að nota sem mest ferskt hráefni til fódurgerðarinnar bæði vegna þess að gæði fódursins eru verulega háð ferskleika og einnig vegna mikils kostnaðar við frystingu, geymslu og flutning á beinum. Tafla 4 sýnir hvað til fellur af fiskúrgangi í hinum ýmsu landshlutum. Taflan byggir á magni fiskúrgangs í töflu 1 og þeirri skiptingu sem var á afla þeirra tegunda sem þar getur á árinu 2000 (Útvegur 2001).

Tafla 4. Magn fiskúrgangs eftir landshlutum.

Table 4. Quantity of fish offal in different regions.

	Höfuðsv. %	Suðurnes %	Vesturland %	Vestfirðir %	Norðurland V %	Norðurland E %	Austurland %	Suðurland %
Ýsa	3743	1031	497	771	379	947	909	1161
Ufsi	1822	1822	387	68	817	888	1229	1148
Karfi	5196	2583	2737	110	929	2866	1191	1107
Steinbítur	782	534	57	1135	15	176	63	19
Síld	2510	4020	1955	17	0	1924	15226	4070
Samtals	14052	9990	5632	2101	2140	6801	18619	7504

Til þess að gera sér grein fyrir því hve mikinn fisk má ala á því sem til fellur af fiskúrgangi má reikna með því að það þurfi 3-4 kg af fiskbeinum til að framleiða 1 kg af þorski. Ef allur fiskúrgangur yrði nýttur í þorskeldi mætti að hámarki framleiða 18-24 þúsund tonn á ári (tafla 3). Ef þorskur er fóðraður á hráfóðri yfir lengri tíma þarf að bæta í það vítamínum og huga að því að í því sé nægilegt magn annarra snefilefna.

Þurrfóður

Þurrfóðurgerð fyrir þorsk er tiltölulega nýtilkomin og á án efa eftir að þróast. Þetta á meðal annars við um val hráefna í fóðrið. Meginhráefnið í þurrfóður fyrir þorsk verður án efa fiskimjöl og lýsi. Fiskimjöl er það próteinhráefni sem best hentar til að mæta þörfum fiska fyrir lífsnauðsynlegar aminosýrur. Hágæðafiskimjöl er hins vegar dýr próteingjafi og því áhugavert að reyna að takmarka notkun þess með því að nota aðra próteingjafa í fóðrið.

Í norskum rannsóknum hafa verið gerðar tilraunir með að skipta út mismunandi hluta af annarsvegar hágæðafiskimjöli (LT) og hins vegar næsta gæðaflokki af fiskimjöli (NSM) og nota í staðinn jurtaþrótein (blöndu af hveitiglúten-, soyja- og maísglútenmjöli) í fóðri fyrir 160 gramma þorsk (Albrektsen o.fl. 2003). Niðurstöður tilraunarinnar voru að LT-fiskimjölið gæfi betri vöxt, betri fóðurnýtingu og fiskgæði en NSM-mjölið og þess vegna væri hagkvæmara að nota LT í fóðrið en NSM miðað við núgildandi verð á þessum gerðum mjöls. Varðandi möguleikann á að nota blöndu af jurtaþróteinum var niðurstaðan að hægt væri að skipta út 33% af fiskimjölinu með blöndu af þeim jurtaþróteinum sem getið er að ofan án teljandi neikvæðra áhrifa á framleiðsluna. Miðað við norskt hráefnisverð reyndist það einnig hagkvæmt miðað við það að nota eingöngu LT-fiskimjöl. Ekki er víst að sú blanda jurtaþróteina sem notuð var í norsku tilrauninni skili sömu hagkvæmni hér og þess vegna er nú verið að gera tilraun (AVS verkefni) sem miðar betur að íslenskum veruleika til þess að kanna möguleikana á því að draga úr kostnaði við gerð þurrfóðurs fyrir þorsk. Í þurrfóðri þarf að nota kolvetnagjafa á borð við hveiti til þess að tryggja eðlisgæði fóðursins, auk þess þarf að tryggja að fóðrið innihaldi nægjanlegt magn vítamína og steinefna.

HEIMILDIR

- Albrektsen, S., Mundheim, H. & Hope, B. 2003. Fiskemelkvalitet i relasjon til nivå vegetabiliske råvarer i fôr til torsk. *Fyrirlestur á SSF Industriseminar 2003* i Bergen 9.-10. desember.
- Björn Björnsson 1997. Vöxtur og fóðurnýting þorsks í eldistilraunum ásamt mati á heildaráti íslenska þorskstofsins. Í: Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 57*: 217-225.
- Björn Björnsson 2003. *Cod feeding trials*. Fyrirlestur haldinn á Akureyri 20. nóvember 2003.
- Hemre, G.-I., Lie, Ø., Lied, E. & Lambertsen, G. 1989. Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*): digestibility and retention. *Aquaculture* 80: 261-270.
- Hemre, G.-I., Lie, Ø., Lambertsen, G. & Sundby, A. 1990. Dietary carbohydrate utilization in cod (*Gadus morhua*). Hormonal response of insulin, glucagon and glucagon-like-peptide to diet and starvation. *Comparative Biochemistry and Physiology A* 97: 41-44.
- Hemre, G.-I., Nortvedt, R., Sandnes, K. & Lie, Ø. 2000. Hurtig vekst uten kjempelever. *Norsk Fiskeoppdrett* 25(16): 24-27.
- Hemre, G.-I., Karlsen, Ø., Magnor-Jensen, A. & Rosenlund, G. 2003. Digestibility of dry matter, protein, starch and lipid by cod, *Gadus morhua*: comparison of sampling methods. *Aquaculture* 225: 225-232
- Jobling, M., Knudsen, R., Pedersen, P.S. & dos Santos, J. 1991. Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 92: 243-257.
- Lie, Ø., Lied, E. & Lambertsen, G. 1986. Liver retention of fat and of fatty acids in cod (*Gadus morhua*) fed different oils. *Aquaculture* 59: 187-196.
- Lie, Ø., Lied E. & Lambertsen, G. 1988. Feed optimization in Atlantic cod (*Gadus morhua*): Fat versus protein content in the feed. *Aquaculture* 69: 333-341.
- Lie, Ø., Julshamn, K., Lied, E. & Lambertsen, G. 1989. Growth and feed conversion in cod (*Gadus morhua*) on different feeds, retention of some trace elements in the liver. *Fiskeridirektoratets Skrifter. Serie Ernæring*, 2(7): 235-244.
- Laxá 2003. *Fóðurbæklingur*.
- Kim, J.-D. & Lall, S. P. 2001. Effects of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture* 195: 311-319.
- Morais, S., Bell, J.G., Robertson, D.A., Roy, W. J. & Morris, P.C. 2001. Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): effects on growth, feed utilization, muscle composition and liver histology. *Aquaculture* 203: 101-119.
- Útvegur 2001. Aflatölur 2000. *Hagstofa Íslands*.

Gæðastjórnun, slátrun og vinnsla á eldisþorski

Valdimar Ingi Gunnarsson (valdimar@hafro.is)¹
og Kristján Guðmundur Jóakimsson (kgj@frosti.is)²

¹Fiskeldishópur AVS,
Skúlagötu 4, 101 Reykjavík

²Hraðfrystihúsið - Gunnvör hf.,
v/Hnífsdalsbryggju, 410 Hnífsdal

ÁGRIP

Valdimar Ingi Gunnarsson & Kristján Guðmundur Jóakimsson 2004. Gæðastjórnun, slátrun og vinnsla á eldisþorski. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskelði á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 127-144.

Greinarmunur hefur verið gerður á annars vegar eldisþorski, þ.e. fiski sem alinn er frá hrogni upp í markaðsstærð og hins vegar þorski í áframeldi en þá er villtur fiskur fangaður og fódraður tímabundið. Í markaðsathugun kom fram að neytendur töldu eldisþorsk jafngóðan og í sumum tilvikum betri en villtan þorsk. Tiltölulega lítill munur er á efnasamsetningu hjá eldisþorski og villtum þorski. Aftur á móti er meiri munur á eðliseiginleikum holdsins, sérstaklega hvað varðar lægra pH-gildi í holdi hjá eldisþorski. Það veldur meiri hættu á losmyndun í flaki, vatnsbindieiginleikar holdsins minnka og fiskurinn verður seigari og þurrari við suðu. Eldisþorskur er holdmeiri og með stærri lifur en villtur þorskur, en með því að fódra eldisþorsk með mögru fóðri er hægt að draga úr stærð lifrar. Villtur þorskur í áframeldi er með mikið los í holdi fyrstu mánuðina en það virðist minnka þegar líður á eldistímamann. Í eldisþorski eru vanalega ekki hringormar en aftur á móti getur verið mikið af þeim í villtum þorski sem tekinn er í áframeldi. Til að koma í veg fyrir að hringormar berist í holdið með heilum fiski eða votfóðri er hægt að frysta hráefnið en við það drepast hringormarnir. Við það að þorskur verður kynþroska lækkar holdstuðulinn og kynkirtlar stækka. Hlutfall innýfla getur verið 20-30% af heildarþyngd og er hæst við hrygningu. Litlar rannsóknir hafa verið gerðar á slátrun eldisþorsks en hægt er að styðjast við þá þekkingu sem fengist hefur með rannsóknum á slátrun á laxi. Við vinnslu á eldisþorski næst meiri nýting og herra hlutfall í dýrari afurðaflokkum en hjá villtum þorski.

ABSTRACT

Valdimar Ingi Gunnarsson & Kristján Guðmundur Jóakimsson 2004. Quality management, slaughtering and processing of farmed cod. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 127-144.

A difference has been made between cod farmed from egg to market size and wild caught cod on-grown in sea pens for a certain time. Marketed surveys show that consumers consider farmed cod as good as or better than wild cod. There is a relatively little difference in the chemical composition of farmed cod and wild cod. On the other hand there are more differences in physical properties of the flesh, especially regarding lower pH-value of the flesh of farmed cod compared to wild cod. Lower pH can cause more risk of gaping of fillets and less water binding abilities and tougher and dryer texture after cooking. Farmed cod has higher condition factor and larger liver compared to wild cod but by feeding wild caught cod with feed of lower energy content the liver proportion can be reduced. Wild caught on-growing cod tend to show more gaping in fillets the first months of intensive feeding but gaping of fillets is reduced with longer feeding period. Farmed cod are normally free from nematodes but on the contrary wild caught on-growing cod can be highly infested by nematodes. To avoid infestation in farmed cod the feed can be frozen to kill potential nematodes. When wild caught on-growing cod become mature the size of the gonads increases and the yield of flesh goes down. The weight of the gonads can go up to 20 to 30% of the total weight of the cod just before spawning. Very few trials have been done on slaughtering methods and first handling of cod and therefore knowledge from the salmon industry has been adapted to cod. Farmed cod shows higher yield and value in processing compared to wild cod.

INNGANGUR

Ein meginforsenda fyrir því að hægt sé að stunda arðbært þorskelði á Íslandi er að vel takist til við framleiðslu eldisþorsks af réttum gæðum. Á níunda áratugnum þegar fyrsta atlagan var gerð að uppbyggingu þorskeldis í Noregi komu upp nokkur vandamál með gæði eldisþorsks. Þegar eldisþorskur var borinn saman við villtan þorsk, kom fram að hann var frábrugðinn í gæðum í eftirtöldum þáttum: stór lifur, þynnra þunnildi, dekkri roðlitur, seigara hold, afbrigðilegt bragð, lágt pH-gildi í vöðva og að hann hentaði illa til frystingar. Hér er eingöngu um að ræða upptalningu á neikvæðum þáttum, en nýrri rannsóknir sýna að gæði eldisþorsks eru í meginráttum mikil, þó einstök frávik séu frá því sem almennt er hjá villta þorskinum (Otterå & Akse 2002). Í markaðsathugun kom fram að neytendur töldu eldisþorsk jafngóðan og í sumum tilvikum betri en villtan þorsk (Luten o.fl. 2002). Jafnframt hefur verið greitt hærra verð fyrir eldisþorsk en villtan þorsk (Asche & Tveten 2002). Í samanburði á eldisþorski og villtum þorski hefur því verið veitt lítil athygli að villtur þorskur er af breytilegum gæðum. Það sem þorskelði hefur fram yfir hefðbundnar veiðar á þorski er að auðveldara er að hafa áhrif á gæðin og tryggja þannig að neytandinn fái þorsk sem er af réttum og jöfnum gæðum (kafli 3). Til að mæta samkeppni frá þorskelði hefur verið ákveðið hjá Sölumiðstöð hraðfrystihúsanna hf. að halda merki villts þorsks á lofti með sérmerktum umbúðum til að greina hann frá eldisþorski. Þá hefur einnig verið bent á að mikilvægt sé að líta á eldisþorsk sem sérstaka afurð (Otterå & Akse 2002).

Greinarmunur hefur verið gerður á eldisþorski, þ.e. fiski sem alinn er allt frá hrogni upp í markaðsstærð og þorski í áframeldi en þá hefur villtur fiskur verið fangaður og fóðraður tímabundið. Í rannsókn þar sem kannað var viðhorf matreiðslumanna kom fram að þorskur úr áframeldi var almennt talinn lakari að gæðum (Richardson 2002b). Ekki koma fram upplýsingar um eldisferilinn á þeim fiski sem notaður var í rannsókninni og er því ekki hægt að fullyrða út frá þessari tilteknu rannsókn hvort raunverulegur munur sé á áframeldisþorski og eldisþorski sem alinn er við sömu skilyrði í lengri tíma. Það er þó hægt að ganga út frá því að meiri líkur séu á að finna hringorm í þorski úr áframeldi en eldisþorski (kafli 3.2), en sá

gæðapáttur var ekki kannaður sérstaklega í rannsókninni.

Með kynbótum á laxi hefur verið hægt að bæta ýmsa eiginleika eins og t.d. holdlit og fituinnihald (Jónas Jónasson o.fl. 1996). Gallinn við áframeldi á þorski er að þar er ekki kominn upp framtíðarþróun, heldur eru á hverju ári fangaðir einstaklingar með ólíkan uppruna og eiginleika. Munur á gæðum á eldisþorski og þorski í áframeldi mun því aukast með kynbótum á næstu árum.

GÆÐI ELDISFISKS

Efnainnihald

Holdafar þorsks í hafinu umhverfis Ísland er breytilegt eftir árum, svæðum og árstíma (Brynjólfur Eyjólfsson o.fl. 2001). Talsverður breytileiki er einnig í efnasamsetningu holds á villtum þorski milli árstíma. Prótein og fita minnkar í þorskholdi seinni hluta vetrar og um leið eykst hlutfall vatns. Snemma sumars, eftir hrygningu, ganga þessar breytingar til baka (Damberg 1964, Eliassen & Vahl 1982, Sólveig Ingólfssdóttir o.fl. 1998). Tvennt hefur verið nefnt sem orsök þessara breytinga. Annars vegar að við uppbyggingu hroga og svilja noti þorskurinn að hluta til efni úr sínu eigin holdi. Hins vegar að breytt fæðuframboð hafi áhrif á holdafar þorsks.

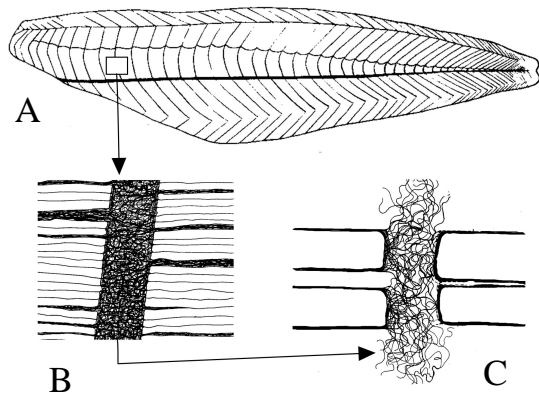
Við samanburð á efnasamsetningu á eldisþorski og villtum þorski hefur komið fram að glykogen- og fituinnihald mælist hærra í eldisþorski (Losnegard o.fl. 1986a, Rustad 1992, Shahidi o.fl. 1992, Sigurður Einarsson & Vilhjálmur Þorsteinsson 1994). Einnig er efnasamsetning önnur í fitu, m.a. hærra hlutfall af omega-3 fitusýrum í eldisþorski (Lie o.fl. 1986, Shahidi o.fl. 1992). Öfugt við laxfiska safnar þorskur fitu í lifur og fituinnihald í vöðva fer sjaldan yfir 1% (Ackman 1967, Love 1980).

Þrátt fyrir mikla fóðrun á eldisþorski eiga sér stað, eins og hjá villtum þorski, breytingar á efnasamsetningu holdsins við kynþroska, próteininnihald minnkar og vatnsinnihald í holdi eykst (Lauritzen 2002). Árstíðabundnar sveiflur í vatnsinnihaldi í holdi eru þó minni hjá eldisþorski en hjá villtum þorski (Losnegard o.fl. 1986b).

Eðliseiginleikar og skynmat

Sýrustig (pH-gildi) í vöðva virðist vera góður mælikvarði um næringarástand fisksins.

Það skýrist með því að gott næringarástand hefur í för með sér meiri forða af glykogen í vöðvum og þar af leiðandi meiri efnivið til framleiðslu á mjólkursýru eftir dauða (loftfirrð öndun) og lækkunar á pH-gildi í holdi (MacCallum o.fl. 1967, Love 1975, 1979, Botta o.fl. 1987a,b, Jónas Bjarnason 1998). Í fiskholdi er fjöldi vöðvalaga og á milli þeirra bandvefshimna (1. mynd). Þegar fiskur er í mikilli fæðu veikist bandvefshimnan vegna lækkunar á sýru-



1. mynd. A. Þorsklak þar sem vöðvalögin sjást greinilega. B. Bandvefshimna í vöðvaskilrúmum fiskholds. C. Stækkuð mynd þar sem einstakir bandvefsþræðir sjást á milli vöðvaþræða.

Fig. 1. A. Appearance of the musculature of cod after removal from skeleton. The lines represent the cut edges of the myocommata. B. Artist's impression of one myocomma edge, showing junction with contractile muscle cells (white spaces). C. Enlarged picture of myocomma.

stigi vöðvans. Við það verður meiri hætta á að bandvefshimnan rifni og los myndist í flaki (Love o.fl. 1972, 1974a, Ang & Haard 1985).

Í eldi er þorskum gefið eins mikið að éta og þeir geta torgað og eru þeir því með hátt innihald af glykogeni í vöðvum. Eftir aflífun á sér því stað mikil lækkun á sýrustigi eins og hjá villtum þorski sem hefur verið í miklu æti. Sýrustig í eldisþorski fer lengra niður en hjá villtum þorski og er einnig viðvarandi lágt allt árið (Losnegard o.fl. 1986a, Lauritzsen 2002), en hjá villtum þorski er pH-gildið yfirleitt lágt í stuttan tíma meðan fiskurinn er í miklu æti (Love 1975, Botta o.fl. 1987b). Lágt pH-gildi í fiski veldur því að soðið hold verður fastara undir tönn (seigara) (Kelly o.fl. 1966, Love et al. 1974a, Segars & Johnson 1987). Mælingar benda til að eldisþorskur sé þurrari og seigari en villtur þorskur (Losnegard o.fl. 1986b, Landfald o.fl. 1991, Mørkøre o.fl. 2002). Með lækkandi

pH-gildi minnka einnig vatnsbindieiginleikar holdsins og vatn tapast í meira mæli úr holdi við vinnslu (MacCallum o.fl. 1967, Ang og Haard 1985, Mørkøre o.fl. 2002) og við suðu (Losnegard o.fl. 1986a,b, Rustad 1992).

Í skynmati hefur komið fram að eldisþorskur er í meira mæli með afbrigðilegt bragð og lykt og er oft talinn súrari en villtur þorskur (Losnegard o.fl. 1986a, Langfald o.fl. 1991, Mørkøre o.fl. 2002).

Útlit

Mikil fóðrun á eldisþorski er þess valdandi að hann verður holdmeiri en þekkt hjá villtum fiski (2. mynd). Lifrin getur einnig orðið stór og



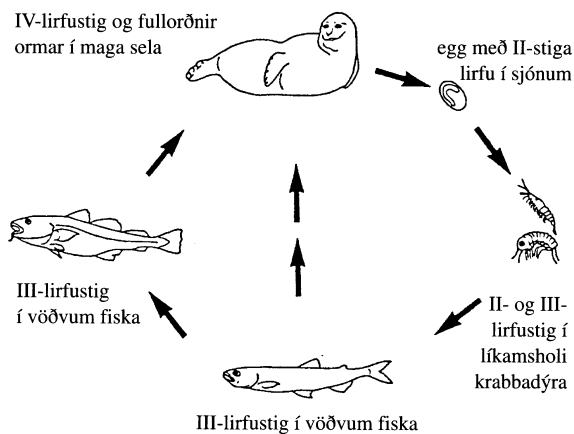
2. mynd. Eldisþorskur (t.v.) er holdmeiri en villtur þorskur (Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001).

Fig. 2. Farmed cod (left) has higher condition factor than wild cod (Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001).

í verstu tilvikum er hlutfall hennar allt að 20% af heildarþyngd fisksins. Stór lifur veldur því að þorskurinn verður belgmikill og þunnildi þunn. Í Noregi er nú algengt að lifrarhlutfall sé um 10% af heildarþyngd fisksins sem ekki er óvanalegt hjá villtum þorski (Otterå & Akse 2002). Lifrarhlutfall í villtum þorski er breytilegt og t.d. á Austfjörðum var það oftast undir 5% en gat farið í stökum fiskum upp í um 10% af slægðum fiski (Björn Björnsson 1999, 2002).

Eitt af einkennum eldisþorsks er dökkur roðlitur. Á sumum markaðssvæðum er það sett í samhengi við lök gæði. Hvort dökkur roðlitur er vandamál við útflutning á eldisþorski er háð því á hvaða markað fiskurinn er seldur og hvort hann er sendur heill eða flakaður (Otterå & Akse 2002).

Eldisþorskur er hvítari á holdið en villtur þorskur (Langfald o.fl. 1991, Mørkøre o.fl. 2002). Dæmi eru þó um að eldisþorskur sé



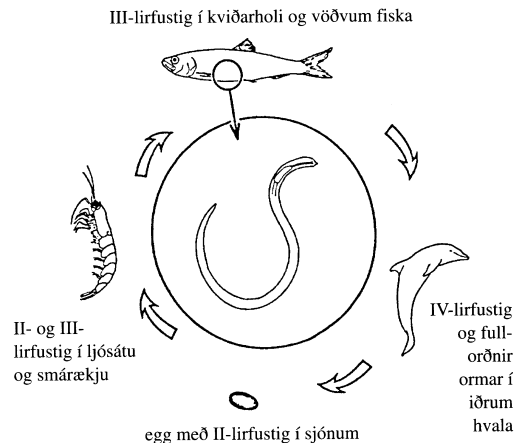
3. mynd. Hringrás selorms (*Pseudoterranova decipiens*) (Möller & Anders 1986).

Fig. 3. Live cycle of the seal worm (*Pseudoterranova decipiens*) (Möller & Anders 1986).

talinn gulari og með ónáttúrulegan lit á flaki. Einnig er gerður greinarmunur á holdlit hjá áframeldisþorski og eldisþorski (Richardson 2002b). Við samanburð á holdlit verður einnig að taka tillit til þess að hlutfall rauða vöðvans getur verið breytilegt og t.d. hækkar það við að svelta fiskinn (Walker 1971).

Sníkjudýr

Þegar villtur þorskur nærast á lifandi dýrum er viðhaldið náttúrulegri hringrás fyrir hringormna (3. og 4. mynd). Dýr sem hringormar sýkja og taka sér bólfestu í eru nefnd hýslar. Þeir berast þannig á milli hýsla að stærri dýr éta minni dýr og hringormna með (Erlingur Hauks-son 1991, Lunestad & Berland 1997). Tekist hefur að sýkja þorsk af selormi (*Pseudoterranova decipiens*) við fóðrun með dýrasvifi (McClelland 1995). Urriði og regnbogasilungur hafa sýkst af síldarormi (*Anisakis sp.*) við fóðrun með fersku sýktu fíðri (Wootton & Smith 1975, Santamarina o.fl. 1994). Með því að fóðra eldisfisk með heilum ferskum fiski eða fiskafskurði er því náttúrulegri hringrás hringormanna viðhaldið. Eldisfiskur sem alinn hefur verið á þurrfóðri frá seiðastigi inniheldur ekki hringormna, eins og m.a. hefur komið fram í rannsóknum á eldislaxi í Noregi (Angot & Brasseur 1993, Lunestad 2002). Við upphitun á fiskimjöli sem er uppistaða í þurrfóðri drepast hringormarnir og þannig er náttúruleg hringrás þeirra rofin. Þegar þorskur er fangaður til áframeldis inniheldur hann í upphafi eldisins hringormna í innyflum og holdi. Í rannsóknum hér á landi hefur komið fram að fjöldi



4. mynd. Hringrás hvalorms (*Anisakis simplex*) (Möller & Anders 1986).

Fig. 4. Live cycle of the whale worm (*Anisakis simplex*) (Möller & Anders 1986).

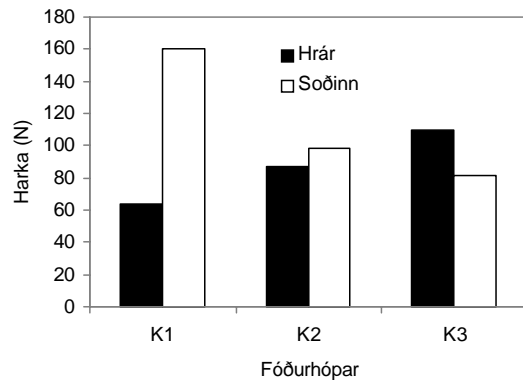
hringormna í þorski sem hefur verið fangaður og alinn í sjókvíum er minni en í villtum þorski (Sigurður Einarsson & Vilhjálmur Þorsteinsson 1995). Í annari athugun sem gerð var hjá Hraðfrystihúsinu-Gunnvöru hf. fannst enginn marktækur munur á fjölda hringormna (Kristján G. Jóakimsson, óbirtar niðurstöður). Tveir hringormar (*Anisakis sp.*) fundust við mælingar á eldisseiði sem verið hafði fjóra mánuði í sjókví í Eyjafirði og eingöngu alið á þurrfóðri (Björn Björnsson, óbirtar niðurstöður). Sýkt fæðudýr, svo sem ljósáta, kunna að hafa borist inn í kvína og verið étin.

GÆÐASTJÓRNUN Í ELDI

Fóður og fóðrun

Hægt er að hafa veruleg áhrif á efnainnihald og eðliseiginleika þorskholds með vali á fóðri og framkvæmd fóðrunar. Í einni rannsókn var eldisþorski skipt í þrjá hópa, einn fékk 100% fóðrun, annar 75% og sá þriðji 50% (Soffía Vala Tryggvadóttir & Björn Björnsson 2001). Minnkandi fóðrun lækkaði próteininnihald en hækkaði vatnsinnihald í holdi. Fiskur sem fékk nóg að éta mældist með mýkri áferð hrár (minni hörku) en var aftur á móti stinnari eftir suðu en fiskur sem fékk 50% fóðrun (5. mynd).

Fóðrun með mismunandi fóðurgerðum hefur ekki sýnt neinn verulegan mun á prótein- og fituinnihaldi þorskholds eða eðliseiginleikum holdsins (Jobling o.fl. 1991, Otterå 2002). Aukið fituinnihald í fóðri eykur stærð lifrar og fituinnihald í henni en hefur ekki áhrif á fituinnihald í holdi (Lied o.fl. 1985, Morais o.fl. 2001). Aftur á móti hefur komið fram í bragð-



5. mynd. Samanburður á niðurstöðum úr áferðarmælingu á hráum og soðnum fiski. K1=100% fóðrun, K2=75% fóðrun og K3=50% fóðrun (Soffía Vala Tryggvadóttir & Björn Björnsson 2001).

Fig. 5. Comparison of texture in raw and cooked fish. K1=100% feeding, K2=75% feeding and K3=50% feeding (Soffía Vala Tryggvadóttir & Björn Björnsson 2001).

prófunum að þorskur sem fóðraður er með feitu fóðri bragðast betur en fiskur sem fóðraður er með mögru fóðri (Mørkøre & Austreng 2003). Með vali á fóðri er einnig hægt að breyta fitusýrusamsetningu (Lie o.fl. 1986, dos Santos o.fl. 1993, Kirsch o.fl. 1998). Aukið innihald kolvetnis í fóðri virðist ekki auka hlutfall af glykogeni í holdi (Hemre o.fl. 1989, 1993b, 1995).

Í markaðsathugunum hefur komið fram að margir kaupendur vilja þykkan, heilan fisk eða þykk flök. Sumir kaupendur gera athugasemd við þunn þunnildi sérstaklega þegar fiskurinn er skorinn heill í sneiðar (Richardsen 2002a). Í eldi er hægt að fá þykkan fisk með mikilli fóðrun og tryggja þykkari þunnildi með því að halda stærð lifrar í lágmarki m.a. með því að hafa fituinnihald í fóðri hæfilega mikið.

Hjá Þórsbergi var gerður samanburður á fóðrun með steinbítisafskurði og loðnu. Marktækur munur var á nýtingu þorsks í saltfiskverkun eftir fóðurgerð. Flakanýtingin hjá loðnuþorski var meiri og flökin rýrnuðu minna við verkun en hjá þorski sem fékk steinbítisafskurð. Þá var mikill munur á gæðaflokkun, í hæsta gæðaflokk fóru 48% flaka hjá loðnuþorski en aðeins 10% hjá þorski sem fékk steinbítisafskurð. Munurinn felst eingöngu í minna losi. Ástæða var talin til að rannsaka þetta betur til að komast að því hvort um hafi verið að ræða tilviljun eða hvort hægt sé með vali á fóðurtegund að draga úr losi (Jón Örn Pálsson 2003). Sú tilgáta hefur verið sett fram að næringarskortur valdi því að styrkur bandvefs minnki og

los í holdi aukist (Lande 1998, Olsen & Bjørnevik 2003).

Sníkjudýr

Villtur þorskur sem fangaður er til áframeldis er yfirleitt sýktur af hringormum. Tíðni sýkinga er mismunandi eftir svæðum og eykst eftir því sem fiskurinn er stærri (Erlingur Hauksson 1992a, 1997). Með því að veiða lítil þorskseiði til áframeldis má draga úr þessu vandamáli (Sigurður Helgason o.fl. 2003). Einnig er hægt að halda tíðni sýkinga í lágmarki með því að fanga smáan þorsk á minna sýktum svæðum. Meira er t.d. um hringorma í þorski við landið vestanvert en austanvert (Droplaug Ólafsdóttir 2001).

Takmarkaðar upplýsingar eru til um líftíma hringorma í þorskholdi. Í tilraun þar sem þorskur var fóðraður með frosinni síld í eldskörum í eitt ár kom fram að hringormi (*Parrocaecum decipiens*) virtist ekki fækka á eldistímanum (Kohler 1959). Þorskur í áframeldi er yfirleitt alinn í minna en eitt ár og er því ekki að vænta að hringormi fækki í fiskinum. Hins vegar getur fjöldi hringorma í hverju kg af holdi minnkað með aukinni þyngd ef þess er gætt að fóðra fiskinn ekki með fóðri sem er sýkt af lifandi hringormi (þynningaráhrif).

Tíðni mismunandi hringormategunda í fiski er háð lífsháttum viðkomandi fisktegunda. Selormur er í mestum mæli í botnlægum fiskum eins og þorski. Hvalormur er algengastur í uppsjávarfiskum eins og síld, en er einnig að finna í nokkrum mæli í ufsa (Erlingur Hauksson 1992a). Það er einkum hvalormurinn sem valdið getur sýkingu í mönnum ef fiskurinn er borðaður hrár (Hannes Hafsteinsson & Rizvi 1987, Lunestad & Berland 1997).

Hér á landi hefur m.a. verið notuð loðna, síld, síli og kolmunnir við fóðrun á þorski í áframeldi (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Í einni rannsókn reyndust vera að meðaltali um 1,18 (0-20) hvalormar í hverri síld við Ísland, en hann er mun sjaldgæfari í síld hér við land en víða annars staðar í N-Atlantshafi (Erlingur Hauksson 1986). Í síli (*Ammodytes sp.*) hefur mælst meiri þéttleiki hringorma en fundist hefur í síld (Erlingur Hauksson 1992a). Hringormar finnast í loðnu (Jónbjörn Pálsson & Beverley-Burton 1984) og kolmunna (Sanimar-tín o.fl. 1989) en minna er vitað um tíðni sýkinga í þessum tegundum hér við land. Hringorma er að finna í þorskfiskum, flatfiskum

og fleiri fisktegundum (Erlingur Hauksson 1992a, Droplaug Ólafsdóttir 2001) sem fara í vinnslu hér á landi en nýta má afskurð þessara tegunda sem fóður fyrir þorsk. Mest af hringormum er í slógi og með því að nýta ekki slóg úr fiskinum er hægt að draga verulega úr líkum á sýkingu í eldisfiski (Lunestad & Berland 1997). Til að koma í veg fyrir að hringormar berist í eldisfisk er hægt að frysta hráefnið fyrir notkun (Erlingur Hauksson 1992b). Við vinnslu á fiskafóðri úr fersku hráefni er einnig talið að hægt sé að draga verulega úr líkum á sýkingu ef hráefnið er saxað niður og fóðurkögglar myndaðir undir þrýstingi (Salte 1997).

Með fersku fóðri getur einnig borist í eldisfisk sveppategundin *Ichthyophonus hoferi*, en síld er talin líklegasti sýkingarvaldurinn (Salte 1997). Tíðni sýkinga í íslenska sumargotstofninum hefur mælst 0,1-0,2%. Mun hærri sýkingatíðni hefur mælst í norsk-íslenska síldarstofninum eða 1,9-3,1% (Hafrannsóknastofnunin. 1998, Jónbjörn Pálsson 1997). Mismunandi er eftir tegundum hve næmar þær eru fyrir sýkingu, en tiltölulega litlar líkur eru taldar á því að sveppurinn sýki þorsk (Rosnes & Langvad 1993).

Umhverfispættir

Eitt af einkennum eldisþorsks er dökkur roðlitur (Otterå & Akse 2002). Roðlitur villtra þorska í Norður-Atlantshafi er einnig töluvert mismunandi eftir veiðisvæðum (Love 1969). Mismunandi roðlitur er settur í samhengi við breytilegt litafar á botni eftir veiðisvæðum. Fiskur sem tekinn er á ljósum botni er með ljósan og fiskur á dökkum botni með dökkum roðlit. Algengt er að fá rauð- eða bronsleitan þorsk á grunnu vatni og er talið að fiskurinn taki lit af þara sem hann heldur sig í nágrenni við (Love 1988). Töluverður litarmunur er á þorski sem fer í áframeldi hér á landi. Í eldistilraunum hefur verið sýnt fram á að munurinn minnkar eftir því sem líður á eldið. Þó að hann hefði minnkað verulega var hann þó til staðar eftir 8 mánuði (Love 1974). Það virðist því hægt að hafa áhrif á roðlit með því að stjórna umhverfislitum og ljósmagni og fá þannig fisk sem er ljósari á roðið til slátunar.

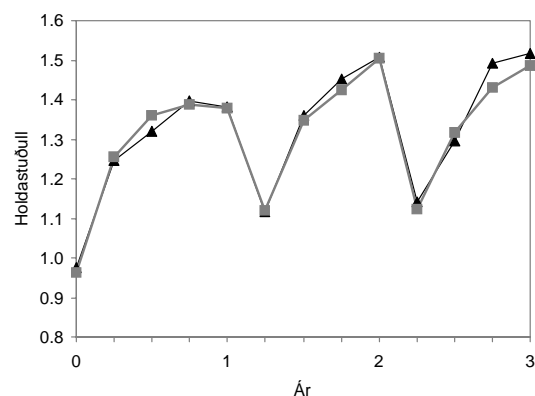
Virkni fiska í eldi virðist geta haft áhrif á holdlit þeirra. Í rannsóknum á villtum þorski hefur komið fram að rauði vöðvinn er dekkri hjá stofnum sem synda mikið samanborið við staðbundna stofna (Love o.fl. 1974b, 1977).

Rannsókuð hafa verið áhrif straumhraða á holdgæði þorsks sem alinn var við lítinn straumhraða, 0,5 fisklengd/sek. og ein fisklengd/sek. í níu mánuði. Hvorki var hægt að sýna fram á áhrif straumhraða á hörku eða stærð vöðvaþráða í flaki. Bent var á að kanna þyrfti hvort meiri straumhraði hefði áhrif á holdgæði þorsks (Bjørnevik o.fl. 2003).

Tímasetning slátrunar

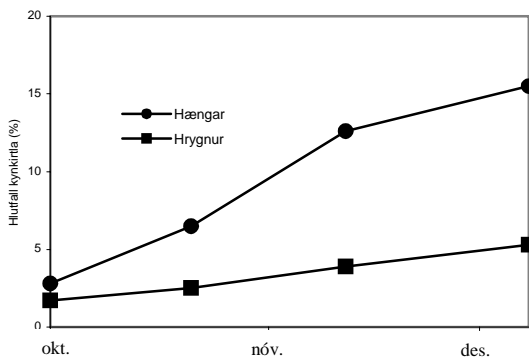
Við kynþroska eiga sér stað töluverðar breytingar á holdafari fisksins. Holdastuðull lækkar, próteininnihald minnkar og vatnsinnihald í vöðva eykst (Kjesbu o.fl. 1991, Lauritzen 2002). Þrátt fyrir verulega lækkun á holdastuðli hjá kynþroska eldisþorski (6. mynd) er hann samt sem áður hærri en hjá villtum þorski (Rätz & Lloret 2003). Holdastuðullinn (K) er skilgreindur sem hlutfall heildarþyngdar (W í g) og lengdar (L í cm) í þriðja veldi ($K=100*W/L^3$). Rýrnun á holdi við kynþroska kann að vera breytileg eftir stærð eldisþorsks þar sem stærri fiskar leggja meira í hrygninguna en minni fiskar. Það er þekkt hjá villtum þorski að vatnsinnihald í vöðva eykst meira hjá stærri fiskunum við kynþroska (Love 1960, 1980). Einnig er rýrnun í holdi meiri hjá hrygnum en hægum (Fordham & Trippel 1999).

Hlutfall kynkirtla eykst hratt þegar líða tekur á veturinn. Reynslan hér á landi sýnir að



6. mynd. Holdastuðull eldisþorsks yfir þrjú ára tímabil. Við hrygningu létist þorskurinn og holdastuðullinn lækkaði. Ferhyrningar eru hrygnur og þríhyrningar hængar (Gögn frá Birni Björnssyni, Hafrannsóknastofnuninni).

Fig. 6. The condition factor of farmed cod over a three years period. Weight and condition factor decrease at spawning. Quadrangles are females and triangles males (Data from Björn Björnsson, The Marine Research Institute).



7. mynd. Hlutfall kynkirtla af heildarþyngd í athugun Ketils Elíassonar. Villtur þorskur var fangaður vorið 2002 og hann alinn í sjókvíum í Skutulsfirði (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003).

Fig. 7. Percentage of gonads of the on-growing cod of total weight in a study by Ketill Elíasson. The cod was captured in spring 2002 and reared in sea cages in Skutulsfjörður, Iceland. (Valdimar Ingi Gunnarsson et al. 2003).

eldisþorskur hefur myndað tiltölulega stóra kynkirtla (hrogn og svil) fyrir áramót, þá sérstaklega hængarnir (7. mynd). Það þarf því að slátra fiskinum fyrir jól ef koma á í veg fyrir rýrnun á holdi. Hægt er að hafa áhrif á tímasetningu hrygningar með því að hafa stöðuga lýsingu í sjókvíum og hefur þannig tekist að seinka kynþroska um 4-6 mánuði (Hansen o.fl. 2001). Með þessu móti er hægt að tryggja slátrun á eldisþorski af réttum gæðum allt árið.

Í rannsóknum á villtum þorski hefur komið fram að hrognahlutfall hrygna er 10-30% yfir hrygningartímann og eykst það með aukinni stærð fisksins (Guðrún Marteinsdóttir & Gróa Pétursdóttir 1995). Magn hroгна í stórum hrygnum getur því verið verulegt og ef slíkum fiski er slátrað er best að aflífa hann þegar hrognin eru verðmætust. Þorskhrogn af villtum þorski eru yfirleitt verðmætust frá 10. til 17. viku (Valdimar Ingi Gunnarsson 2001). Líklegt er að verðmætustu hrognin séu aðeins fyrir á ferðinni hjá eldisþorski þar sem mikil fóðrun og hærri hiti flýta hrygningu (Kjesbu 1994, Kjesbu & Holm 1994).

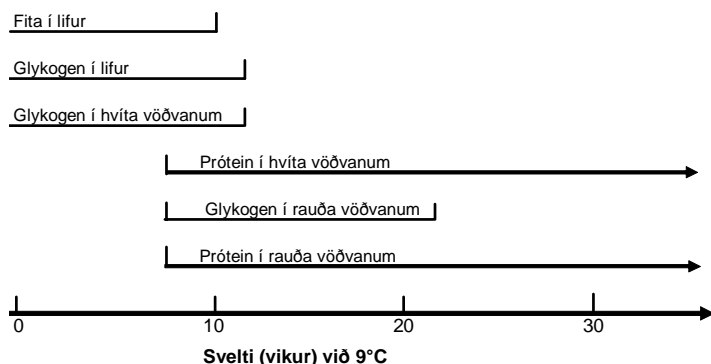
Sveltítími

Í dag er eldisfiskur yfirleitt ekki sveltur í meira en 1-3 daga til að tæma meltingarfæri og er þetta styttri tími en áður var notaður (Well 2001). Aftur á móti eru laxfiskar í Noregi yfirleitt sveltir í tvær vikur á veturna (3-8°C) og eina viku á sumrin (12-18°C) (Erikson 2001). Í

Noregi er reynslan sú að með notkun afskurðar úr fiskvinnslu, sérstaklega síld, taki eldisþorskur bragð af fóðrinu. Það er því ráðlegt að svelta eldisþorski í eina til þrjár vikur. Of stutt svelti getur valdið því að fóðurbragð verði af fiskinum (Otterå & Akse 2002).

Við svelti gengur á hold fisksins og hann léttist. Í einni tilraun léttist 800 g eldisþorskur um 12-17% eftir um einn mánuð í svelti við 9°C (Hemre o.fl. 1993b) en í annarri tilraun var rýrnunin minni eða um 10% eftir u.þ.b. tvo mánuði (Landfald o.fl. 1991, Akse & Midling 1997). Rannsakað var hve hratt 1,4-1,9 kg eldisþorskur af mismunandi holdafari (metið út frá lifrarhlutfalli) léttist við svelti í u.þ.b. þrjá mánuði. Niðurstöðurnar sýndu að feitur þorskur (lifrarhlutfall 14,3%) léttist um 11%, miðlungsfeitur (8,6%) léttist um 12% og magur þorskur (3,1%) um 15% (Hemre o.fl. 1993a). Í þessum tilraunum eru takmarkaðar upplýsingar um sjávarhita en fiskurinn léttist hraðar við hækkanði sjávarhita (Dutil o.fl. 2003). Þegar þorskur er sveltur gengur fyrst á fitu- og glykogenforða í lifur og glykogenforða í hvíta vöðvanum (8. mynd). Eftir um 8 vikur er gengið á próteinforðann í holdinu en samhliða eykst vatnsinnihaldið (Black & Love 1986). Það fer þó eftir næringarástandi fisksins hve hratt gengur á holdið. Í tilraun Hemre o.fl. (1993a) þar sem þorskur í mismunandi holdum var sveltur kom fram að hjá þeim sem voru í lökustu holdum rýrnaði lifrin hlutfallslega mest og vatnsinnihald í holdi fór að aukast eftir fjórar vikur. Aftur á móti átti sér ekki stað aukning í vatnsinnihaldi í holdi á meðalfeitum fiski fyrr en eftir 8 vikur og eftir 12 vikur var ekki að sjá breytingu á vatnsinnihaldi í holdi á feitasta fiskinum en verulega hafði þó gengið á fitubirgðir í lifur.

Vatnsbindieiginleikar í holdi eldisþorsks eru minni en hjá villtum þorski, sem stafar m.a. af lágu pH-gildi í vöðva eldisþorsks. Með því að svelta eldisþorski fyrir slátrun, minnkar magn glykogens í holdi, pH-gildi í vöðva hækkar og vatnsbindieiginleikarnir aukast (Losnegard 1986a, Shahidi o.fl. 1992). Það eru þó fleiri þættir en sýrustig vöðva sem skýra aukna vatnsbindieiginleika þorskholds þar sem það eykst mun hraðar með hækkanði sýrustigi hjá eldisþorski en villtum þorski. Góður vatnsbindieiginleiki holds næst því við lægra pH-gildi í eldisþorski en villtum þorski (Rustad 1992). Það þarf að svelta eldisþorski í langan tíma til að fá



8. mynd. Myndræn framsetning á tímasetningu niðurbrots einstakra efnasambanda í holdi og lifur við svelti á villtum þorski við 9°C (Black & Love 1986).

Fig. 8. A diagrammatic representation of the beginning and ending of mobilization of the main energy reserves in cod starved at 9°C (Black & Love 1986).

fram hækkun í pH-gildi í holdi. Þrátt fyrir svelti í 2-3 mánuði er sýrustig í holdi eldisþorsks ennþá verulega lægra en hjá villtum þorski (Losnegard o.fl. 1986a, Rustad 1992, Solberg 2003).

Við svelti smáþorsk minnkaði seigja holdsins, en hún minnkaði ekki við svelti hjá kynþorska þorski. Þrátt fyrir svelti í meira en fjóra mánuði var eldisþorskurinn seigari en sá villti (Langfald o.fl. 1991). Ekki er talið að hægt sé að breyta eðliseiginleikum þorskholds að ráði með því að svelta eldisþorsk í nokkra mánuði. Lengra svelti dregur úr þyngd fisksins og þar með söluverðmæti (Landfald o.fl. 1991, Solberg 2003). Svelti á laxi í 86 daga bætir tiltölulega lítið holdgæðin og var því komist að þeirri niðurstöðu að langtímasvelti væri ekki góð aðferð til að bæta holdgæði (Einen & Thomassen 1998).

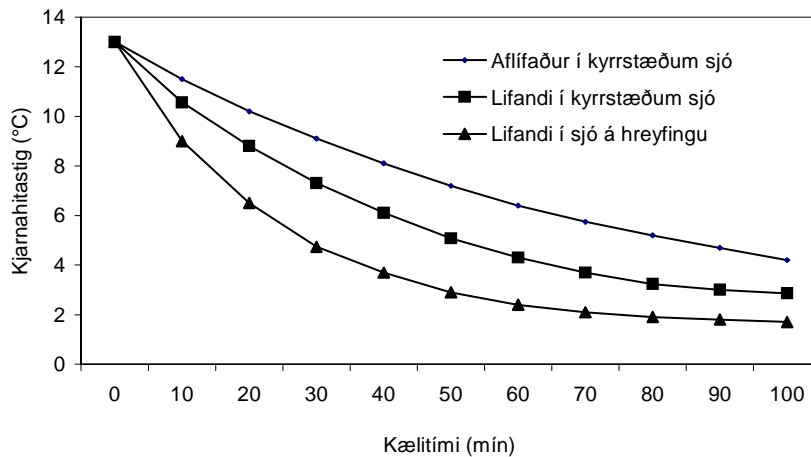
Þegar villtur þorskur er í miklu æti veikist bandvefshimnan vegna lækkunar á sýrustigi vöðvans og los myndast í flaki við vinnslu (Love 1988). Með því að svelta þorskinn styrkjast bandvefshimnur aftur (Lavéty & Love 1972). Svelti í einn til tvo mánuði á þorski sem hefur verið um 6 mánuði í áframeldi virðist ekki vera nægilegt til að koma í veg fyrir los í holdi. Aftur á móti virðist fiskurinn jafna sig eftir því sem hann er lengur í eldi (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Við slátrun á þorski úr áframeldi á árinu 2003 hefur komið í ljós að losvandamál minnkar eftir því sem fiskurinn hefur verið lengur í eldi. Með því að draga úr fódruun á laxi fyrir slátrun hefur m.a. tekist að draga úr losi í holdi (Einen o.fl. 1999). Áhugavert er að kanna með rannsóknum hvort hægt sé að minnka los í holdi áframeldisþorsks með því að draga smám saman úr fódruun fyrir slátrun og meta hvort ávinningurinn sé meiri en tapið vegna minni sláturþyngdar.

SLÁTRUN

Meðhöndlun fyrir aflífun

Þegar eldisfiskur er tekinn úr sjókví er þrengt að honum og hann annað hvort háfaður eða dælt upp. Mikilvægt er að þrengja aðeins að hluta að fiskinum í kvínni í einu til að halda streituálagi í lágmarki (Well 2001). Í þeim tilvikum sem háfur er notaður er neðsti hluti hans klæddur með dúk til þess að fiskurinn sé umlukinn sjó við háfun. Fiskur sem ekki er slátrað á eldisstað er fluttur að slátrunaraðstöðu með brunnbátum eða í sérstökum flutningstönkum. Eftir flutning er mikilvægt að láta fiskinn jafna sig áður en hann fer í slátrun (Well 2001). Rannsóknir sýna að ef komið er í veg fyrir streituálag fyrir aflífun fer fiskurinn seinna í dauðastirðnun og hún varir lengur (Sigholt o.fl. 1997, Skjervold o.fl. 1999, Robb 2001). Ef þess er ekki gætt að koma í veg fyrir streitu verður dauðastirðnunin kröftugri og styrkur bandvefs-práða verður jafnframt minni (Jerrett o.fl. 1996, 1998). Mun meiri hætta er því á losi í holdi við meðhöndlun og vinnslu á fiskinum.

Í rannsóknum hefur komið fram að meiri hætta er á losi í holdi ef þorskur er meðhöndlaður við hátt hitastig (Burt o.fl. 1970, Love & Haq 1970, Love o.fl. 1972, Lavéty o.fl. 1988). Það er því mikilvægt að slátra fiskinum við sem lægstan sjávarhita. Á seinni árum er byrjað að kæla lifandi lax fyrir slátrun. Lifandi lax kólnar hraðar en aflífaður vegna þess að blóðið sem er dælt um líkama fisksins virkar eins og kælimiðill (Skjervold o.fl. 1996, Skjervold o.fl. 2002). Mun hraðari kæling fæst á lifandi laxi ef hreyfing er höfð á kælimiðli (9. mynd). Með því að kæla lifandi lax allt niður að 0,5°C er hægt að draga verulega úr streitu (Skjervold o.fl. 2001a). Eftir er að gera slíkar rannsóknir á þorski, ásamt því að kanna hve lágt hitastig kælivökvans má vera til að koma í veg



9. mynd. Lækkun á kjarnahitastigi í lifandi og aflífuðum laxi, kældur við 1°C í kyrrstæðum sjó og í sjó sem er haldið á hreyfingu (Skjevold o.fl. 1996).

Fig. 9. Decreased core temperature in live and dead salmon, chilled in 1°C static sea and in circulated sea (Skjevold et al. 1996).

fyrir verulega streitu, en það getur verið mismunandi á milli tegunda (Rørvik o.fl. 2001).

Varðandi losmyndun í holdi á laxi skiptir verulegu máli hve lengi fiskurinn er undir streituálagi (Skjevold o.fl. 2001a). Streita sem varir í stuttan tíma veldur mikilli lækkun á pH-gildi og kröftugri samdrætti í vöðva (Korhonen o.fl. 1990, Sigholt o.fl. 1997, Robb 2001). Stutt streituálag veldur því meira losi en í fiski sem hefur fengið rétta meðhöndlun. Aftur á móti ef fiskur er undir streituálagi í lengri tíma (24 tímar) minnkar glykogeninnihald í vöðva, pH-gildi verður hátt og minna los. Þetta eru samskonar niðurstöður og hjá spendýrum en þar veldur stutt streituálag mjúku kjöti en við langvarandi streitu verður kjötið seigt (Skjevold o.fl. 2001a). Á þorski í áframeldi voru könnuð áhrif þess að þrengja að fiski fyrir aflífun. Þrengt var að mismunandi hópum af þorski í annars vegar tvær og hins vegar fjórar klukkustundir án þess að hægt væri að sýna fram á áhrif þess á dauðstirðunartíma eða holdgæði. Bent var á að lítill fjöldi fiska í rannsókninni kunni að hafa haft áhrif á niðurstöðurnar (Thompson o.fl. 2002). Kanna þarf betur áhrif streitu á holdgæði eldisþorsks m.a. með því að rannsaka áhrif streituálags í mislangan tíma á pH-gildi og los í holdi.

Við slátrun er algengt að deyfa laxfiska með því að dæla koltvísýringi í sérstakt ker og einnig hefur blóðgun átt sér stað án undangenginnar deyfingar (Well 2001). Ókosturinn við þessar tvær aðferðir er að fiskurinn fer fyrr í dauðastirðun en þegar notaðar eru aðferðir sem skerða hreyfigetu hans (Otterå o.fl. 2001). Það eru einkum þrjár aðferðir sem eru áhugaverðar til deyfingar á þorski fyrir blóðgun:

1. *Kæling*: Nú er algengt að fiskur sé kældur í sjókrapa fyrir blóðgun en við það verður hann meðfærilegri og holdgæðin batna (Well 2001).
2. *Rotun*: Við slátrun á laxi og öðrum stærri fiski hefur tíðkast að rota fiskinn fyrir blóðgun til að gera hann meðfærilegri (Well 2001, Lymbery 2002).
3. *Heilasæring* (Iki Jime): Hún er notuð við aflífun á stærri fiski fyrir blóðgun. Þá er stungið með mjórri nál niður í heilann sem veldur strax heiladauða (Harada 1988, Angus o.fl. 1995).

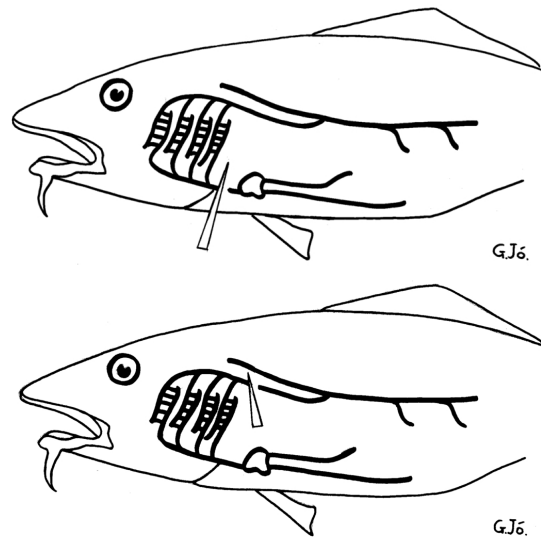
Allar þessar aðferðir draga úr eða koma í veg fyrir að fiskurinn hreyfi sig (sprikli) eftir blóðgun. Þær seinka einnig dauðastirðun og draga úr losi í holdi (Robb 2001). Við sprikl á sér stað loftfirrður brunni á glykógenbirgðum í vöðva og þar með aukin mjólkursýrumyndun sem lækkar pH-gildið og meira los verður í holdi. Seinni ár hafa dýraverndunarsamtök verið að gera athugasemdir við framkvæmd aflífunar á eldisfiskum. Mælt er með aðferðum þar sem fiskurinn er aflífaður á sem skemmstum tíma og hafa dýraverndunarsamtök bent á að heppilegt sé að rota fiskinn fyrir blóðgun, nota heilasæringu eða aflífa með rafmagnsstuði (Lymbery 2002). Aflífun með rafmagni hefur verið gagnrýnd fyrir neikvæð áhrif á holdgæði en með réttum vinnubrögðum er þó talið að hægt sé að koma í veg fyrir slíkt (Robb & Kestin 2000). Dýraverndunarsamtök gera athugasemd við notkun kælingar við aflífun á fiski þar sem kælingin lengir þann tíma sem fiskurinn helst lifandi við slátrun. Einstakir framleiðsluhópar hafa tekið ákvörðun um að nota ekki þessa aðferð. Bent er á að stytta megi dauðastríð fisksins með því að dæla koltví-sýringi í kælivatnið (Well 2001).

Blóðgun og blóðtæming

Um það hefur verið deilt hvort sé betra að blóðga fyrst, láta fiskinn síðan blóðtæmast áður en hann er slægður eða blóðga og slægja í sömu aðgerð (Huss & Asenjo 1976, Kristján K. Jakobsson 1981, Grímur Valdimarsson & Páll Gunnar Pálsson 1981, Grímur Valdimarsson o. fl. 1984, Botta o.fl. 1986). Rannsóknir hafa sýnt að það skiptir mestu máli að þorskurinn fari sem fyrst í blóðgun á meðan lífsþróttur hans er sem mestur til að tryggja sem besta blóðtæmingu (Kelly 1969b, Flechtenmacher 1975, Huss & Asenjo 1976, Grímur Valdimarsson 1981, Grímur Valdimarsson & Guðrún Gunnarsdóttir 1982). Við slátrun á eldisþorski ætti að vera auðvelt að tryggja það að fiskurinn fari strax í blóðgun og skiptir því tiltölulega litlu máli hvort fiskurinn er blóðgaður og slægður í einni eða tveimur aðgerðum.

Besti árangurinn við blóðgun á þorski næst með því að skera á lífoddann, á æð sem liggur frá hjartanu fram í tálknin (10. mynd), vélinda síðan skorið í sundur og á æðar hægra og vinstra megin upp við hrygginn (hálsæðarnar) (Huss & Asenjo 1976). Algengast er að blóðga eldisfisk, t.d. lax, með því að skera á alla tálknbogana öðrum megin, en báðum megin þegar stærri fiskur er blóðgaður. Með þessari aðferð er hægt að halda í lágmarki öllum útlitsskemmdum, sem er mikilvægt þegar verið er að selja ferskan heilan fisk. Stór hrygningarþorskur sem slægður er í landi er stundum blóðgaður með því að hnífnum er stungið inn undir tálknlokin og hálsæðarnar skornar í sundur. Ef skorið er frá lífodda niður að vélinda þolir fiskurinn mun verr meðferð og flutning og meiri hætta er á að klumbubeinið rifni frá bók (Valdimar Ingi Gunnarsson 2001). Ekki er vitað til að þessar aðferðir hafi verið reyndar við markaðssetningu á heilum ferskum eldisþorski og því óljóst um ávinning.

Við blóðtæmingu næst besti árangurinn við að láta fiskinn blóðtæmast í sjó (Kelly 1969b, Huss & Asenjo 1976, Grímur Valdimarsson o. fl. 1984). Það þarf að láta þorsk blóðtæmast í sjó í u.þ.b. 10 mín til að tryggja fullnægjandi blóðtæmingu (Huss & Asenjo 1976, Ásgeir Matthíasson 1986). Þessi mörk eru eflaust mismunandi eftir sjávarhita, lífsþrótti fisksins og stærð. Kæling á fiski í blóðtæmingu er talin mikilvæg. Það hefur þó ekki verið hægt að sýna fram á að þorski blæði betur út í 0°C heitum sjó en í 10°C heitum sjó (Huss & Asenjo 1976).



10. mynd. Á efri mynd er skorið á æð milli hjarta og tálkna, en á neðri myndinni er skorið á hálsæðar (Teikning Gunnar Jóhannsson).

Fig. 10. Upper: cutting through vein between heart and gills. Lower: cutting through throat veins (Drawing Gunnar Jóhannsson).

Það er þó almennt mælt með kælingu m.a. til að lengja dauðstirðnunartímann og draga úr losi (Skjervold o.fl. 2001a). Eldisfiskur er yfirleitt blóðtæmdur og kældur niður í sérstökum blæðingarkörum hólfuðum með skúffum sem ýta fiskinum áfram og tryggja hæfilega langan blóðtæmingartíma (11. mynd).

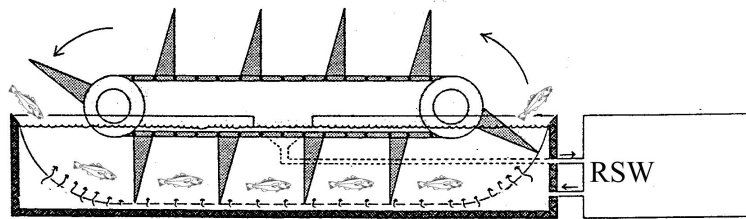
Slæging og þvottur

Þorskur er yfirleitt slægður með því að skera frá lífodda aftur í gotrauf. Í sumum tilvikum er ekki skorið fram úr lífodda til að fiskurinn haldi betur lögun sinni. Þá er rist frá gotrauf rétt fram fyrir eyrugga og skildir eftir 1-2 sm til að halda þunnildunum saman við lífoddann. Ókostur við þessa aðferð er að erfiðara er að fjarlægja innnyfli og skola kviðarholið af óhreinindum (Valdimar Ingi Gunnarsson 2001). Rista skal grunnt, því að þá er minni hætta á að innnyflin skemmist, gallblaðran springi, magi eða þarmar opnast með tilheyrandi sóðaskap og hrogn og lifur sem ætluð eru til manneldis skemmist. Til að koma í veg fyrir að hrogn skemmist er hægt að nota hníf með kúlu framan á oddinum þegar rist er á kvið fisksins (Valdimar Ingi Gunnarsson 2001).

Hannaðar hafa verið slægingarvélar til að gera að þorski. Þessar vélar afkasta mun meira en hefðbundin handslæging. Helsti galli við notkun slægingarvélar er að gallatíðni er meiri

11. mynd. Blóðtæmingar- og kælikar þar sem hægt er að stjórna þeim tíma sem fiskurinn er í karinu.

Fig. 11. Bleeding and chilling tank with time control. First in first out principle.



en við handslægingu, t.d. koma fram töluverðir gallar þegar lifandi fiskur hreyfir sig í vélinni (Sigurjón Arason o.fl. 1989). Hægt er að koma í veg fyrir að fiskurinn hreyfi sig í slægingarvélinni t.d. með því að nota heilasæringu (kafla 4.1). Ef til vill henta ekki slægingarvélar þegar selja á heilan ferskan fisk, en slægingargallar skipta minna máli þegar fiskurinn fer í flökun.

VINNSLA

Heill fiskur

Við sölu á heilum þorski þarf að huga vel að ytra útliti. Flokka þarf frá fiska með útlitsgalla og selja sem heilan fisk á lægra verði eða setja í flakavinnslu. Í töflu 1 eru tillögur um gæðaflokkun á heilum þorski. Hér er eingöngu miðað við útlitsgalla en ekki ferskleika þar sem eldisþorskur fer strax á markað eftir aflífun.

Þegar heill fiskur stirðnar, herpast vöðvarnir en dragast ekki saman vegna þess að beinagrindin sem þeir eru festir á lætur ekki undan. Þetta veldur innri spennu í vöðvalögunum og getur valdið losi í holdi. Ef fiskur er aftur á móti flakaður fyrir dauðastirðnun skreppur flakið saman (12. mynd). Til að minnka los í heilum þorski til útflutnings er áhugavert að rannsaka hvort hægt sé að minnka spennu í holdi og þar með los með því að hausea fiskinn fyrir dauðastirðnun.

Mikilvægt er að hafa fiskinn sem kaldastan þegar honum er pakkað og er hann því kældur í ískrapa fyrir pökkun. Við geymslu þorsks í krapa hækkar vatnsinnihald í holdi og þyngd fisksins eykst. Slægður og hausea eldisþorskur (um tvö kg) jók þyngd sína um tæp 4% eftir einn sólarhring í vatnskrapa, en við geymslu í

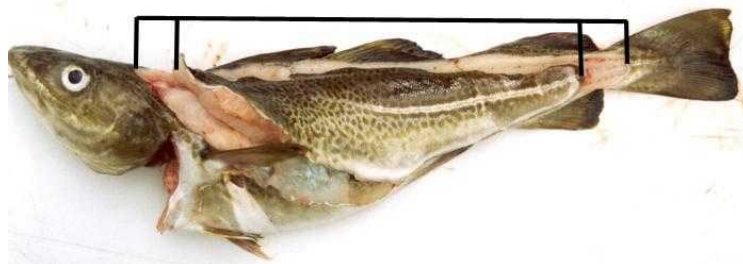
sjókrapa var þyngdaraukningin hægari, fór upp í tæp 2%. Ef fiskurinn er síðan þurrísaður tapast fljótt þyngdaraukningin sem átti sér stað í krapanum (Sørensen o.fl. 1998). Því ber að hafa næga yfirvigt við pökkun á þorski sem hefur verið lengi í krapa.

Eldisþorskur hentar vel til pökkunar á „glansþorski“ eða „gljáþorski“. Gljáþorskur er fiskur sem bæði heldur lögun, lit og útliti tegundarinnar við afhendingu til kaupanda. Oftast er þetta stór þorskur sem er hausea. Við pökkun er hnakka snúið að gafli kassans, kviður látinn snúa niður og aðeins ísað undir og í enda kassans til að koma í veg fyrir að ísinn afliti bók fisksins. Í þeim tilvikum sem ísað er yfir eldisþorsk er mikilvægt að nota fínkornóttan ís sem leggst vel yfir allan fiskinn til að koma í veg fyrir að hann verði flekkóttur (Valdimar Ingi Gunnarsson 2001).

Talið er að eldisþorskur geymist lengur en villtur þorskur. Það er rökstutt með því að við aflífun verði fiskurinn fyrir minna streituálagi og fari jafnframt fyrr í kælingu (Richardson 2002b). Aftur á móti hefur ekki verið sýnt fram á þennan mun í rannsóknum. Í geymslupólsrannsókn á ísuðum eldisþorski og villtum þorski kom eldisþorskurinn verr út í gæðamati fyrstu dagana, en eftir eina viku var ekki hægt að greina neinn mun. Ekki kom fram munur á gæðamati á sveltum (4-12 vikur) og ósveltum eldisþorski í tilrauninni (Losnegard o.fl. 1986b).

Fersk flök

Við flökun á laxi fyrir, við og eftir dauðastirðnun hefur besti árangurinn náðst við flökun fyrir dauðastirðnun. Þegar flakað er fyrir dauða-



12. mynd. Fiskur flakaður fyrir dauðastirðnun. Flakið hefur stytst við að fara í dauðastirðnun.

Fig. 12. Fish filleted in pre rigor. Fillet has contracted during rigor

Tafla 1. Tillaga að gæðaflokkun á ferskum heilum þorski til útflutnings.

Table 1. Recommendation of quality standard for whole round cod for export.

1. flokkur	
Fiskurinn skal hafa, lögun, lit og útlit tegundarinnar. Fyrir slátrun skal svelta fiskinn til að tæma fódurleifar úr meltingarfærum. Við slátrun skal fiskurinn kældur og aflífaður án þess að hann verði fyrir verulegu streituálagi.	
Lögun	Fiskar með afbrigðilega lögun skulu ekki fara í þennan flokk, s.s. kroppinbakar og fiskar með hryggskekkju. Lítlisháttar aflögun kjálka, stutt tálknblað, skemmt auga eða blóðlituð augu skulu ekki fella fiskinn um flokk, enda sé ekki nema einn þessara galla á hverjum fiski. Þykka fiska sem hafa verið fóðraðir vel í eldinu er heimilt að setja í þennan flokk. Heimilt er að setja í þennan flokk nýhrygnda fiska svo framarlega sem þeir eru í eðlilegum holdum.
Litur	Fiska með afbrigðilegan lit, s.s. þaraporska skal flokka frá. Lítlisháttar litabreytingar eru leyfðar. Ekki má finnast blóðmar á fiskum.
Útlit	Aflagaðir en annars óskemmdir uggar leyfast. Gróin sár á höfði eru leyfð, en hvorki opin né gróin sár á bol fisks. Gallitur á kviðarholi er ekki leyfður (orsakast af sprunginni gallblöðru við aðgerð). Gallar við blóðgun, s.s. sundurskorið klumbubein eru ekki leyfðir. Gallar við slægingu, s.s. of löng eða stutt fyrirrista og skorið út í hold er ekki leyft. Í þennan flokk skulu ekki fara fiskar með sníkjudýr á roði og tálknum. Innyflaefar mega ekki vera til staðar í kviðarholi.
2. flokkur	
Fiskur í þessum flokki er meðhöndlaður á saman hátt og 1. flokks fiskur, sveltur og slátrað á sama máta. Lítlisháttar blóðæðar í holdi eru leyfðar en holdlitur skal vera eðlilegur. Fiskur í þessum flokki má hafa eftirfarandi galla:	
Lögun	Fiskur sem stírnað hefur boginn og þurft hefur að rétta fyrir þökkun.
Litur	Afbrigðilegan lit, s.s. þaraporsk og mjög dökka eða ljósa fiska. Töluvert blóð í uggum. Minniháttar blóðbletti á þunnildum.
Útlit	Lítlisháttar útlitsgallar, svo sem skemmdir uggar, skemmdur sporður og aflagað höfuð. Minniháttar roðskemmdir, enda sé fiskurinn ekki rifinn inn í hold. Klofna ugga. Minniháttar skurði á kviði, rifna kviðhimnu og minniháttar gallit á þunnildum.

stirðnun dregst flakið saman og verður þykkara, stinnara og minna er um los (Skjervold o.fl. 2001b,c). Með því að flaka áframeldisþorsk fyrir dauðastirðnun hefur einnig verið hægt að draga úr losi í holdi (Akse 2003). Við flökun á þorski úr áframeldi hefur náðst bestur árangur með að flaka fiskinn innan 10 tíma frá aflífun (Thompson o.fl. 2002).

Nokkrar samanburðartilraunir hafa verið gerðar á flakanýtingu eldisþorsks og villts þorsks. Þegar flakanýting er reiknuð út frá óslægðum fiski er hún lakari í eldisþorski en villtum þorski. Ástæðan er sú að innyflin stækka hlutfallslega meira en holdið (flakið) í eldi. Í norskri athugun mældist flakanýtingin 47% á villtum þorski áður en hann fór í eldið. Eftir 4-6 mánuði í eldinu var flakanýtingin komin niður í 40% (Nilsen 1991). Niðurstöður nýtingarmælinga þar sem reiknað er út frá óslægðum fiski geta því verið mjög breytilegar, þar sem hlutfall innyfla er mismunandi eftir árstímum og lifur misstór allt eftir því hvernig staðið er að fóðrun. Nýtingarmælingar þar sem miðað er við slægðan þorsk gefa því réttari mynd. Í íslenskri rannsókn mældist flakanýting um 50% á villtum

fiski en 55% á áframeldisþorski miðað við vél-flökun og 61% miðað við handflökun (tafla 2) en fiskurinn hafði verið fjóra mánuði í eldi (Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001).

Fyrir var talið að flökun fyrir dauðastirðnun hefði neikvæð áhrif á flökunarnýtingu, flökin herptust saman og losuðu vatn þegar þau færu í dauðastirðnun (Connell 1990). Þennan mun er hugsanlega hægt að skýra með rétttri meðhöndlun og góðri kælingu á fiskinum fyrir blóðgun og í vinnsluferlinu. Með góðri kælingu á laxi hefur dregið verulega úr vöðvaþerpingu við dauðastirðnun (Johansen o.fl. 1996). Við flökun á áframeldisþorski hefur komið fram að allt að 7% af vökva tapaðist úr flaki þegar kældur fiskur var flakaður innan 10 tíma frá aflífun. Minni rýrnun var á fiski sem flakaður var seinna (Thompson o.fl. 2002). Rannsaka þarf betur áhrif tímasetningar flökunar á nýtingartapi hjá þorski og hvernig best er að tryggja sem mesta nýtingu.

Flök eldisþorsks eru þykkari en hjá villtum þorski. Sökum þykktar fer stærri hluti flaks úr eldisfiski í dýrari þakkingar. Hnakkastykki eru verðmætasti hluti flaksins og mælist það 61-

Tafla 2. Samanburður á flökunar- og flatningsnýtingu á villtum þorski og áframeldisþorski eftir fjóra mánuði í eldi (Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001).

Table 2. Comparison of yield in filleted and splitted cod. Newly caught wild cod and farmed cod after four months of intensive feeding in sea pens (Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001).

	Fyrir eldi	Eftir eldi	Mismunur
Vélflökunarnýting	48%	55%	7%
Handflökunarnýting	52%	61%	9%
Flatningsnýting	67%	79%	12%

71% í eldisfiski en aðeins 43% í villtum fiski (tafla 3). Verðminnsti hluti flaksins er þunnildi og er það 7-9% í eldisþorski og 15% í villta fiskinum (Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001). Flök eldisþorskins eru því verðmeiri en flök af villtum fiski þegar þau eru skorin niður í hnakka, miðstykki, sporð og þunnildi.

Frysting og söltun

Þorskur með lágt pH-gildi er óheppilegur í frystingu og er því mælt með að frysta þorsk sem er með hærra sýrustig en 6,6-6,7 (Kelly 1969a). Yfirleitt er eldisþorskur undir þessum mörkum en villti þorskurinn eingöngu yfir stutt tímabil á árinu. Geymsluþol á frystum eldisþorski er lakara en á villtum þorski. Eftir 6 mánaða geymslu við -20°C var eldisþorskurinn kominn að mörkun þess að vera hæfur til manneldis (Losnegard o.fl. 1987). Við skynmat hefur komið fram að munur er á eldisfiski og villtum fiski sem eykst við frystingu, eldisþorskinum í óhag. Eldisþorskurinn verður seigari, þurrari og afbrigðilegt bragð (s.s. súrari) meira áberandi (Losnegard o.fl. 1987, Mørkøre o.fl. 2002). Vatnsbindieiginleikar eru einnig lakari og við uppþíðingu er 2-3% meira vökvatap hjá eldisþorskinum (Losnegard o.fl. 1987). Hægt er að draga úr neikvæðum áhrifum frystingar á holdgæði með því að svelta fiskinn vel fyrir slátrun (Ross & Love 1979, Losnegard o.fl. 1987). Kanna þarf með rannsóknum áhrif annarra þátta svo sem lengdar eldistíma á holdgæði á fiski sem fer í frystingu.

Í norski tilraun á léttsöltuðum eldisþorski fyrir, við og eftir dauðastirðnun kom fram verulegur munur í saltupptöku, nýtingu og gæðum. Flök af fiski sem saltaður var eftir dauðastirðnun juku þyngd sína í pæklinum. Aftur á móti léttust flök af fiski sem voru söltuð fyrir dauðastirðnun, nýting var meira en 10% lægri

Tafla 3. Samanburður á nýtingu á roðlausu flaki hjá villtum þorski og þorski sem var fóðraður í fjóra mánuði (Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001).

Table 3. Comparison of filet yield of wild cod and cod after four months intensive feeding in sea pens (Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001).

	Fyrir eldi	Eftir eldi	Mismunur
Hnakki	43%	61-71%	18-28%
Miðstykki	23%	0%	- 23%
Sporður	19%	17-24%	- 2 til 5%
Þunnilda	15%	7-9%	- 6 til - 9%

og saltupptaka hægari. Harka, litur og bragð var einnig frábrugðið (Sørensen o.fl. 1997).

Aukaafurðir

Við slátrun á áframeldisþorski á tímabilinu frá október til loka ársins hefur hlutfall innnyfla verið 20-30% af heildarþyngd. Hlutfall lifrar af heildarþyngd mældist allt frá 9% upp í 17%. Þyngd kynkirtla er mismunandi eftir árstímum og í einni tilraun mældist í lok ársins um 15% svil, en hrogn um 5% (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003). Vel fóðraður eldisþorskur framleiðir meira af kynkirtlum en villtur þorskur af sömu stærð (Kjesbu o.fl. 1991, Wroblewski o.fl. 1999). Lifrarhlutfallið er einnig meira en hjá villtum þorski (Björn Björnsson 1999). Það geta því verið veruleg verðmæti í lifur, hrognum og sviljum við slátrun á eldisþorski, meira en þekkt í villtum þorski.

Ásamt því að lifur er stærri í eldisþorski en í villtum þorski er fituhlutfallið (Losnegard o.fl. 1986a, Hemre o.fl. 2000) og hlutfall omega-3 fitusýra hærra (Lie o.fl. 1986, Shahidi o.fl. 1992). Í lifur þorsks úr aleldi eru fáir eða engir ormar en það auðveldar alla vinnslu á lifrinni svo sem niðursuðu.

ÞAKKARORÐ

Eftirtöldum aðilum er þakkaður yfirlestur á greininni: Erlingi Haukssyni, Hringormanefnd og Emelíu Marteinsdóttur, Helgu Gunnlaugsdóttur og Kristínu Önnu Þórarinsdóttir sérfræðingum á Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins.

HEIMILDIR

Ackman, R.G. 1967. The influence of lipids on fish quality. *Journal of Food Technology* 2: 169-181.

Agnus, L., Malcolmson, L., Nicolson, A. & Inkster, A. 1995. Improving the quality of farmed salmon by 'Ike Jime' harvesting. *North Atlantic Fisheries College. Fisheries Development Note* 1: 1-2.

- Angot, V. & Brasseur, P. 1993. European farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) are safe from anisakid larvae. *Aquaculture* 118: 339-344.
- Ang, J.F. & Haard, N.F. 1985. Chemical composition and postmortem changes in soft textured muscle from intensively feeding Atlantic cod (*Gadus morhua*, L.). *Journal of Food Biochemistry* 9: 49-64.
- Akse, L. 2003. *Slaktekvalitet oppdrettstorsk. Sats på torsk program*. Nettverksmøte 12.-13. februar 2003 og Nordisk forum for torskoppdrett 13.-14. februar 2003. Bergen, Norge. Norsk Sjømatcenter.
- Akse, L. & Midling, K. 1997. Live capture and starvation of capelin cod (*Gadus morhua* L.) in order to improve the quality. Í: J.B. Lutén T. Børresen, & Oehlen-schläger, J. (ritstj.), *Seafood from producer to consumer, integrated approach to quality*. Elsevier Science, Amsterdam, bls. 47-58.
- Asche, F. & Tveiterås, R. 2002. *Oppdrettstorsk: Nisjeprodukt eller commodity?* Foredrag. Sats på torsk - Nettverksmøte, 14.-15. feb. 2002. Bergen. Norge. Norsk sjømatcenter.
- Ásgeir Matthíasson 1986. Áhrif biðtíma í móttöku og blæðingartíma á gæði ferskfisks. *Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins. Tæknitíðindi* 164: 1-14.
- Black, D. & Love, R.M. 1986. The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *Journal of Comparative Physiology* 156B: 469-479.
- Björn Björnsson 1999. Is the growth rate of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) food-limited? A comparison between pen-reared cod and wild cod living under similar thermal conditions. *Rit Fiskideildar* 16: 271-279.
- Björn Björnsson 2002. Effects of anthropogenic feeding on the growth rate, nutritional status and migratory behaviour of free-ranging cod in an Icelandic fjord. *ICES Journal of Marine Science* 59: 1248-1255.
- Björn Gíslason & Bergur Guðmundsson 2001. *Áframeldi þorsks í Eyjafirði 2001*. Skýrsla til Nýsköpunarsjóðs námsmanna. Háskólinn á Akureyri. Sjávarútvegsdeild.
- Björnevik, M., Karlson, Ø., Johnsen, I. A. & Kiessling, A. 2003. Effect of sustained exercise on white muscle structure and flesh quality in farmed cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 34: 55-64.
- Botta, J.B., Kennedy, K. & Squires, B.E. 1987a. Effect of method of catching and time of season on the composition of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science* 52: 922-924, 927.
- Botta, J.B., Kennedy, K. & Squires, B.E. 1987b. Effect of method of catching and time of season on sensory quality of fresh raw Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science* 52: 928-931.
- Botta, J.R., Squires, B.E. & Johnson, J. 1986. Effect of bleeding/gutting procedures on the sensory quality of fresh raw Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* 19: 186-190.
- Brynjólfur Eyjólfsson, Sigurjón Arason, Gunnar Stefánsson & Guðjón Þorkelsson 2001. Holdafar þorsks, vinnslunýting og vinnslustjórnun. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Skýrsla Rf 2*: 1-113.
- Burt, J.R., Jones, N.R., McGill, A.S. & Stroud, G.D. 1970. Rigor and gaping in cod muscle. *Journal of Food Technology* 5: 339-351.
- Connell, J.J. 1990. *Control of fish quality*. 3rd ed. Fishing News Books, London, UK, 227 bls.
- Damberg, N. 1964. Extractives of fish muscle. 4. Seasonal variations of fat, water-solubles, protein and water in cod (*Gadus morhua* L.) fillets. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 21: 703-709.
- Dos Santos, J., Burkow, I.C. & Jobling, M. 1993. Patterns of growth and lipid deposition in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural prey and fish-based feeds. *Aquaculture* 110: 173-180.
- Droplaug Ólafsdóttir 2001. Review of the ecology of sealworm, *Pseudoterranova* sp. (p) (Nematoda: Ascaridoidea) in Icelandic waters. *NAMMCO Scientific Publications* 3: 95-111.
- Dutil, J.-D., Lambert, Y. & Chabot, D. 2003. Winter and spring changes in condition factor and energy reserves of wild cod compared with changes observed during food-deprivation in the laboratory. *ICES Journal of Marine Science* 60: 780-786.
- Einen, O. & Thomassen, M.S. 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture* 169: 37-53.
- Einen, O., Mørkøre, T., Rørå, A.M.B. & Thomassen, M.S. 1999. Feed ration prior to slaughter - a potential tool for managing product quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 178: 149-169.
- Eliassen, J.-E. & Vahl, O. 1982. Seasonal variations in the gonad size and the protein and water content of cod, *Gadus morhua* (L.) muscle from Northern Norway. *Journal of Fish Biology* 20: 707-716.
- Erikson, U. 2001. Potential effect of preslaughter fasting, handling and transport. Í: S.C. Kestin & P.D. Warriss, (ritstj.), *Farmed fish quality*. Fishing News Books, bls. 202-219.
- Erlingur Hauksson 1986. Síldarormurinn. *Fiskvinnslan* 3/86: bls. 36,39-40,42-43.
- Erlingur Hauksson 1991. Parasitic nematodes in commercially important fish. Í: L.F. Pau & R. Ólafsson (ritstj.), *Fish quality control by computer vision*. Marcel Dekker, Inc. New York, bls. 77-94.
- Erlingur Hauksson 1992a. Selir og hringormar. *Hafrannsóknir* 43: 1-123.
- Erlingur Hauksson 1992b. Áhrif verkunar á hringorma *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Rit* 33: 1-10.
- Erlingur Hauksson 1997. Hringormar. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. RF pislar* 1: 1-4.

- Flechtenmacher, W. 1975. Ausbluten von Kabeljau an Bord von Fangschiffen. *Archiv für Fischereiwissenschaft* 26: 53-56.
- Fordham, S.E. & Trippel, E.A. 1999. Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning. *Journal of Applied Ichthyology* 15: 1-9.
- Grímur Valdimarsson 1981. Áhrif mismunandi blóðgunar og slægingar á gæði þorsks. *Ægir* 74: 614-618.
- Grímur Valdimarsson & Páll Gunnar Pálsson 1981. Áhrif mismunandi blóðgunar og slægingar á gæði þorsks. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins Tæknitíðindi* 130: 1-4.
- Grímur Valdimarsson & Guðrún Gunnarsdóttir 1982. Áhrif mismunandi blóðgunar og slægingar á gæði ferskfisks, frystra flaka og saltfisks. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Tæknitíðindi* 141: 1-18.
- Grímur Valdimarsson, Ásgeir Mattíasson & Gunnar Stefánsson 1984. Blóðgun og slæging þorsks. *Ægir* 77: 548-551.
- Guðrún Marteinsdóttir & Gróa Pétursdóttir 1995. Spatial and temporal variation in reproduction of Icelandic cod at Selvogsbanki and nearby coastal areas. *ICES CM 1995/G:15*.
- Hafrannsóknastofnunin 1998. Skýrsla um starfsemi Hafrannsóknastofnunarinnar 1997. *Hafrannsóknir* 53: 1-124.
- Hannes Hafsteinsson & Syed S.H. Rizvi 1987. A review of the sealworm problem: Biology, implications and solutions. *Journal of Food Protection* 50: 70-84.
- Hansen, T., Ø. Karlsen, G.L. Taranger, G-I. Hemre, J.C. Holm & Kjesbu, O.S. 2001. Growth, gonadal development and spawning time of Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared under different photoperiods. *Aquaculture* 203: 51-67.
- Harada, K. 1988. Presenting fish for sale on the Japanese market. *Australian Fisheries*, June, bls. 38-42.
- Hemre, G.-I., Lie, Ø., Lied, E. & Lambertsen, G. 1989. Starch as an energy source in feed for cod (*Gadus morhua*): Digestibility and retention. *Aquaculture* 80: 261-270.
- Hemre, G.-I., Karlsen, Ø., Lehmann, G., Holm, J.C. & Lie, Ø. 1993a. Utilization of protein, fat and glycogen in cod (*Gadus morhua*) during starvation. *Fiskeri-direktoratets Skrifter. Serie Ernæring* 6: 1-9.
- Hemre, G.-I., Lie, Ø. & Sundby A. 1993b. Dietary carbohydrate utilization in cod (*Gadus morhua*) Metabolic response of feeding and fasting. *Fish Physiology and Biochemistry* 10: 455-463.
- Hemre, G.-I., Mangor-Jensen, A., Rosenlund, G., Waagbø, R. & Lie, Ø. 1995. Effect of dietary carbohydrate on gonadal development in broodstock cod, *Gadus morhua* L. *Aquaculture Research* 26: 399-408.
- Hemre, G.-I., Northvedt, R., Sandnes, K. & Lie, Ø. 2000. Oppdrett av torsk: Hurtig vekst uten kjempelever. *Norsk Fiskeoppdrett* 25(16): 24-27.
- Huss, H.H. & Asenjo, I. 1976. *Some factors influencing the appearance of fillets from white fish*. Fiskeriministeriets Forsøgslaboratorium, Lyngby.
- Jerrett, A.R., Stevensen, J. & Holland, A.J. 1996. Tensile properties of white muscle in rested and exhausted Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Journal of Food Science* 61: 527-532.
- Jerrett, A.R., Holland, A.J. & Stevensen, J. 1998. Rigor contractions in "rested" and "exhausted" Chinook salmon white muscle as affected by temperature. *Journal of Food Science* 63: 53-56.
- Jobling, M., Knudsen, R., Pedersen, P.S. & Dos Santos, J. 1991. Effects of dietary composition and energy content on nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture* 92: 243-257.
- Johansen, S., Rustad, T., Erikson, U. & Nordtvedt, T.S. 1996. Effect of pre-packing temperatures on Atlantic salmon quality. *Refrigation Science and Technology Proceedings* 1996-2: 189-197.
- Jón Örn Pálsson 2003. *Áhrif fóðurgerðar á nýtingu og gæðaflokkun saltfiskflaka. Samantekt á niðurstöðum*. Öbirt skýrsla frá Þórsbergi hf.
- Jónas Bjarnason, 1998. Los og sprungur í fiski. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. RF pistlar* 10: 1-5.
- Jónas Jónasson, Emma Eyþórsdóttir og Vigfús Jóhannsson, 1996. Kynbætur í laxeldi. *Eldisfréttir* 12(1): 16-20.
- Jónbjörn Pálsson 1997: A report on herring (*Clupea harengus*) from the Icelandic summer spawning stock and the Atlanto-Scandian stock examined for Ichthyophonus in Iceland 1996. *ICES C.M. 1997/F:6*, bls. 47-53.
- Jónbjörn Pálsson & Beverley-Burton, M. 1984. Helminth parasites of capelin, *Mallotus villosus*, (Pisces: Osmeridae) of the North Atlantic. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 51: 248-254.
- Kelly, T.R. 1969a. Quality in frozen cod and limiting factors on its shelf life. *Journal of Food Technology* 4: 95-103.
- Kelly, T.R. 1969b. Discolouration in sea-frozen fish fillets. Í: R. Kreuzer (ritstj.), *Freezing and irradiation of fish*. Fishing News Limited, bls. 64-67.
- Kelly, K., Jones, N.R., Love, R.M. & Olley, J. 1966. Texture and pH in fish muscle related to 'cell fragility' measurements. *Journal of Food Technology* 1: 9-15.
- Kirsch, P.E., Iverson, S.J., Bowen, W.D., Kerr, S.R. & Ackman, R.G. 1998. Dietary effects on the fatty acid signature of whole Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 1378-1386.
- Kjesbu, O.S. 1994. Time of start of spawning in Atlantic cod (*Gadus morhua*) females in relation to vitellogenic oocyte diameter, temperature, fish length and condition. *Journal of Fish Biology* 45: 719-735.
- Kjesbu, O.S. & Holm, J.C. 1994. Oocyte recruitment in first-time spawning Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to feeding regime. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 1893-1898.

- Kjesbu, O.S., Klungsøyr, J., Kryvi, H., Witthames, P.R. & Greer Walker, M. 1991. Fecundity, atresia, and egg size of captive Atlantic cod (*Gadus morhua*) in relation to proximate body composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 2333-2343.
- Kohler, A., 1959. Growth and parasites of cod during a year in captivity. *Fisheries Research Board of Canada. Progress Reports of the Atlantic Coast Stations* 72: 3-7.
- Korhonen, R.W., Lanier, T.C. & Giesbrecht, F. 1990. An evaluation of simple methods for following rigor development in fish. *Journal of Food Science* 55: 346-368.
- Kristján K. Jakobsson 1981. Meðferð fisks um borð í íslenskum skuttogurum. *Ægir* 74: 315-320.
- Landfald, B., Solberg, T. & Christiansen, B. 1991. Oppfóret torsk – et annerledes produkt? *Norsk Fiskeoppdrett* 16(13): 26-27.
- Lande, A. 1998. RUBIN-fóret. Sammenheng mellom ernæring og bindevevsstruktur hos fisk. En litteraturstudie. Stiftelsen RUBIN. *RUBIN-Rapport* 302/79: 1-17.
- Lauritzsen, K. 2002. *Kvalitet på torsk (vill, fora, sulta)*. Fiskeriforskningen. Foredrag - Næringslivsdagene i Tromsø 14 mars 2002.
- Lavéty, J., Afolabi, O.A. & Love, R.M. 1988. The connective tissues of fish. IX. Gaping in farmed species. *International Journal of Food Science & Technology* 23: 23-30.
- Lavéty, J. & Love, R.M. 1972. The strenght of cod connective tissue during starvation. *Comparative Biochemistry and Physiology* 41B: 39-42.
- Lie, Ø., Lied, E. & Lambertsen, G. 1986. Liver retention of fat and fatty acids in cod (*Gadus morhua*) fed different oils. *Aquaculture* 59: 187-196.
- Lied, E., Lie, Ø. & Lambertsen, G. 1985. Nutritional evaluation in fish by measurement of in vitro protein synthesis in white trunk muscle tissue. Í: C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell (ritstj.), *Nutrition and feeding in fish*. Academic Press, London, bls. 169-176.
- Losnegard, N., Langmyhr, E. & Madsen, D. 1986a. Oppdrettstorsk, kvalitet og anvendelse. (I). Kjemisk samsetning som funksjon av årstiden. *Fiskeridirektoratet, Rapporter og meldinger* nr.11/86.
- Losnegard, N., E. Langmyhr & Madsen, D. 1986b. Oppdrettstorsk, kvalitet og anvendelse. (II). Lageringsdyktighet i is. *Fiskeridirektoratet, Rapporter og meldinger* nr.12/86.
- Losnegard, N., E. Langmyhr & Madsen, D. 1987. Oppdrettstorsk, kvalitet og anvendelse. (III). Fryselageringsdyktighet I is. *Fiskeridirektoratet, Rapporter og meldinger* nr.1/87.
- Love, R.M. 1960. Water content of cod (*Gadus callarias* L.) muscle. *Nature*, Lond. 185: 692.
- Love, R.M. 1970. *The chemical biology of fishes*. Academic Press, London, 547 bls.
- Love, R.M. 1974. Colour stability in cod (*Gadus morhua* L.) from different grounds. *Journal du Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 35: 207-209.
- Love, R.M. 1975. Variability in the Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Northeast Atlantic: A review of seasonal and environmental influences of various attributes of the flesh. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 32: 2333-2342.
- Love, R.M. 1979. The post-mortem pH of cod and haddock muscle and its seasonal variation. *Journal Science Food Agriculture* 30: 433-438.
- Love, R.M. 1980. *The chemical biology of fishes*. Vol. 2. Academic Press, 943 bls.
- Love, R.M. 1988. *The food fishes, their intrinsic variation and practical implications*. Farrand Press, London, 276 bls.
- Love, R.M. & Haq, M.A. 1970. The connective tissues of fish. III. The effect of pH on gaping in cod entering rigor mortis at different temperatures. *Journal of Food Technology* 5: 241-248.
- Love, R.M., Lavéty, J. & Garcia, N.G. 1972. The connective tissues of fish. VI. Mechanical studies on isolated myocommata. *Journal of Food Technology*. 7: 291-301.
- Love, R.M., Robertson, I., Smith, G.L. & Whittle, K.J. 1974a. The texture of cod muscle. *Journal of Texture Studies* 5: 201-212.
- Love, R.M., Robertson, I., Lavéty, J. & Smith, G.L. 1974b. Some biochemical characteristics of cod (*Gadus morhua* L.) from Faroe Bank compares with those from other fishing grounds. *Comparative Biochemistry and Physiology* 47B: 149-161.
- Love, R.M., Munro, L.J. & Robertson, I. 1977. Adaptation of the dark muscle of cod to swimming activity. *Journal of Fish Biology* 11: 431-436.
- Lunestad, B.T. 2002. Ingen rundormer ("kveis") hos oppdrettsfisk. *Norsk Fiskeoppdrett* 27(8): 40-41.
- Lunestad, B.T. & Berland, B. 1997. *A collection of publications on nematodes occurring in cod fish*. The Directorate of Fisheries and Universitetet Bergen.
- Luten, J., Kole, A., Schelvis, R., Veldman, M., Heide, M., Carlehög, M. & Akse, L. 2002. Evaluation of wild cod versus wild caught, farmed raised cod from Norway by Dutch consumers. *Økonomisk Fiskeriforskning* 12: 44-60.
- Lymbery, P. 2002. *In too deep: The welfare of intensively farmed fish*. A report for Compassion in world farming trust (www.ciwf.org.uk/publications/reports/in_too_deep_2001.pdf).
- MacCallum, W.A., Jaffray, J.I., Churchill, D.N., Idler, D. R. & Odense, P.H. 1967. Postmortem physicochemical changes in unfrozen Newfoundland trap-caught cod. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 24: 651-78.
- McClelland, G. 1995. Experimental infection of fish with larval sealworm, *Pseudoterranova decipiens* (Nematoda, Anisakinae), transmitted by amphipods.

- Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52(Suppl.1): 140-155.
- Morais, S., Bell, G.J., Robertson, D.A., Roy, W.J. & Morris, P.C. 2001. Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.): effects on growth, feed utilisation, muscle composition and liver histology. *Aquaculture* 2003: 101-119.
- Möller, H. & Anders, K. 1986. *Diseases and parasites of marine fishes*. Verlag Möller, Kiel, 365 bls.
- Mørkøre, T. & Austreng, E. 2003. Oppföret villtorsk falt i smak. *Norsk fiskeoppdrett* 28(3): 40-41.
- Mørkøre, T., Rørvik, K-A. & Thomassen, M.S. 2002. *Sensorisk kvalitet hos oppdrettstorsk*. Foredrag. Sats på torsk - Nettverksmøte, 14.-15. feb. 2002. Bergen, Norge. Norsk sjømatcenter.
- Nilsen, P. 1991. Oppföring av torsk i merd i Finmark. *Fiskeriforskningen rapport* 6/91: 1-22.
- Olsen, E.R. & Bjørnevik, M. 2003. Föör, fööring og kvalitet. *Havforskningsnytt* nr.10.
- Otterå, H. 2002. *Kvalitet på oppdrettstorsk*. Foredrag. Sats på torsk - Nettverksmøte, 14.-15. feb. 2002. Bergen, Norge. Norsk sjømatcenter.
- Otterå, H. & Akse, L. 2002. Slaktekvalitet på oppdrettstorsk. Í: J. Glette, T. van der Meeren, R.E. Olsen & O. Skilbrei (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisker og havet*, særnr. 3: 80-81.
- Otterå, H., Roth, B. & Torrissen, O.J. 2001. Do killing methods affect the quality of Atlantic salmon. Í: S.C. Kestin & P.D. Warriss (ritstj.), *Farmed fish quality*. Fishing News Books, bls. 400-401.
- Richardsen, R. 2002a. Grossisters oppfatninger om oppdrettstorsk. Sats på torsk - Nettverksmøte, 14.-15. feb. 2002. Bergen, Norge. Norsk sjømatcenter.
- Richardsen, R. 2002b. *Er oppdrettstorsken god nok for et kresent sjømatmarked?* Foredrag på Hvitfiskseminar. Nor - Fishing 2002 (www.seafood.no).
- Robb, D.H.F. 2001. The relationship between killing methods and quality. Í: S.C. Kestin & P.D. Warriss (ritstj.), *Farmed fish quality*. Fishing News Books, bls. 220-233.
- Robb, D. & Kestin, S. 2000. Product handling: Progress with humane slaughter. *Fish Farmer*, november/desember, bls. 41-42.
- Rosnes, J.T. & Langvad, F. 1993. Soppinfisert sild (Tummelsyke). *Fiskets Gang* 79(11): 28-30.
- Ross, D.A. & Love, R.M. 1979. Decrease in cold store flavour developed by frozen fillets of starved cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of Food Technology* 14: 115-122.
- Rustad, T. 1992. Muscle chemistry and the quality of wild and farmed cod. Í: H.H. Huss, M. Jakobsen & J. Liston. (ritstj.), *Quality assurance in the fish industry*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, bls. 19-27.
- Rørvik, K., Skjervold, P.O., Fjæra, S.O., Mørkøre, T. & Steien, S.H. 2001. Body temperature and seawater adaptation in farmed Atlantic salmon and rainbow trout during prolonged chilling. *Journal of Fish Biology* 59: 330-337.
- Rätz, H-J. & Lloret, J. 2003. Variation in fish condition between Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks, the effect on their productivity and management implications. *Fisheries Research* 60: 369-380.
- Salte, R. 1997. RUBIN-föoret. Vurdering af smittefare ved bruk. Stiftelsen RUBIN. *RUBIN-Rapport* nr. 302/72: 1-10.
- Sanmartín, M.L., Quinteiro, D.P. & Ubeira, F.M. 1989. Nematode parasites of commercially important fish in NW Spain. *Diseases of Aquatic Organisms* 7: 75-77.
- Santanmarina, M.T., Tojo, J.T., Gestido, J.C., Leiro, J.L., Ubeira, F.M. & Sanmartín, M.L. 1994. Experimental infection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by *Anisakis simplex* (Nematoda: Anisakidae). *Japanese Journal of Parasitology* 43: 187-192.
- Segars, R.A. & Johnson, E.A. 1987. Instrumental measurement of the textural quality of fish flesh. Effect of pH and cooking temperature. Í: D.E. Kramer & J. Liston (ritstj.), *Seafood quality determination*. Prog. Int. Symp. on Seafood Qual. Determin., Anchorage Alaska, 1986. Elsevier, Amsterdam, bls. 49-61.
- Shahidi, F., Murphy, G. & Naczki, M. 1992. Accumulation of lipid in farmed cod (*Gadus morhua*). Í: E. Graham Bligh (ritstj.), *Seafood science and technology*. Fishing News Book, bls. 58-63.
- Sigholt, T., Eirikson, U., Rustad, T., Johansen, S., Nordtvedt, T.S. & Seland, A. 1997. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science* 62: 898-905.
- Sigurður Einarsson & Vilhjálmur Þorsteinsson 1994. Eldi á smáþorski (*Gadus morhua*) í sjókvím í Norðfirði. *Eldisfréttir* 10: 30-35.
- Sigurður Einarsson & Vilhjálmur Þorsteinsson 1995. Eldi á smáþorski (*Gadus morhua*) í sjókvím í Norðfirði. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Rit* 43: 1-17.
- Sigurður Helgason, Matthías Eydal, Slavko H. Bambir, Árni Kristinsson, Ragnhildur Þ. Magnadóttir, Margrét Jónsdóttir & Steinunn Árnadóttir 2003. Sjúkdómar og sníkjudýr í þorskeiðum (0+ og 1+) við Ísland. *Tilraunastöð Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum. Ársskýrsla 2002*, bls. 38-39.
- Sigurjón Arason, Emilía Marteinsdóttir, Guðmundur Þóroddsson & Hannes Árnason 1989. Úttekt á slægingarvél frá Krónborg í Danmörku. *Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Rit* 19: 1-14.
- Skjervold, P.O., Fjæra, S.O. & Christoffersen, K. 1996. Pre-mortal chilling of farmed salmon. *Refrigeration Science and Technology Proceedings* 2: 167-173.
- Skjervold, P.O., Fjæra, S.O. & Østby, P.B. 1999. Rigor in Atlantic salmon as affected by crowding stress prior to chilling before slaughter. *Aquaculture* 175: 93-101.
- Skjervold, P.O., Fjæra, S.O., Østby, P.B. & Einen, O. 2001a. Live-chilling and crowding stress before

- slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 192: 265-280.
- Skjervold, P.O., Rørå, A.M., Fjæra, S.O., Vegusdal, A., Vorre, A. & Einen, O. 2001b. Effect of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. *Aquaculture* 194: 315-326.
- Skjervold, P.O., Fjæra, S.O., Østby, P.B., Isaksson, T., Einen, O. & Taylor, R. 2001c. Properties of salmon flesh from different locations on pre- and post-rigor filets. *Aquaculture* 201: 91-106.
- Skjervold, P.O., Fjæra, S.O. & Snipen, L. 2002. Predicting live chilling dynamics of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 209: 185-195.
- Soffía Vala Tryggvadóttir & Björn Björnsson 2001. Ástand þorskhólds eftir mismikla föðrun. *Ægir* 94(3): 20-23.
- Solberg, C. 2003. Quality changes during starvation of farmed and wild cod. Í: *TAFT 2003 - First Joint Trans Atlantic Fisheries Technology Conference* 10-14 June 2003 Reykjavik, Iceland. Proceedings, bls. 385-386.
- Sólveig Ingólfssdóttir, Guðmundur Stefánsson & Kristberg Kristbergsson 1998. Seasonal variations in physicochemical and textural properties of North Atlantic cod (*Gadus morhua*) mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 7(3): 39-61.
- Sørensen, N.K., R. Brataas, T.E. Nyvold & Lauritzen, K. 1997. Influence of early processing (pre-rigor) on fish quality. Í: J.B. Luten, T. Børresen, & J. Oehlenschläger (ritstj.), *Seafoods from producer to consumer. Integrated approach to quality*. Elsevier, Amsterdam, bls. 253-263.
- Sørensen, N.K., Akse, L. & Helgason, J.G. 1998. Kjølelaging av fisk. Vektendringer ved lagring av torsk og laks i is og is-vann blandinger. *Fiskeriforskningen. Rapport* 21: 1-55.
- Thompson, M., Rideout, K., Trenholm, R. & Gillett B. 2002. Evaluation of flesh quality in ranched cod. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 102-1: 27-30.
- Valdimar Ingi Gunnarsson 2001. *Meðhöndlun á fiski um borð í fiskiskipum*. Útgefið af Sjávarútvegsþjónustunni ehf. (www.sjavarutvegur.is/Sidusnid/bok.htm).
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Erlendur Steinar Friðriksson, Jón Örn Pálsson, Karl Már Einarsson, Ketill Elíasson, Kristinn Hugason, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson & Þórarinn Ólafsson 2003. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir fongun og áframeldi þorsks á árinu 2002. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 100: 1-26.
- Walker, M.G. 1971. Effect of starvation and exercise on the skeletal muscle fibres on the cod (*Gadus morhua* L.) and the coalfish (*Gadus virens* L.) respectively. *Journal du Conseil international pour l'Exploration de la Mer* 66: 421-426.
- Well, A.J. 2001. Ethical considerations in the handling and slaughter of farmed fish. Í: S.C. Kestin & P.D. Warriss (ritstj.), *Farmed fish quality*. Fishing News Books, bls. 108-115.
- Wootton, R. & Smith, J.W. 1975. Observational and experimental studies on the acquisition of *Anisakis* sp. larvae (Nematoda: Ascaridida) by trout in fresh water. *International Journal for Parasitology* 5: 373-378.
- Wroblewski, J.S., Hiscock, H.W. & Bradbury, I.R. 1999. Fecundity of Atlantic cod (*Gadus morhua*) farmed for stock enhancement in Newfoundland bays. *Aquaculture* 171: 163-189.

Sjúkdómar í eldisþorski

Árni Kristmundsson (arnik@hi.is)¹, Bergljót Magnadóttir (bergmagn@hi.is)¹,
Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir (bjarn gud@hi.is)¹, Gísli Jónsson (gislijon@hi.is)²,
Matthías Eydal (meydal@hi.is)¹, Rannveig Björnsdóttir (rannveig@rf.is)³,
Sigríður Guðmundsdóttir (sigggag@hi.is)¹, Sigurður Helgason (siggih@hi.is)¹

¹Tilraunastöð HÍ í meinafræði að Keldum

²Embætti yfirdýralæknis að Keldum

³Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, Háskólinn á Akureyri

ÁGRIP

Árni Kristmundsson, Bergljót Magnadóttir, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Gísli Jónsson, Matthías Eydal, Rannveig Björnsdóttir, Sigríður Guðmundsdóttir & Sigurður Helgason 2004: Sjúkdómar í eldisþorski. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 145-173.

Í þessu riti er gerð grein fyrir sjúkdómum sem gætir á mismunandi þroskastigum þorsksins, allt frá frumfóðrun þorsklirfa til seiðaeldis í strandkerum og síðan áframeldis á sláturfiski í sjókvíum. Einnig er fjallað um helstu eiginleika ónæmiskerfis fiska, með áherslu á þorsk, og í hverju það er frábrugðið því sem gerist meðal dýra með heitt blóð. Áhersla er lögð á stöðu mála hér á landi.

Í íslensku þorskeldi hefur gætt svipaðra sjúkdómsvalda og í þorskeldi erlendis. Bakteríusýkingar sem helst hafa látið til sín taka, enn sem komið er, eru kylaveikibróðir (*Aeromonas salmonicida* undirtegund *achromogenes*) og vibríuveiki (*Listonella anguillarum*). Auk þess hefur orðið vart *Flexibacter*-sýkingar á roði þorsks. Utan á tálknun og roði gætir helst sýkinga af völdum einfruma sníkjudýra (*Ichthyobodo* tegund og *Trichodina* tegundir). Sýkingar af völdum tveggja annarra tegunda frumdyra, annars vegar í tálknun og ýmsum innri líffærum (*Loma* tegund) og hins vegar í gervitálknun (X-cell disease) hafa reynt öllu varhugaverðari. Ef undan eru skildar vörtur á roði þorsks, sem að líkindum stafar af veirusýkingu, þá hafa ekki enn greinst veirusjúkdómar í íslenskum eldisþorski. Helsta ógnun af völdum veira í þorskeldi er sennilega svokallað taugadrep (noda-veira) annars vegar og brisdrep (Birma-veira) hins vegar.

Ýmsir þættir, auk sjúkdóma, hafa áhrif á heilsu eldisþorsks. Sumir tengjast óheppilegum umhverfisskilyrðum en aðrir eru ókunnir. Nefna má í þessu sambandi þörungablóma og marglyttur er geta skaddað tálkn og roð fiska, sjálfrán, sundmagasótt, loftbólueiki, augnskaða ýmis konar og afmyndun á bol. Þá er mikilvægt fyrir heilbrigði fiska að fóður hafi rétt hlutföll mismunandi næringarþátta fyrir viðkomandi fisktegund. Það treystir gæði hrognna og bætir lifun lirfa. Þróun fódurs miðar einnig að því að bæta í það ónæmisörvandi efnum eða bætibakteríum sem hemja fjölgun eða draga úr áhrifum óæskilegra örvera í umhverfi lirfanna.

Ónæmiskerfi fiska hefur öll megineinkenni ónæmiskerfis spendýra. Vegna lægri stöðu í þróunarsögunni og lífsskilyrðum eru þó mikilvægir þættir ólíkir. Til dæmis er sérvirkt ónæmissvar gegn sýkingu eða bólusetningu seinvirkt og háð hita og ónæmisminni er takmarkað. Þrátt fyrir þessa annmarka eru mörg dæmi um að bólusetning hafi gefist vel í fiskeldi. Annar mikilvægur þáttur sem hafa þarf í huga er hversu lengi hinar ýmsu tegundir í fiskeldi hafa verið þróunarsögulega aðskildar. Af þessu leiðir að viðbrögð mismunandi fisktegunda gegn sýkingu geta verið mjög ólík. Þorskurinn myndar t.d. illa sérvirkt mótefnasvar og sérvirka ónæmiskerfið þroskast tiltölulega seint. Hins vegar eru margir ósérvirkir varnarþættir mjög öflugir hjá þorski.

ABSTRACT

Arni Kristmundsson, Bergljot Magnadóttir, Bjarnheidur K. Guðmundsdóttir, Gísli Jonsson, Matthías Eydal, Rannveig Björnsdóttir, Sigríður Guðmundsdóttir & Sigurður Helgason 2004: Diseases of farmed cod. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), *Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 145-173.*

This paper describes diseases, which can affect cod at different developmental stages, i.e. from the initial feeding of cod larvae to the onrearing phases, first in land based tanks and subsequently in sea cages for harvesting. The paper also describes the main characteristics of the immune system of fish, with emphasis on cod, and depicts the main differences compared to the immune system of warm blooded animals. The main emphasis is on the situation in Iceland.

Similar diseases have been experienced in farmed cod in Iceland as in other countries. In Iceland bacterial infections of main concern have been atypical furunculosis (*Aeromonas salmonicida* ssp. *achromogenes*) and vibriosis (*Listonella anguillarum*). Skin infections due to *Flexibacter* sp. have also been noted. External infections on gills and skin are mainly due to protozoa ectoparasites (*Ichthyobodo* sp. and *Trichodina* spp.). Infections caused by two other protists, in gills and various internal organs (*Loma* sp.) and in pseudobranchs (X-cell disease), have proved a more serious problem. Apart from papillomas in the skin, which is probably due to a viral infection, no other viral diseases have so far been diagnosed in Icelandic farmed cod. The main threat to cod farming from viral infections would probably be viral nervous necrosis (nodavirus) and infectious pancreas necrosis (Borna-virus).

Many other factors, apart from infectious diseases, can affect the health of farmed cod. Some are linked to unfavourable environmental conditions while other factors are unknown. For example, algal blooms and jellyfish can harm the gills and skin of fish, and cannibalism, swim bladder syndrome, gas bubble disease, various eye injuries and body deformities have been observed. Correct and balanced food for a particular fish species is essential for fish health, enhances egg quality and subsequent survival of larvae. Food development also includes stimulants of the immune system and bacteria, which can inhibit the growth or reduce the effects of unfavourable bacteria in the larval environment.

The immune system of fish shares all the main features with the immune system of mammals. However, due to their lower evolutionary status and aquatic environment certain differences exist. For example, the specific antibody response to infection or vaccination is slow and temperature dependent, and immunological memory is limited. In spite of this, vaccinations of various aquaculture fish species are frequently successful. Another fact to be considered is the long evolutionary separation of many of the fish species used in aquaculture, which results in important differences in their immune response to infections. Cod, for example, is a poor antibody responder and its specific immune system develops relatively late whereas many of its non-specific defence parameters are highly active.

INNGANGUR

Í nokkrum löndum við norðanvert Atlants-haf, einkum í Noregi, Danmörku, Skotlandi, Íslandi og Kanada, eru vonir bundnar við að þorskeldi geti orðið arðbært. Til þess að tryggja sem best að sú verði raunin þá er nauðsynlegt að sinna fjölbreyttum rannsóknum er tengjast eldi þessarar fisktegundar.

Á Íslandi beina menn nú sjónum að eftir-töldum fjórum meginþáttum eldisferils í því skyni að afla þekkingar og reynslu, áður en lagt er í umfangsmeira eldi: a) kynbótum klakfiska-stofna, b) frumfóðrun lirfa, c) strandeldi seiða af eldis- og villiuppruna, og d) áframeldi í kvíum.

Íslenskt þorskeldi er ýmist fólgið í áframeldi á smáþorski, sem er veiddur og síðan fluttur í kvíar eða strandker til áframeldis, eða eldi seiða sem alin eru frá kvíðpokastigi. Afföll eru enn allt of mikil á fyrstu stigum eldisins og eru ástæður þess oft lítt þekktar. Við veiðar getur fiskurinn skaðast og þá eiga bakteríur greiðan aðgang að blóðrás fiskisins í gegnum sár. Þorskur er mjög streitunæm tegund en streita veikir ónæmiskerfi fiska og minnkar þannig þol gegn sýkingum (Bergh 1999). Veiðar, flutningur, meðhöndlun, svæfing eða mikill þéttleiki í eldiskeri geta aukið streitu fiskisins og þar með sjúkdómslíkur. Margt bendir til þess að bakteríusýkingar valdi miklum afföllum á lirfum og ungum seiðum (Bergh o.fl. 1997). Meginskýringin kann að vera sú að lirfur og yngstu seiðin eiga erfitt með að verjast óhagstæðum bakteríum í umhverfinu áður en sérvirkt ónæmiskerfi þeirra er þroskað. Það er því mikilvægt að þróaðar verði aðferðir til þess auka lifun hjá lirfum og smáseiðum.

Sjúkdómar fylgja jafnan dýrahaldi og hafa menn ekki farið varhluta af tjóni af þeirra völdum í fiskeldi. Sjúkdómseinkenni í kjölfar sýkingar eru afleiðing af áhrifum sýkils og ónæmiskerfis hýsilsins á vefi og líffæri hins sýkta dýrs. Hér á eftir verður fjallað um ónæmiskerfi þorsks og helstu sjúkdóma og sýkla sem vart hefur orðið í þorskeldi. Sérstök áhersla verður lögð á sjúkdóma í íslenskum eldisþorski. Reynt verður að leiða líkur að hugsanlegum áhrifum hvers þeirra á heilsu eldisþorska hérlendis í framtíðinni. Einnig verður fjallað um sjúkdómsmeðferð og hvaða forvarnir eru tiltækar.

ÓNÆMISFRÆÐI ÞORSKS

Ónæmiskerfi fiska

Ónæmiskerfið ver lifverur gegn sýklum, þ.e. bakteríum, veirum, sveppum og sníkjudýrum. Einnig veitir það vörn gegn skaðlegum stórsam-eindum með því að greina hvað er frábrugðið eigin sameindum og síðan eyða þeim. Kerfið bregst einnig við breytingum á eigin frumum og dregur þannig úr líkum á æxlismyndun. Ónæmiskerfið er flókið samspil margra og ólíkra þátta. Í hryggdýrum er ónæmiskerfinu skipt í tvær megin línur, þ.e. ósérvirka og sérvirka ónæmiskerfið.

Ósérvirkt ónæmiskerfi er í öllum dýrum, bæði hryggleysingjum svo sem skeldýrum, sniglum og skordýrum, og í hryggdýrum eins og fiski og spendýrum. Ósérvirka ónæmiskerfið þekkir nokkrar algengar sameindir á yfirborði sýkla, oft fjölsykrur. Það byggir á vel varðveittum en tiltölulega fáum þáttum eins og lektínium (tafla 1), ensímum og ensím hindrum. Ósér-virkir varnarþættir bregðast þegar í stað við áreiti, en viðbrögðin breytast ekki við endur-tekið áreiti en það má örva þessa varnarþætti með ýmsum efnum oft unnum úr bakteríum.

Sérvirkt ónæmiskerfi er einungis í hryggdýr-um og í þróunarsögunni kemur það fyrst fram í fiskum fyrir u.þ.b. 400 milljón árum. Sérvirka ónæmiskerfið þekkir nær óteljandi fjölda sameinda. Þetta byggist á þáttum eins og mót-efnum, viðtökum á eitilfrumum og vefjaflokka-sameindum sem sýna fjölbreytilega bindigetu við framandi sameindir. Sérvirkir varnarþættir bregðast hægar við áreiti en ósérvirkir þættir, sérstaklega hjá dýrum með misheitt eða kalt blóð eins og fiskum. Viðbrögð sérvirka ónæmis-kerfisins eru hins vegar víðtækari og öflugri og það hefur innbyggt minni, sem veldur því að viðbrögðin verða bæði sérhæfðari og sterkari þegar sama áreiti er endurtekið eins og gerist við endurtekna sýkingu eða bólusetningu. Þó að þessi tvö kerfi séu gjarnan aðgreind á þennan hátt þá er öflugt samspil þeirra á milli, m.a. tekur örvun ósérvirkra þátta við sýkingu þátt í að ræsa sérvirkt ónæmissvar.

Fiskar bera öll meginseinkenni ónæmiskerfis spendýra, en vegna stöðu þeirra í þróunar-sögunni og lífsskilyrða eru mikilvægir þætti frábrugðnir. Ein helsta framþróunin hjá spen-dýrum er mikil framleiðsla hvítfrumna í bein-merg, eitlakerfi, kímstöðvar og mismunandi mótefnaflokkar (5 flokkar), allt mikilvægir

Tafla 1. Helstu þættir ósérvirka ónæmiskerfisins, sjá Bergljót Magnadóttir (2004)

Table 1. The main components of the innate immune system, Bergljót Magnadóttir (2004)

YTRI VARNARÞÆTTIR: SLÍM, HREISTUR OG HÚÐ

Raunhindrar sem innihalda einnig fjölmörg af þeim frumum og efnum sem skilgreind eru hér fyrir neðan

INNRI VARNARÞÆTTIR**a) Frumur:****Átfrumur:**

Ýmsar gerðir frumna sem þekkja ákveðnar sameindir eða merkingar (áthúðun) á sýklum (t.d. bakteríum) og eyða með áti

Ósérhæfðar drápsfrumur:

Drepa sérstaklega veirusýktar frumur við snertingu

b) Leysanleg efni:

(í blóði og öðrum vessum)

Vaxtahindrar:

Interferon (hindrar veirusýkingu) og járnbindiþættir (ferritin, hindrar bakteríuvöxt)

Ensimhindrar:Gera ensím ýmissa baktería óvirk (t.d. $\alpha 2$ -macroglobulin)**Ensím og ensímferli:**

Einstök ensím sem rjúfa bakteríuveggi (t.d. lysozyme), eða ensím sem eru hluti af flóknu ferli eins og rofferli komplement kerfisins

Kekkjunar- og útfellingarþættir (lektín):

Efni sem tengja framandi mótefnavaka og valda útfellingum og/eða merkja sýkla fyrir átfrumur (áthúðun)

Komplement kerfið:

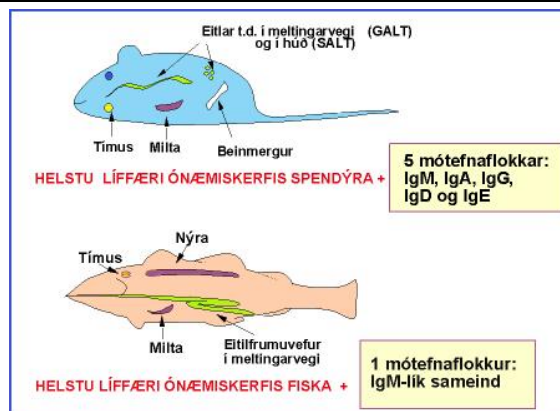
Öflugt frumurofs- og áthúðunarkerfi sem samanstendur af 20-30 próteinum. Býður uppá samspil sérvirkra og ósérvirkra varnarþátta. Bæði sérvirk mótefni gegn sýklum og ósérvirkir þættir eins og lektín geta ræst þetta kerfi

Ónæmisboðefni

Ýmis boðefni sem kalla á og stýra ónæmisviðbrögðum (cytokines)

þættir fyrir fljótvirkt og öflugt sérvirkt ónæmis-svar og ónæmisminni (Du Pasquier 1982, Du Pasquier 1993). Tiltölulega takmörkuð framleiðsla hvítfrumna fer fram í ýmsum líffærum fiska eins og tímus og nýra, þeir hafa ekki eiginlega eitla eða kímstöðvar og yfirleitt aðeins einn mótefnaflokk (IgM). Þessi munur endurspeglast m.a. í því að líffæri ónæmiskerfisins eru ólík í fiskum og spendýrum eins og sýnt er á 1. mynd. Þessi munur hefur í för með sér að sérvirkt ónæmissvar fiska, t.d. myndun mótefna við sýkingu, er seinvirkara, mótefnasvarið eflist ekki eftir því sem frá líður eða við endurtekna sýkingu (eða bólusetningu) og ónæmisminni er takmarkað. Bólusetning, sem er helsta forvörn gegn sjúkdómum, byggir á sérvirku svari. Þrátt fyrir framangreinda annmarka sérvirka kerfisins í fiski eru mörg dæmi um að bólusetning gefi góða raun í fiskeldi. Það vegur á móti ófullkomnu sérvirku ónæmiskerfi fiska að þeir hafa öflugt ósérvirkt varnarkerfi (tafla 1).

Ósérvirka þætti má finna á yfirborði, einkum í slími og í innra varnarkerfi þar sem át- og drápsfrumur og fjölmörg efni í sermi (blóðvatni) og vessum eyða, hindra eða tefja sýkla eða eiturefni (Alexander & Ingram 1992). Komplement kerfið (tafla 1) er samspil fjölmargra



1. mynd. Helstu líffæri ónæmiskerfis spendýra og fiska. Framnýra er aðal líffæri ónæmiskerfis fiska, sem hafa enga eiginlega eitla en þó er vísir að eitlfrumuvef í meltingarvegi. Beinfiskar hafa flestir einn mótefnaflokk, IgM.

Figure 1. The main organs of the immune system of mammals and fishes. The anterior kidney is the main immune organ of fishes, they have no proper lymph nodes although a lymphoid-like tissue is seen in the alimentary canal. Bony fishes have basically only one immunoglobulin class, IgM.

próteina sem greina sýkla með hjálp mótefna (lengra ferlið) eða ósérvirkra þátta (t.d. lektína, styttra ferlið) og eyða þeim með frumurofi eða áthúðun. Á síðustu árum hafa margar tilraunir

verið gerðar til að efla þessa ósérvirku varnarþætti í eldisfiski sérstaklega á fyrstu vikum eftir klak áður en sérvirkir ónæmisþættir hafa þroskast. Árangurinn hefur verið breytilegur eftir þeim efnum sem notuð hafa verið, fisktegund og ytri aðstæðum (Vadstein 1997, Gatesoupe 1999, Robertsen 1999, Sakai 1999, Skjermo & Vadstein 1999, Gomez-Gil o.fl. 2000, Booth & Alquezar 2002, Cook o.fl. 2002, Irianto & Austin 2002). Auknar rannsóknir á þessu sviði eru taldar mikilvægar með tilliti til þess að minnka notkun sýklalyfja í eldi.

Ónæmisviðbrögð fiska eru háðari utanaðkomandi þáttum en ónæmiskerfi spendýra, einkum hita. Algengt er að mismunandi ónæmisþættir séu virkir á ólíku hitabili (Miller & Clem 1984). Aðrir þættir sem hafa áhrif á ónæmiskerfi fiska eru t.d. aldur, kyn, kynþroski, árstími, fæðuframboð, fæðugerð, mengun, vatnsgæði og erfðir (Blazer 1992, Zapata o.fl. 1992, Pilarczyk 1995, Espelid o.fl. 1996). Streita og öll meðhöndlun getur einnig haft slæm áhrif á varnarkerfi fiska. Þá má einnig nefna að þroskun ónæmiskerfisins frá frjóvguðu hrogni til fullþroskaðs fisks er mjög breytileg á milli tegunda, þ.m.t. myndun sérvirks mótefnasvars (Schröder 1998, Schröder o.fl. 1998).

Þessi breytileiki endurspeglar það að hinar ýmsu tegundir fiska hafa verið þróunarsögulega aðskildar í meira en hundrað milljón ár. Grunnþættir ónæmiskerfis þeirra eru hinir sömu, en tegundirnar hafa þróað með sér breytileika sem birtist í mismunandi sjúkdómsvörnum. Því er óvarlegt að yfirfæra þekkingu á ónæmisviðbrögðum einnar tegundar yfir á aðra (Press & Jørgensen 1998). Margar rannsóknir hafa sýnt fram á þetta, t.d. hvað varðar ólík viðbrögð mismunandi fisktegunda við bólusetningu (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir & Sigríður Guðmundsdóttir 1997, Lillehaug o.fl. 2003, Sigríður Guðmundsdóttir o.fl. 2003, Bryndís Björnsdóttir o.fl. 2004) svo og aðrar samanburðarrannsóknir á ónæmiskerfi laxa og þorska (Bergljót Magnadóttir 2000a). Því er nauðsynlegt að rannsaka ónæmiskerfi hverrar tegundar sérstaklega og viðbrögð þess við áreiti og sýkingum.

Í sínu náttúrulega umhverfi er fiskur vel búinn til að verjast sjúkdómum eða öðru áreiti á ónæmiskerfið. Við eldisaðstæður er hins vegar hættara við því að ýmsar streituaðstæður auki óhóflega álag á ónæmiskerfið og bæli ónæmisviðbrögð. Því er mikilvægt að haga eldisaðstæð-

um þannig að ónæmiskerfið sé ekki undir óeðlilegu álagi.

Rannsóknir að Keldum á ónæmiskerfi þorsks

Í kjölfar tilraunaeldis á þorski á Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík upp úr 1990 hófust rannsóknir að Keldum á ónæmiskerfi þorsks. Þessar rannsóknir fengu aukið vægi með tilkomu styrks frá Norrænu Ráðherranefndinni í Kaupmannahöfn (1996-1999) og hefur síðan verið fram haldið með styrkjum frá Rannsóknasjóði H.Í., Vísindasjóði Rannís, Lýðveldissjóði og Sjávarútvegsráðuneytinu, svo og með þáttöku í Evrópu verkefninu FISHAID (2000-2004).

Framangreind rannsóknaverkefni hafa bæði beinst að villtum þorski og eldisþorski. Gerðar hafa verið rannsóknir á byggingu þorskamótefnis og ítarlegar rannsóknir á komplementkerfinu (Bergljót Magnadóttir 1998, Bergljót Magnadóttir 2000b, Bergljót Magnadóttir o.fl. 2002a, Bergljót Magnadóttir & Sigrún Lange 2004, Sigrún Lange o.fl. 2004a, Sigrún Lange o.fl. 2004b).

Þá voru könnuð áhrif ýmissa umhverfisþátta, svo sem hita, aldurs/stærðar, kyns og árstíðar, á ónæmisþætti í sermi þorska (Bergljót Magnadóttir o.fl. 1999a, Bergljót Magnadóttir o.fl. 1999b) svo og áhrif bólusetningar og sýkingar (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2001, Bergljót Magnadóttir o.fl. 2002b).

Evrópuverkefnið FISHAID hefur einkum beinst að rannsóknnum á þroskun ósérvirkra ónæmisþátta frá frjóvguðu hrogni til fullmótaðs seiðis og áhrif ýmissa ónæmisörvandi efna, t.d. fitufjölsykra (LPS) unnum úr kýlaveikibróður bakteríunni og lífrænna bætiefna, á lifun og sjúkdómsþol þorsklirfa (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2004, Sigrún Lange o.fl. 2004b).

Ýmsar athyglisverðar niðurstöður hafa fengist og er vísað í ofangreindar heimildir og heimasíðuna www.hi.is/gadus.

ÖRVERUFLÓRA Í FRUMELDI ÞORSKLIRFA - ÁHRIF Á HEILSU LIRFANNA - VIÐBRÖGÐ

Frumfóðrun í eldi

Líkt og lirfur annarra sjávarfiska þurfa þorsklirfur lifandi fóður (fóðurdýr) fyrstu vikurnar eftir að kviðpokastigi lýkur (hjöldýr, krabbadýr (Artemia)). Mikil afföll verða jafnan á lirfum á þessu tímabili og er þetta megin

flöskuhálsinn í eldi margra fisktegunda. Rannsóknir benda til að lífrænt álag í eldisumhverfi lirfanna (örverur, annað lífrænt efni og úrgangur) hafi víðtæk áhrif á gæði, vöxt og afkomu lirfa á þessu viðkvæma stigi (Grisez o.fl. 1996, Griffiths o.fl. 2001). Fóðurdýrin eru jafnan alin í þéttum ræktum áður en þeim er dreift sem næringu í lurfukerlin. Við þetta verður örveruflóra fóðurdýranna óhjákvæmilega einhæfari en í ólíkum tegundum dýrasvifs sem lurfurnar nærast á í sínu náttúrulega umhverfi (Griffiths o.fl. 2001).

Óhófleg fjölgun tækifærissýkla og sjúkdómsvaldandi baktería í stríðeldi fiska er einnig vel þekkt vandamál sem leiðir til lélegri vaxtar og lifunar (Dhert o.fl. 1998). Afkoma lirfa meðan á frumfóðrun stendur getur þó verið slök án þess að sjúkdómsvaldandi bakteríur greinist, og geta afföll orðið allt að 100% í einstaka kerum án þess að skýring finnist þar á (Eddy & Jones 2002). Reynt er að halda örverufjölda í skefjum með því að meðhöndla lurfur og fóðurdýr með ýmsum efnum og lyfjum, en það hefur reynst nauðsynlegt til þess að hindra afföll. Lyfjanotkun er þó talin óæskileg, ekki síst vegna hættu á útbreiðslu lyfjaónæmis meðal örvera. Einnig er hætt við að notkun lyfja gefi eldinu neikvæða ímynd (Hansen & Olafsen 1999).

Nýlega er hafin rannsókn á bakteríuflóru þorsklirfa og eldisumhverfinu á Stað við Grindavík. Slíkar rannsóknir hafa verið stundaðar í lúðueldi hérlendis í nokkur ár.

Mat á örveruflóru

Svipgerðareiginleikar

Ræktun baktería á næringarætum og greining þeirra m.t.t. lífefnafræðilegra eiginleika (svipgerðareiginleika) er sú aðferð sem mest hefur verið notuð til þess að rannsaka hvaða bakteríutegundir eru ríkjandi í eldisumhverfinu hverju sinni. Vandinn er hins vegar sá að innan við 5% umhverfisflóru úr lífríki sjávar er talin ræktanleg á næringarætum í rannsóknastofu og þannig tiltæk til greiningar svipgerðareiginleika (Armann & Schleiffer 1995, Griffiths *et al.* 2001, Verner-Jeffreys *et al.* 2003). Í nýlegri samantekt rannsóknaniðurstaðna á samsetningu ræktanlegrar flóru í eldi sjávartegunda kemur fram mikill breytileiki. Hver eldiseining og sérhver eldisgerð hefur sín sérkenni og virðist jafnvel sem tilviljun ráði hvaða örverusamfélag nær yfirhöndinni. Óæskileg flóra virðist því oft ná fótfestu án sýnilegra skýringa (Verdonck o.fl.

1997, Hansen & Olafsen 1999, Ringø & Birkbeck 1999). Af þessum sökum hefur í flestum tilfellum reynst erfitt að koma auga á samhengi milli vaxtar og afkomu lirfa og hins vegar fjölda eða tegundasamsetningar ræktanlegrar flóru. Ræktun og flokkun örvera úr eldinu segir því einungis til um tegundaskiptingu hins ræktanlega hluta bakteríuflórunnar og því hefur meðhöndlun og forvarnaraðgerðum aðallega verið beint að þeim hluta. Bakteríur úr lífríki sjávar eru samsafn tegunda þar sem fjölbreytileiki er mikill m.t.t. lífefnafræðilegra eiginleika og oft flokkast þær því ekki á fullnægjandi hátt með hefðbundnum greiningaraðferðum (Vandenberghe o.fl. 2003). Erfitt hefur reynst að gera samanburð á flokkun flóru úr mismunandi eldi m.t.t. svipgerðareiginleika. Þetta er ekki síst talið stafa af mismunandi vali rannsóknarmanna á greiningaraðferðum, en eðlislægur breytileiki flóru í hverri eldiseiningu er þó einnig talinn hafa áhrif þar á (Verner-Jeffreys o.fl. 2003).

Arfgerðareiginleikar

Með rannsóknum á arfgerðareiginleikum bakteríuflóru úr lífríki sjávar er öll flóran gerð sýnileg (Armann & Schleiffer 1995, Zweifel & Hagstrom 1995, Osborn o.fl. 2000, Verner-Jeffreys o.fl. 2003). Mikil þróun hefur orðið á aðferðum við örverugreiningar á liðnum áratug. Komið hefur í ljós að ákveðið svæði erfðamengis baktería, nánar tiltekið í hvatberum þeirra (16S rDNA), er vel varðveitt en þó breytilegt eftir bakteríutegundum og því kjörið til rannsókna á arfgerðarbreytileika flórunnar (Wilson o.fl. 1990, Weisburg o.fl. 1991, Armann & Schleiffer 1995, Zweifel & Hagstrom 1995, March 1999, Osborn o.fl. 2000, Griffiths o.fl. 2001, Verner-Jeffreys o.fl. 2003). Erfðafræðilegar aðferðir eru næmar og hraðvirkar og því ákjósanlegar til þess að meta breytileika flórunnar og gera samanburð á dreifingu örvera í mismunandi eldi og við mismunandi eldisaðstæður. Notkun þessara aðferða hefur þó þann annmarka að enn eru gagnabankar til samanburðar af skornum skammti og því er í flestum tilvikum erfitt að greina þessar örverur með nákvæmni til ætta, ættkvísla eða tegunda. Þess konar flokkun byggist því enn mikið á svipgerðargreiningum. Með arfgerðargreiningum og samanburði við fyrirliggjandi gagnagrunna getur þó fengist svar við því hvaða þekktar tegundir liggja næst þeim tegundum sem rannsakaðar eru (Griffiths o.fl. 2001).

Frávik og viðbrögð við þeim

Skömmu eftir klak berast örverur í meltingarveg með eldisvökva sem lifurnar drekka til að viðhalda vökvajafnvægi. Því þarf að leita leiða til að draga úr fjölda óæskilegra örverutegunda sem berast í eldisumhverfið, t.d. með fæðudýrum, og takmarka jafnframt vaxtarmögu-leika óæskilegra baktería. Markviss notkun „æskilegra“ baktería (probiotics) er talinn ákjósanlegur kostur en þessar tegundir geta ýmist haft óbein áhrif sem samkeppnisaðilar við óæskilega flóru en einnig bein æskileg áhrif á meltingarflóru og þar með vöxt og heilbrigði liffanna á þessu viðkvæma stigi eldisins. Vonast er til að með þessu megi jafnvel losna alfarið við efna- og lyfjanotkun í eldinu (Bergh 1995, Gildberg o.fl. 1997, Gildberg & Mikkelsen 1998, Hansen & Olafsen 1999, Salveseno.o.fl. 1999, Gomez-Gil o.fl. 2000, Makradis o.fl. 2000, Ottesen & Olafsen 2000, Robertson o.fl. 2000, Makradis o.fl. 2001, Nikoskelainen o.fl. 2001, Spanggaard o.fl. 2001, Irianto & Austin 2002).

Nauðsynlegt er að þróa aðferðir til þess að hafa áhrif á tegundasamsetningu bakteríuflóru í eldisumhverfi lifra og takmarka fjölda þeirra sem mest. Leita þarf leiða til að styðja við vöxt æskilegra bakteríutegunda og bæta jafnvel völdum tegundum í fóður eða eldisumhverfi liffanna í þeim tilgangi að hamla vexti óæskilegrar flóru í meltingarvegi og eldisumhverfi þeirra á þessu viðkvæma stigi eldisins. Þó ber að hafa í huga að eðlislægur breytileiki á milli einstaka eldisstöðva gerir það að verkum að val árangursríkra aðferða getur að hluta til

verið staðbundið. Lengi býr jafnan að fyrstu gerð og líklegt er talið að erfiðleikar og lélegur vöxtur á fyrstu stigum fóðrunar geti haft áhrif á vöxt og gæði eldisfisksins á síðari stigum eldisins og jafnvel á gæði lokaafurðar til vinnslu og manneldis.

SMITSJÚKDÓMAR

Það eru einkum fjórir hópar fiska í eldi við strendur Norður-Atlantshafs, en það eru laxfiskar, þorskfiskar, flatfiskar og steinbítar. Ýmis-konar sýklar (veirur, bakteríur, sveppir og sníkjudýr) valda alvarlegum sjúkdómum í fiskum þessara hópa, og smit getur oft borist frá einni fisktegund í aðra. Nokkuð er mismunandi fyrir hvaða sýklum mismunandi tegundir fiska eru næmastar. Ennfremur er næmi fiska háð aldri og eldisaðstæðum.

Helstu bakteríusjúkdómar í þorski

Átta tegundir baktería eru helstu sjúkdómsvaldar í eldisfiskum við strendur Norður-Atlantshafs (tafla 2).

Vibríuveiki – *Listonella* og *Vibrio* tegundir

Sú bakteríutegund, sem mestum skaða hefur valdið í þorskeldi erlendis er *Listonella anguillarum* (áður nefnd *Vibrio anguillarum*) (Lillehaug o.fl. 2003). Hún er talin valda sjúkdómi í yfir 48 tegundum fiska (Austin & Austin 1999). Tuttugu og þremur hópum með mismunandi mótefnavaka (O-sermihópa) innan tegundarinnar hefur verið lýst, en aðeins fjórir þeirra O1, O2, O4 og O6 tengjast sjúkdómi í þorski. Stofnar af sermigerð O2β eru oftast

Tafla 2. Yfirlit yfir helstu bakteríur, sem tengjast sjúkdómum í mismunandi fisktegundum í Norður-Atlantshafi. (Dagbækur Rannsóknadeildar fisksjúkdóma, Tilraunastöð H. Í. í meinafræði að Keldum, Möller & Anders 1989, Sørum o.fl. 1990, Larsen o.fl. 1994, Bergh o.fl. 1997, Santos o.fl. 1997, Austin & Austin 1999, Bergh 1999, Larsen & Pedersen 1999, Poppe 1999, Bergh o.fl. 2001, Espelid 2002, Støttrup 2002, Lillehaug o.fl. 2003).

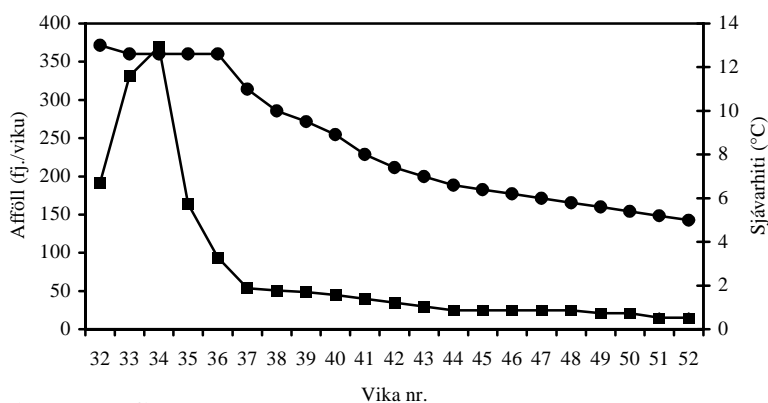
Table 2. A list of the main bacterial pathogens associated with diseases in fish species in the North-Atlantic Ocean (Diaries of the Fish Disease Laboratory, Institute for Experimental Pathology, University of Iceland, Keldur, Möller & Anders 1989, Sørum et al. 1990, Larsen et al. 1994, Bergh et al. 1997, Santos et al. 1997, Austin & Austin 1999, Bergh 1999, Larsen & Pedersen 1999, Poppe 1999, Bergh et al. 2001, Espelid 2002, Støttrup 2002, Lillehaug et al. 2003).

Baktería	Þorskfiskar	Laxfiskar	Flatfiskar	Steinbítar
* <i>Listonella (Vibrio) anguillarum</i>	N	N	N	N
* <i>Aeromonas salmonicida</i>	N	N	N	N
<i>Moritella viscosa (Vibrio viscosus)</i>	N	N	S	?
<i>Vibrio salmonicida</i>	N	N	N	?
* <i>Cytophaga-Flexibacter</i> líkar	N	N	N	?
* <i>Chlamydia</i> - eða <i>Rickettsia</i> líkar	N	N	N	?
<i>Yersinia ruckeri</i>	N	N	?	?
<i>Mycobacteria</i> spp.	N	N	N	N

N, næmir; S, næmir í sýkingartilraun; ?, ekki verið greint; * tegundir greindar í íslenskum þorski

2. mynd. Vikuleg afföll (■) þorska í sjókví við Ísland og sjávarhiti (●). Þorskurinn var með staðfesta *L. anguillarum* sýkingu, sem var ekki meðhöndluð með lyfjum (Gögn frá Gísla Jónssyni).

Figure 2. Weekly losses (■) of cod in a sea cage in Iceland and sea temperature (●). An infection by *L. anguillarum* was manifested. The fishes were not treated with antibiotics (Data from Gísla Jónsson).

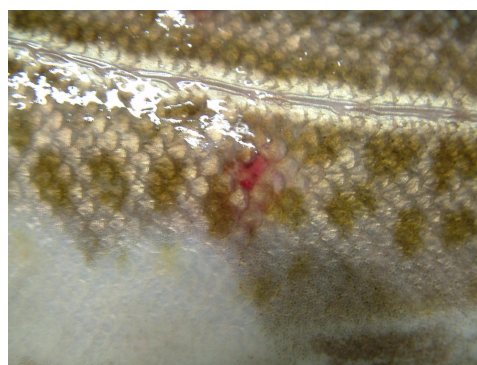


einangraðir úr sjúkum þorski (Buchmann o.fl. 1993, Santos o.fl. 1997). Vibríuveiki hefur greinst í íslenskum eldisþorski bæði í kvíum og í seiðastöð (Rannsóknadeild fisksjúkdóma, Keldum, óbirt gögn). Bakterían er mjög smitandi og getur valdið miklum afföllum. Kjörhiti bakteríunnar er 15-18°C (Austin & Austin 1999) og algengast er að sýkingar komi upp þegar sjávarhiti hefur náð 10-12°C. Hér við land er sjávarhiti mestan hluta ársins undir 10°C. Talsverð afföll þorska í eldiskví við Ísland urðu eftir að vibríuveiki var greind þar í ágústbyrjun 2003 (2. mynd). Fiskarnir fengu ekki lyf en afföll voru óveruleg eftir að sjávarhiti fór undir 10°C (Gísla Jónsson, óbirt gögn).

L. anguillarum sýkir þorsk og ýmsar aðrar fisktegundir. Sjúkdómseinkenni eru breytileg eftir aldri fisksins, ástandi hans og sjávarhita. Í lirlum og seiðum undir 8 g er sýkingin oftast mjög bráð. Sjúkdómseinkenni eru þá helst dökkun á roði og útstæð augu. Fiskar sem lifa af sýkingu verða oft einkennalausir smitberar. Sýkin magnast því auðveldlega á ný ef fiskarnir verða fyrir óhóflegu álagi. Þá koma gjarnan fram ytri einkenni, svo sem sár á roði eða blóðsókn við rætur sporðs og ugga, og einnig á höfði. Yfirleitt sjást ekki innvortis einkenni (Larsen & Pedersen 1999).

Í 1-3 ára þorski er *L. anguillarum* sýking oftast langvarandi með stöðugum, en ekki mjög miklum afföllum í langan tíma. Helstu einkenni eru roðsár (3. mynd) og roðapöt (aukin blóðsókn), einkum við ugga (4. mynd), sporð og á haus. Algengt er að fiskar hafi útstæð augu, stundum með blæðingum og stundum líka með bólgu (5. mynd), og séu blindir og vannærðir (Larsen & Pedersen 1999).

Bakterían *Vibrio salmonicida* hefur einnig greinst í þorski, en veldur ekki nærri því eins miklum vanda og *L. anguillarum*. Þorskur er ekki jafn næmur fyrir sýkingu og lax (Larsen & Pedersen 1999), en smit getur þó borist frá laxi í



3. mynd. Vibríusár á þorski (1 kg). Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 3. A skin ulcer on cod with vibriosis. Photo: Árni Kristmundsson



4. mynd. Roðapöt við eyrugga á þorski með vibríuveiki. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 4. Cod with vibriosis affected with erythema at the base of a pectoral fin. Photo: Árni Kristmundsson.



5. mynd. Blæðing í útstæðu auga á þorskseiði (90 g) með vibríuveiki. Myndataka: Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir.

Figure 5. A juvenile cod (90 g) with exophthalmus and haemorrhage induced by vibriosis. Photo: Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir.

þorsk (Sørum o.fl. 1990). *V. salmonicida* hefur greinst í kviðpokaseiðum og hugsanlega tengist bakterían seiðaafföllum (Bergh o.fl. 2001). Í laxi hefur sjúkdómur af völdum *V. salmonicida* verið nefndur kuldavibría (Larsen & Pedersen 1999) eða Hitraveiki, og verður helst vart í sjávarhita undir 10°C. Bakterían hefur ekki enn greinst í íslenskum eldisþorski.

Vibríusýkingar er hægt að meðhöndla með sýklalyfjum, auk þess sem bóluæfni eru nú á markaði.

Kýlaveikibróðir-*Aeromonas salmonicida*

Aeromonas salmonicida bakteríustofnum er skipt í fimm undirtegundir, *salmonicida*, *achromogenes*, *masoucida*, *pectinolytica* og *smithia*. Undirtegund *salmonicida* veldur kýlaveiki, einkum í laxfiskum. Stofnar undirtegundarinnar *salmonicida* eru jafnan nefndir týpískir (typical) en stofnar annarra undirtegunda ótýpískir (atypical). Sýkingar sumra ótýpískra stofna valda kýlaveikibróður og hliðstæðum sjúkdómum í villtum og ræktuðum fiski bæði í fersku vatni og sjó. Bakterían hefur einangrast úr yfir 20 tegundum eldisfiska og meira en 30 tegundum af villtum fiski. Samanburðarrannsóknir á mismunandi stofnum hafa leitt í ljós töluverðan breytileika á svipfari og erfðaeiginleikum ótýpískra *A. salmonicida* stofna. Sjúkdómseinkenni eru breytileg og hafa ýmsir þættir þar áhrif s.s. mismunandi hýslar, stofnar og umhverfi. Sjúkdómar eru algengastir á norðlægum slóðum, auk Chile og Ástralíu, en þó hafa komið upp vandamál víðar s.s. í Miðjarðarhafslöndum (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir 1998, Wiklund & Dalsgaard 1998, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir o.fl. 2003). Kýlaveikibróðir er sá bakteríusjúkdómur sem mestum skaða hefur valdið í íslensku lax- og bleikjueldi. Kýlaveikibróðir hefur einnig greinst í villtum þorski, eldisþorski, eldislúðu, hlýra og hrognkelsum (Rannsóknadeild fisksjúkdóma, óbirt gögn), (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2002a, Sigríður Guðmundsdóttir o.fl. 2003). Allir *A. salmonicida* stofnar, sem hafa einangrast úr íslenskum fiski með kýlaveikibróður, tilheyra undirtegundinni *achromogenes* (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir o.fl. 2003).

Sýnt hefur verið fram á að bakterían *A. salmonicida* getur lifað í meira en 18 mánuði í sjávarseti og getur smitast frá fiski til fisks, með fóðri, áhöldum, vatni og fleiri umhverfisþáttum (Husevaag 1994, Bjarnheiður K. Guðmunds-

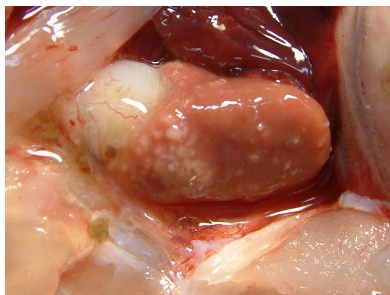
dóttir 1998, Wiklund & Dalsgaard 1998). Í tilraun þar sem villtur þorskur var alinn í misháum hita, kom kýlaveikibróðir upp í kerum þar sem sjávarhiti var hærri en 7°C (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2002a). Kýlaveikibróðir getur blossað upp í þorski á öllum aldurs skeiðum við streituaðstæður. Sjúkdómseinkenni í kjölfar *A. salmonicida* undirtegundar *achromogenes* sýkingar í þorski eru einkum lystarleysi, afbrigðileg sundhegðun og sáramyndanir af mismunandi stærðum og gerðum (6. og 7. mynd). Vefjaskemmdir má greina í ýmsum líffærum og eru þær nokkuð ólíkar því sem gerist í laxi. Í þorski safnast bólgufurumur umhverfis bakteríuþyrpingar, sem á síðari stigum afmarka þyrpingarnar til að hindra frekari smitdreifingu. Við þetta myndast svokallaðir bólguhnúðar (granuloma) (8. mynd) (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2002a). Í bráðasýkingu getur þorskurinn drepist nær einkennalaus (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir 1998).

Kýlaveikibróður í þorski er hægt að meðhöndla með sýklalyfjum í fóðri. Bóluæfni þróuð gegn kýlaveikibróður í þorski hafa ekki enn verið markaðssett.



6. og 7. mynd. Roðapöt, blæðingar og sár á þorski (200 g) með kýlaveikibróður (*A. salmonicida* undirtegund *achromogenes*). Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figures 6 & 7. Erythema, haemorrhage and ulceration in cod (200 g) with atypical furunculosis (*A. salmonicida* subspecies *achromogenes*). Photo: Árni Kristmundsson.



Mynd 8. Bólguhnúðar (ör) í hjarta þorsks með kylaveikibróður. Myndataka: Matthías Eydal.

Figure 8. Granuloma (arrow) in the heart of a cod infected with *A. salmonicida* subsp. achromogenes. Photo: Matthías Eydal.

Roðsár

Bakterían *Moritella viscosa* (áður nefnd *Vibrio viscosus*) hefur valdið roðsárum á þorski í kvíum að vetri til í Noregi. Sárin eru oft stór og algengt að afföll í faraldri verði um 10% (Støttrup 2002). Erfitt hefur reynst að meðhöndla *M. viscosa* sýkingar í laxi, og kann svo einnig að verða um þá sýkingu í þorski.

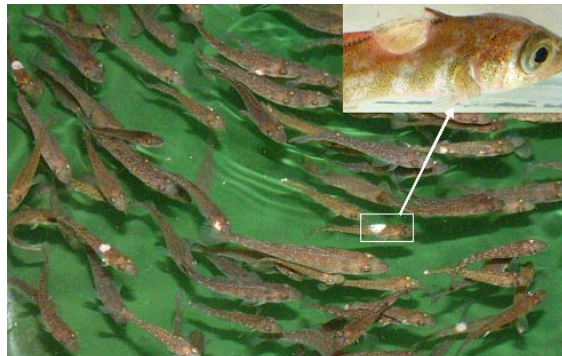
Hér á landi hefur *M. viscosa* ekki enn verið greind í þorski, en baðsýking á þorski með bakteríustofni úr íslenskum laxi olli um 30% afföllum (9. mynd). Því má gera ráð fyrir að þessi baktería verði vandamál í íslensku þorskeldi.

Bakteríur af ættkvíslum *Flexibacter* og *Cytophaga* valda roðsárum á ýmsum fisktegundum og eru oft einangraðar úr sárum á þorski (Hilger o.fl. 1991, Lorenzen 1999). Í strandeldi þorskseiða af villiuppruna hér á landi hefur komið upp *Flexibacter*-sýking á roði og uggum. Einkennandi voru djúp sár á hrygg, svokölluð söðulsár (10. mynd) (Sigurður Helgason, Árni Kristmundsson, Matthías Eydal & Slavko H. Bambir, óbirt gögn). Ekki er víst að þessar bakteríur séu alltaf frumorsök sjúkdóms, heldur kunní þær að koma í kjölfar einhvers konar áverka (Bergh 2002).



9. mynd. Roðsár á þorski (200 g) 22 dögum eftir baðsmit með *M. viscosa*. Myndataka: Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir.

Figure 9. Skin ulcers on cod (200 g) 22 days post infection with *M. viscosa* by bath challenge. Photo: Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir



10. mynd. Þorskseiði (10 g) með sár, sem *Flexibacter* sp. einangraðist úr. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 10. Juvenile cod (10 g) with skin ulcers. *Flexibacter* sp. was cultivated from the ulcers. Photo: Árni Kristmundsson.

Roðsár af ókunnum orsökum

Roðsár á þorski af óþekktum ástæðum sjást stöku sinnum. Stundum kemur það fyrir að einn og einn sýktur fiskur slæðist með í afla fiskiskipa en það er svo ekki kannað nánar. Þetta eru þá fiskar með einhvers konar kyli eða sýkingu sem annað hvort sést utan á þeim eða kemur í ljós þegar fiskurinn er flakaður. Það kemur þó afar sjaldan fyrir að margir slíkir komi í einu en það gerðist þó haustið 2003 hjá Kleifaberginu þegar það var að veiðum á Deildargrunni. Þá komu 20-30 mjög sýktir þorskar upp í einu hali og voru þeir alsettir opnum sárum (11. mynd). Síðar fundust nokkrir ufsar og hlýrar sem einnig voru með ljót sár (Morgunblaðið 29. október 2003). Ekki er ósennilegt að hér sé um smitsjúkdóm að ræða. Til stóð að senda fiska til rannsóknar á Rannsóknadeild fisksjúkdóma að Keldum, en því miður var það ekki gert.



11. mynd. Sár á þorski, sem kom í troll togarans Kleifaberg í október 2003 (Morgunblaðið 29. október 2003).

Figure 11. Ulcerated cod captured by the trawler Kleifaberg, October 2003 (Morgunblaðið October 29th 2003).

Fiskaberklar-*Mycobacterium* tegundir

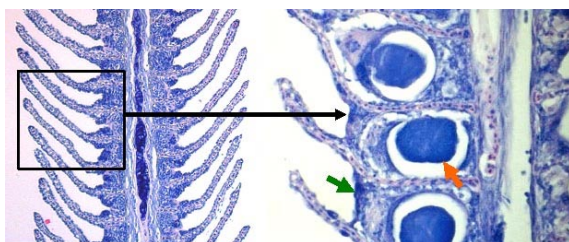
Annað slagið greinast berklabakteríur (*Mycobacterium* spp.) í þorski, bæði villtum og í eldi. Sjúkdómseinkenni geta verið breytileg en koma oft fram sem hvítir bólguhnúðar (granuloma) í innri líffærum, s.s. nýra og lifur.

Þessar bakteríur eru innanfrumusýklar sem vaxa hægt og eru erfiðar í ræktun (Dalsgaard o. fl. 1990, Hjeltnes 1999, Bergh 2002).

Bakteríurnar geta borist í menn úr hráum fiski og sýkt þá (zoonoses). Það er einkum tegundin *M. marinum*, sem sýkir bæði þorsk og menn (Hjeltnes 1999). Einkenni í mönnum eru einkum slæm útbrot á húð, en blóðsýking getur orðið hjá ónæmisbældu fólki. Meðferð byggir á sýklalyfjagjöf í langan tíma. Fiskaberklar af völdum *M. marinum* hafa greinst í íslenskum starfsmanni, sem vann við bólusetningu laxaseiða (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, óbirt gögn). Því er nauðsynlegt að brýna fyrir fólki að nota hlífðarhanska við meðhöndlun á fiski, sem kann að vera sjúkur.

Blöðruþekja (epitheliocystis) í tálknnum - *Chlamydia* tegundir

Tálknaveiki vegna blöðrumyndana í þekjuvef tálkna af völdum sýkinga baktería af ætt *Chlamydia* hefur verið lýst hjá ýmsum fisktegundum (Kvellingstad 1999) og m.a. greinst í íslenskum eldisþorski (12. mynd) (Sigurður Helgason ofl., óbirt gögn). *Chlamydia* bakteríur eru innanfrumusýklar, sem ekki hefur tekist að einangra með ræktun. Þær sýkja tálkn og valda frumufjölgun, sem leiðir til samvaxtar tálknfana, einkum í eldri seiðum. Greining byggir fyrst og fremst á vefjameinafræðilegum aðferðum. Sjúkdómsmeðferð er ekki þekkt.



12. mynd. Eðlileg tálkn (t.v.). Blöðruþekja í tálknnum þorskseiðis (t.h.). Þyrping *Chlamydia* baktería (rauð ör) og óeðlileg frumufjölgun milli tálknfana (græn ör). Myndataka: Slavko H. Bambir.

Figure 12. Normal gills (left). Epitheliocystis in gills of a juvenile cod (right). A colony of *Chlamydia* bacteria (red arrow) and an abnormal cell proliferation between secondary lamellae (green arrow). Photo: Slavko H. Bambir.

Uggarot

Ýmsar ástæður geta verið fyrir uggaroti. Oft er frumorsök áverki, sem fiskurinn verður fyrir við meðhöndlun, í samskiptum við aðra fiska eða vegna ytri sníkjudýra, ásamt með slöku hreinlæti. Bakteríusýkingar eiga þá greiða leið í gegnum skaddaðan vef. Bakteríur af ættkvíslunum *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Vibrio* og *Flexibacter* einangrast oft úr fiskum með uggarot, en þessar bakteríur eru hluti náttúrulegrar flóru fiska. Mikilvægustu aðgerðir til að fyrirbyggja uggarot eru fölgnaðar í góðri umhirðu og hreinlæti. Stundum þarf þó að grípa til efna- eða lyfjameðferðar til þess að hemja umhverfisbakteríur, sem annars safnast í sárin og hindra að þau grói.

Rauðmunnaveiki - *Yersinia ruckeri*

Rauðmunnaveiki er fyrst og fremst sjúkdómur í ferskvatnsfiskum, sem bakterían *Yersinia ruckeri* veldur. Rauðmunnaveiki hefur þó komið upp í þorskeldi í tengslum við streituaðstæður svo sem lágt súrefni, meðhöndlun og snöggar hitabreytingar. Afföll af völdum sjúkdómsins virðast þó vera mun minni í söltu vatni en fersku (Støttrup 2002). Hægt er að meðhöndla rauðmunnaveiki með sýklalyfjagjöf. Rauðmunnaveiki hefur ekki greinst í íslenskum þorski.

Veirusýkingar

Inngangur

Veirusjúkdómar hafa ekki greinst í þorskeldi héraendis. Nokkrar veirutegundir sem geta valdið sjúkdómseinkennum í þorski eru þekktar og því er líklegt að einhverjar þeirra eigi eftir að valda sýkingum í eldisþorski. Mikilvægt er að hafa í huga, einkum þegar notaður er villtur klakfiskur, að veirur geta smitast með hrognum og sótthreinsun á þeim eyðir ekki veirum. Einnig getur smit borist með votfóðri og sumar veirur smita fleiri en eina fisktegund.

Hér verður gerð grein fyrir helstu veirum sem þekktar eru í þorskfiskum eða flatfiskum annars vegar, en hins vegar er greint frá veirum sem valda sjúkdómum í eldislaxi og hvort þær eru taldar líklegar til að sýkja þorsk.

Taugadrep

Veiran sem veldur þessum sjúkdómi leggst á miðtaugakerfi og sjónhimnu. Þetta er einþátta RNA veira án hjúps og tilheyrir Noda-veirum.

Á ensku heitir sjúkdómurinn ýmist *viral encephalopathy and retinopathy* (VER) eða *viral nervous necrosis* (VNN). Sjúkdómnum var fyrst lýst í Japan (Yoshikoshi & Inoue 1990). Taugadrep er einn fyrsti meiri háttar sjúkdómurinn sem kemur upp í eldi sjávartegunda og er ekki þekktur í laxi (Dannevig o.fl. 2000). Veiran hefur greinst í fjölda fisktegunda bæði í köldum og heitum sjó (Skirlis o.fl. 2001). Lirfur og seiði verða harðast úti og líklega er hér um hóp náskyldra veira að ræða (Munday & Nakai 1997).

Taugadrep hefur valdið miklu tjóni í eldi á lúðu og sandhverfu, þar sem allt að 100% afföll hafa orðið í lirfum og smáseiðum. Merki bráðasýkingar í lúðuseiðum eru lystarleysi, breytingar á roðlit, afbrigðilegar sundhreyfingar (*whirling behaviour*) og mikil afföll (Munday & Nakai 1997). Vefjaskemmdir einkennast af víðtækri hrörnun og frymisbólumyndun (*vacuolation*) í frumum miðtaugakerfis og sjónhimnu (Munday & Nakai 1997).

Noda-veira greindist í fyrsta sinn í eldisþorski í Kanada árið 1999 (Johnson o.fl. 2002). Í Skotlandi greindist hún haustið 2000 í 1-4 g þorskseiðum (Starkey o.fl. 2001). Sjúk seiði sýndu sams konar sundhreyfingar og vefjaskemmdir og þekktar eru í lúðu. Í þessum faraldri var dánartala einungis 2% á þriggja mánaða tímabili og veiran fannst ekki í hlutaðeigandi klakfiskastofni. Síðar olli Noda-veira sjúkdómi og afföllum í 5-10 g seiðum í eldi í Skotlandi (Bricknell & Raynard 2002). Mikilvægt er að gera athuganir á því hvort kynþroska þorskur geti verið einkennalaus smitberi og borið veiruna milli kynslóða í kynfrumum. Sú smitleið hefur ekki verið staðfest fyrir Noda-veiru í öðrum fisktegundum (Wolffrom & Midtlyng 2004).

Brisdrep

Infectious pancreatic necrosis (IPN) veiran er hjúplaus RNA veira sem tilheyrir Birna-veirum. Þessi veira veldur víða miklu tjóni í laxeldi og getur einnig sýkt ýmsar aðrar fisktegundir (Isshiki o.fl. 2001). Hún sýkir smáseiði (2-10 g) og eru afföll oftast meiri en 50%. Brisdrep hefur valdið miklum afföllum í sandhverfu- og lúðueldi og veiran virðist útbreidd í náttúrunni. Ásamt VNN veirunni er IPN-veiran því hvað líklegust til að valda vandkvæðum í þorskelði. Veiran hefur aldrei fundist í íslenskum eldisfiski þrátt fyrir rann-

sóknir tengdar reglubundnu heilbrigðiseftirliti allt frá 1985.

Í þorskelði hefur brisdrep verið staðfest í 2-10 g seiðum í Danmörku og Færeyjum (Lorenzen o.fl. 1995, Støttrup 2002) og veiran er algeng í Noregi (Bergh 2002). Sýktur fiskur sýnir einkennandi sundhreyfingar, snýst um sjálfan sig ýmist lárétt eða lóðrétt, hann verður dökkur og kviðarhol þenst út. Afföll geta orðið allt að 90% í einstökum hópum. Þetta á við um fisk undir 6 mánaða aldri. Eldri fiskur sýnir sjaldan sjúkdómseinkenni en getur verið smitberi. Veiran berst m.a. á milli fiska með eldisvökva, svo og inni í hrognum frá foreldri til afkvæma. Lítil munur virðist á veirustofnum sem einangrast úr mismunandi fisktegundum, svo reikna verður með að smit geti orðið milli tegunda (Biering 1999).

Rauðkornaveiki

VEN (*viral erythrocytic necrosis*) veiran er DNA veira sem sýkir rauð blóðkorn í þorski. Kjarni sýktra frumna brotnar niður og basísk innlyksukorn koma fram í umfrymi. Hvorki er vitað hversu miklum blóðskorti þessi sýking veldur né hvort sýkingin hefur áhrif á afkomu fisksins í eldi eða í náttúrunni.

Þessi veira er algeng í villtum þorski (Smail & Egglestone 1980), einkum í yngstu árgöngunum. Hún hefur ekki fundist í eldisþorski í Skotlandi (Smail, óbirt heimild), né í íslenskum villiþorski (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn).

Veirublæði

VHS (*viral haemorrhagic septicaemia*) veira veldur veirublæði, alvarlegum blóðsjúkdómi í regnbogasilungi. Veiran er hjúpuð RNA veira og tilheyrir rhabdoveirum. Veirublæði hefur verið þekktur sjúkdómur í eldi í Evrópu frá því snemma á 20. öld. Veiran finnst enn fremur víða í villtum fiskistofnum, s.s. síld, þorski, ýsu, sandhverfu og sjóbirtingi (Jensen & Larsen 1979, Mortensen o.fl. 1999) og dæmi eru um faraldra í náttúrunni (Schlotfeldt o.fl. 1991). Undanfarin 15 ár hefur veiran greinst í æ fleiri fisktegundum í Kyrrahafi (Brunson o.fl. 1989, Hopper 1989). Í rannsóknum þar sem leitað var að veirum í sárum á villtum þorski fannst VHS veiran í innan við 10% fiska (Smail 2000, King o.fl. 2001), og í nýlegri norskrí rannsókn reyndist veiran mjög fátíð í fiski við strendur landsins (Brudeseth & Evensen 2002).

Sameindaerfðafræðirannsóknir greina veiruna í 5 hópa eftir fisktegundum og uppruna. Í skoskri rannsókn reyndist einn þessara hópa (nr. 4) geta sýkt þorskseiði, 12 g að stærð (Snow o. fl. 2000). Þessi veiruhópur finnst í fiski í Kattegat, Skagerak, Norðursjó og NA-Atlantshafi.

Blóðþorri

ISA (*infectious salmon anemia*) veiran leggst á rauð blóðkorn í laxi. Hún er hjúpuð RNA veira af flokki orthomyxoveira. Hún hefur ekki greinst í villtum þorski og í tilraun í Skotlandi (óbirtar heimildir) tókst ekki að sýkja þorskseiði (46 g) með henni, svo ólíklegt er talið að hún sýki þorsk í náttúrunni.

Sáraveiki

Cod ulcus syndrome (CUS), sáraveiki, er vel þekkt fyrirbæri í villtum þorski, ekki síst í Eystrasalti og kringum Bretlandseyjar (Jensen & Larsen 1982). Sambærileg einkenni hafa einnig sést í eldisþorski. Í fyrstu myndast litlar blöðrur í roði, sem síðar verða að stórum sárum. Afföll virðast lítil. Rannsóknir hafa beinst að iridoveiru (Bergh 2002) og VHS ræktast stundum úr slíkum meinsemdum (Smail 2000).

Vörtur

Vörtur (papilloma) eru ljós, jafnvel ljósrauð, misstór þykkildi, á roði og uggum fiska (13. mynd). Líklegt er að vörtunarnar stafi af veirusýkingu (Jensen & Bloch 1980). Þeirra hefur orðið vart á íslenskum villiþorski í eldi, einkum á seiðastigi. Fjöldi seiða eru undirlögð af vörtum á roði um nokkurt skeið. Þær hjaðna síðan og í mestu sýkingum hafa þær skilið eftir sig litarflekki á roði. Trúlega eru áhrifin óveruleg á þrif þorska en varanleg útlitslýti gætu rýrt markaðsvirði fiskanna. Engin meðferð er þekkt (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn).

Yfirlit yfir veirusýkingar

Nodaveira, IPN-veira og VHS-veira, gætu orðið vandamál í þorskeldi. Óbirtar niðurstöður



13. mynd. Þorskseiði með vörtur. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 13. Papillomatosis in cod. Photo: Árni Kristmundsson.

D.A. Smail benda til að þorskseiði sýkist ekki af ISA-veiru og óvíst er um mikilvægi VEN-veiru. Við könnun á útbreiðslu veirusjúkdóma í sjávarfiski þarf að taka mikinn fjölda sýna til að fá hugmynd um útbreiðslu veira. Þetta kemur t.d. vel fram í nýlegri norskri rannsókn (Brudeseth & Evensen 2002). Líkur á veirusmiti úr eldisþorski í villta stofna hafa hvergi verið kannaðar. Samantektin sýnir að frekari rannsókna er þörf (tafla 3.).

Tafla 3. Næmi þorsk-, flat- og laxfiska gagnvart nokkrum veirutegundum.

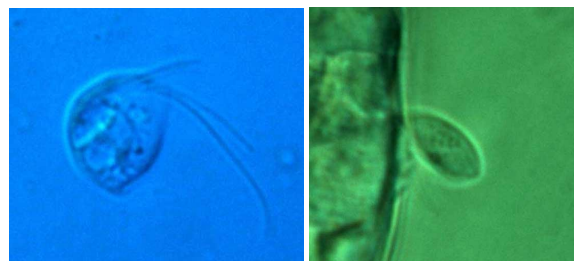
Table 3. Sensitivity of cod, flatfish and salmonids to various viruses.

Veira	Þorskfiskar	Flatfiskar	Laxfiskar
VHS-veira (ferskvatnsstofnar)	?Ó	?Ó	N
VHSV-veira (sjávarstofnar)	N	N	?Ó
ISA-veira	Ó	Ó	N
IPN-veira	N	N	N
Noda-veira	N	N	?

Ó, ónæmur; N, næmur; ?, upplýsingar vantar; ?Ó, líklega ónæmur; ?N, líklega næmur

Sníkjudýrasýkingar

Ichthyobodo necator (áður *Costia necatrix*) er örsmár einfrumungur (8-12 μ m) af hópi svipudýra sem er vel þekkt sníkjudýr í eldi laxaseiða í ferskvatni. Skyldar tegundir *Ichthyobodo* spp. hafa greinst í a.m.k. 25 tegundum sjávarfiska (Urawa o.fl. 1998), m.a. í eldisþorski á Íslandi (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn) og í Danmörku (Nilsen 2002, Støttrup 2002) (14. mynd). Dýrið finnst bæði á tálknum og roði og nærast á þekjufrumum fisksins. Það fjölgar sér með tvískiptingu og getur magnast mjög ört í eldi og valdið þar umtalsveðu tjóni á fiskum.



14. mynd. Frítt syndandi (t.v.) og áfast form *Ichthyobodo* sp. af íslenskum eldisþorski. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 14. Free swimming stage of *Ichthyobodo* sp. from a farmed Icelandic cod juvenile. Photo: Árni Kristmundsson.

Formalín-böðun virkar almennt vel sem meðferð.

Trichodina bifdýrategundir eru algeng sníkjudýr á villtum fiskum en valda þar jafnan ekki tjóni. Eins og *Ichthyobodo* fjölga sníkjudýrið sér með tvískiptingu og við eldisaðstæður magnast slíkar sýkingar ört og valda stundum verulegu tjóni. Sníkjudýrin eru á bilinu 30-120µm í þvermál og sýkja roð og tálkn. Fjölmörgum *Trichodina* tegundum hefur verið lýst á ýmsum tegundum fiska. Fimm tegundir hafa greinst á villtum þorski: *T. murmanica*, *T.*



15. mynd. *Trichodina cooperi* af íslenskum eldisþorski. Myndataka: Árni Kristmundsson

Figure 15. *Trichodina cooperi* from farmed Icelandic cod juvenile. Photo: Árni Kristmundsson

cooperi, (15. mynd) *T. claviformis*, *T. domerguei* ssp. *saintjohnsi* og *Trichodina* sp. (Poynton & Lom 1989, Hemmingsen & Mackenzie 1993, Karasev o.fl. 1996, Dobberstein & Palm 2000). Tvær tegundanna, *T. murmanica* og *T. cooperi* hafa greinst á íslenskum þorskseiðum í eldi (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn) og benda fyrstu niðurstöður til þess að þær hafi marktækt neikvæð áhrif á þrif seiðanna. Tegundir af þessari ættkvísl hafa einnig greinst í þorskelði bæði í Danmörku (Støttrup 2002) og Noregi (*T. cooperi*) (Nilsen 2002). Sýkingarnar eru meðhöndlaðar með formalín-böðun á sama hátt og *Ichthyobodo* sp.

Brooklynella er dæmi um aðra ættkvísl bifdýra sem sýkir fiska. Þau eru mjög smá (36-86 µm að lengd) og fjölga sér með tvískiptingu líkt og *Trichodina* og *Ichthyobodo*. *Brooklynella hostilis* sem er eina skráða tegundin (Lom & Dyková 1992) hefur alheimsútbreiðslu en er þó mun algengari í heitari löndum. Hefur þetta sníkjudýr stundum valdið miklu tjóni í eldi sjávarfiska (Lom 1995). Lengi vel voru sýkingar taldar bundnar við tálkn en komið hefur í ljós að sníkjudýrið getur einnig valdið sárum á roði

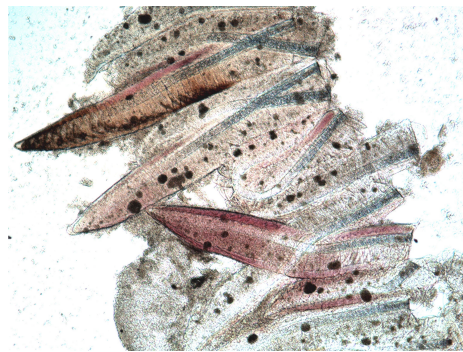


16. mynd. *Brooklynella* sp. af íslenskum þorskseiðum í eldi. Myndataka: Árni Kristmundsson

Figure 16. *Brooklynella* sp. from farmed Icelandic cod juvenile. Photo: Árni Kristmundsson

(Noga 1996). Höfundum er ekki kunnugt um að sníkjudýrið hafi greinst í þorski erlendis en bifdýr þessarar ættkvíslar greindist nýlega (16. mynd) í söðulsárum þorskseiða, þar sem einnig var mikil *Flexibacter*-sýking (10. mynd) (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn). Lítið er um heimildir er varða árangursríka meðhöndlun. Nokkrar mismunandi aðferðir hafa þó verið notaðar svo sem ferskvatnsböðun, böðun með formalíni og fleiri efnum. Ekki eru menn á eitt sáttir um virkni þeirra, og hefur t.d. formalínböðun á íslenskum þorskseiðum komið að litlu gagni.

Loma spp. Þetta eru einfruma innanfrumu sníkjudýr sem sýkja helst tálkn og gervitálkn. Ef sýkingar eru miklar geta flest önnur líffæri einnig sýkst. Tvær tegundir, *L. branchialis* og *L. morhua*, sýkja þorsk (Morrison & Sprague 1981, Lom & Dyková 1992); sumir telja þó að hér sé um sömu tegund að ræða (Dyková 1995). Sýkingin einkennist af myndun stöku eða margra inngróinna hnúta (17. mynd) sem hver og einn inniheldur mörg örsmá gró (um 5 µm löng) en það eru sýkjandi form sníkjudýrsins. Sýkingin veldur frumustækkun með tilheyrandi afmyndun tálknafana.



17. mynd. *Loma*-sýkt tálkn (dökkir deplar) úr íslenskum eldisþorski. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 17. *Loma*-infected gills (dark spots) from an Icelandic cod juvenile. Photo: Árni Kristmundsson



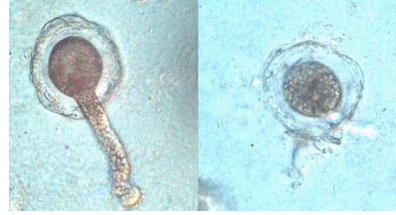
18. mynd. Heilbriggt (neðri) og dökkt *Loma*-sýkt þorskseiði. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 18. Healthy (lower) and a dark *Loma*-infected juvenile cod. Photo: Árni Kristmundsson.

Við mikla sýkingu dökkar roð seiðanna (18. mynd) og þau drepast. Rannsóknir hafa sýnt að *Loma* sýkingar eru algengar í villtum þorskfiskum (m.a. þorski og ýsu) eða á bilinu 11-60% í Norður Atlantshafi (Lom & Dyková 1992). Má því búast við að villt seiði sem veidd eru til áframeldis beri smit inn í eldisumhverfið, en sú hefur orðið raunin í eldi á villtum seiðum á Íslandi (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn). Tilraunir hafa verið gerðar erlendis með lyf í fóðri gegn samskonar sýkingum í öðrum tegundum fiska og lofa þær góðu. Þetta lyf verður væntanlega reynt gegn *Loma*-smiti í íslenskum þorskseiðum.

Pleistophora sp. er einfrumungur sem tilheyrir sömu ætt sníkjudýra (Glugeidae) og *Loma*. Mikil sýking af völdum þessa sníkjudýrs greindist í þorski í Barentshafi á 9. áratug síðustu aldar (Waluga o.fl. 1996). *Pleistophora*-smit hefur fundist í norsku þorskseiðaeldi án þess að greint hafi verið frá því hvort sýkingin ylli tjóni (Nilsen 2002). Í villtum íslenskum eldisþorski hefur smit einnig verið staðfest án sýnilegra sjúkdómseinkenna (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn).

Ichthyophonus hoferi var áður talinn til sveppa en flokkast nú með sníkjudýrum. Þetta sníkjudýr (19. mynd) sýkir margar tegundir sjávarfiska víða um heim og er algengt í ýmsum tegundum villtra kaldsjávarfiska. Í sýktum fiskum myndast bólguhnúðar í tálknunum og ýmsum innri líffærum. Tegundir fiska (og jafnvel stofnar einstakra fisktegunda) eru misnæmar; skarkoli og síld eru t.d. mjög næmar tegundir, ýsa og regnbogasilungur ekki jafn næmar, og þorskur er talinn þolnastur þessara tegunda. Faraldrar af völdum þessa sníkjudýrs hafa orðið



19. mynd. *Ichthyophonus hoferi*. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 19. *Ichthyophonus hoferi*. Photo: Árni Kristmundsson

í næmum tegundum í náttúrunni (McVicar 1999). Ekki virðast miklar líkur á sjúkdómsvandamálum vegna þessarar sýkingar í þorskeldi, þó getur sýking magnast við vissar aðstæður, t.d. í strandeldi villiseiða. Mikil sýking veldur líffæraskemmdum, veikir fiskana og gerir þá næmari fyrir öðrum sýkingum, og getur jafnvel valdið dauða (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn).

Gyrodactylus sp. Sníkjudýrið sýkir tálkn og roð og er vel þekkt í eldi laxfiska. Þekktasta tegundin er *G. salaris* sem barst í norskar ár frá Svíþjóð og olli þar gríðarlegu tjóni á villtum laxastofnum. Komið hafa upp tilfelli í norsku þorskeldi þar sem *Gyrodactylus* tegund hefur valdið tjóni (Nilsen 2002). *Gyrodactylus* sp. hefur verið staðfest í íslensku þorskeldi (20. mynd) en ekki enn valdið þar neinum skaða (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn). Þrátt fyrir það, verður að telja þetta sníkjudýr mögulegan sjúkdómssvald í íslensku þorskeldi, einkum í seiðaeldi. Unnt er að hemja sýkingu með því að baða fiska með formalínblöndu.

Hringormar. Hringormar eru algengir í villtum þorski. Helstu tegundir eru *Anisakis simplex* (hvalormur), *Pseudoterranova decipiens* (selormur) og *Hysterothylacium aduncum*. *P. decipiens* sýkir einkum hold en *A. simplex* og *H. aduncum* eru oftast í líffærum kviðarholis.



20. mynd. *Gyrodactylus* sp. af þorskseiði. Myndataka: Árni Kristmundsson

Figure 20. *Gyrodactylus* sp. from a cod juvenile. Photo: Árni Kristmundsson.

Almennt er álitíð að hringormar hafi óveruleg áhrif á heilsu og þrif þorska nema sýkingar séu mjög miklar (Möller & Anders 1986). Áhrif hringormasýkinga (*P. decipiens*) snúa því fremur að markaðsgæðum fisksins en heilsufari. Lífsferill þessara orma er háður mismunandi hýsiltegundum og því er talin lítil hættu á mögnun þeirra í eldisfiski (Bergh 2002). Staðarval kvía, m.t.t. milli- og lokahýsla hringormanna, svo og notkun á þurrfóðri, eða frystu vottfóðri er leið til þess að lágmarka hringormasýkingar. Fyrstu rannsóknir á þorskum úr kvíum á Vestfjörðum benda til óverulegs hringormasmits (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn).

Lýs (*Caligus* spp., krabbadýr) á roði fiska. Ýmsar tegundir fiskilúsa af ættkvíslinni *Caligus* hafa greinst á fjölmörgum tegundum sjávarfiska og valda sumar hverjar afföllum á fiskum, einkum í eldi. Á þorski hafa greinst þrjár tegundir lúsa af ættkvíslinni *Caligus* (*C. curtus*, *C. diaphanous* og *C. elongatus*) (Hemmingsen & MacKenzie 1993). *C. elongatus* hefur fundist á yfir 80 tegundum fiska víða um höf. *Caligus* lýs eru algengar á þorski hér við land (21. mynd). Á roði eru ýmist föst og/eða hreyfanleg

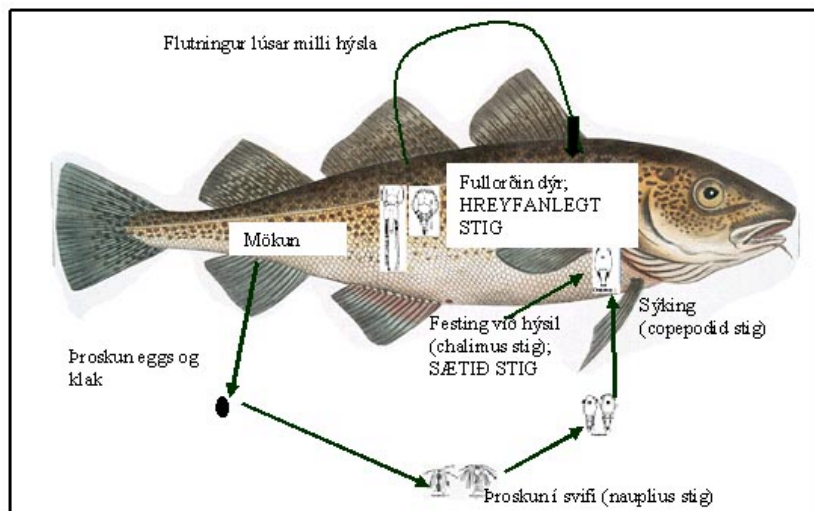


21. mynd. Fiskilýs, *Caligus* sp. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 21. Fish lice, *Caligus* sp. Photo: Árni Kristmundsson.

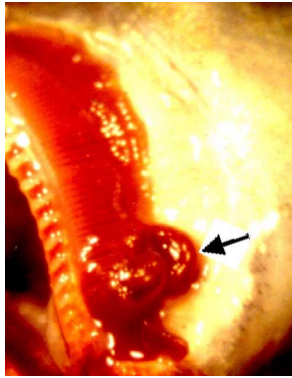
22. mynd. Lífsferill fiskilúsar, *Caligus* sp. Mynd: Árni Kristmundsson.

Figure 22. The life cycle of the fish louse, *Caligus* sp. Drawing: Árni Kristmundsson.



stig sníkjudýrsins. Föstu stigin eru örsmá (0,5-5 mm) og vart sjáanleg með berum augum. Fullorðinsstigin (um 5-12 mm á lengd) eru hreyfanleg á fiskinum og nærast þar á roðfrumum. Af eggjum þeirra koma fríttlifandi lurfustig sem síðan festa sig á fiskinn (22. mynd). Lýs þessar eru mun minni en laxalús (*Lepeophtheirus salmonis*) og valda sjaldan sárum á kvíafiski en blæðingar í roði hafa sést við mikið smítalag (Lester & Roubal 1995). *Caligus* lýs eru því saklausari en laxalúsinn en þær geta þó verið hvítleiðar og áreitt eldisþorsk í einhverjum mæli. Ekki er loku fyrir það skotið að bregðast þurfi við *Caligus* sýkingu í þorskelði á svæðum þar sem umtalsvert eldi yrði stundað samfelld og til langs tíma (Nilsen 2002), þó að slíkar vísbendingar hafi ekki enn komið fram hjá íslenskum kvíaþorski (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn).

Ilia (*Lernaocera branchialis*) er af enn einni ættkvísl krabbadýra sem gjalda þarf varhug við og er algeng á þorski hér við land. Lífsferill er háður millihýsli, ýmist flatfiskum eða hrognkelsum. Krabbadýrið festir sig við tálkn þorska (23. mynd) og skýtur þaðan armi um æð til hjartans og veldur þar miklum skemmdum. Jafnan eru eitt til þrjú dýr á fiski, stöku sinnum fleiri. Illan lifir þar í eitt til eitt og hálf ár. Talsverður árstíðabundinn tíðnimunur er á sýkingu af völdum karl-, kven- og ungdýra eftir hafsvæðum. Misvísandi upplýsingar eru um áhrif á fiska. Smærri fiskar eru jafnan mun viðkvæmari fyrir sýkingu en stærri fiskar og drepast iðulega. Einstaklingsmunar virðist gæta meðal þorska á þoli gegn sníkjudýrinu. Á fiski er sýnilegur belgur sníkjudýrsins um 1,5 sm langur (Khan 1988, Khan o.fl.1990, Lester &

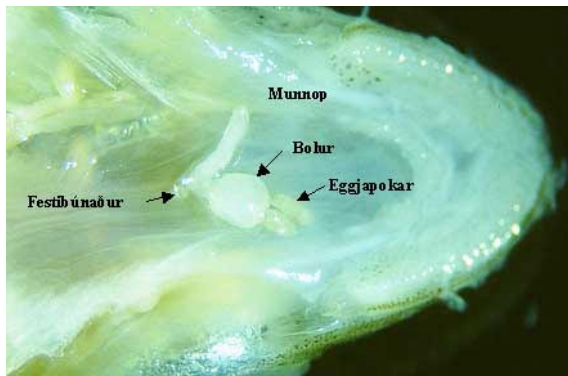


23. mynd. Illa á tálknum þorsks. Myndataka: Matthías Eydal.

Figure 23. *Lernaeocera branchialis* on the gills of a cod juvenile. Photo: Matthías Eydal.

Roubal 1995, Lysne & Skorping 2002). Engin meðhöndlun er tiltæk.

Clavella adunca, sem einnig er krabbadýr, festir sig einkum á þekjufrumum tálkna, svo og í munnholi (24. mynd) og á roði, ekki síst við gotrauf. Af eggjum koma sviflæg lirfustig sem festa sig svo á fisk, einkum þorsk. Nokkur breyting verður á lirfunum fram að fullþroska stigi. Karldýrið er dvergvaðið og áfast kven-dýrinu, sem er um 5 mm langt frá festibúnaði að hrognapoka. Krabbadýrið er algengt á þorski hér við land en er ekki talið hafa teljandi áhrif á heilsufar fiskanna (Hemmingen & MacKenzie



24. mynd. *Clavella adunca* í efri skolti þorsks. Myndataka: Matthías Eydal.

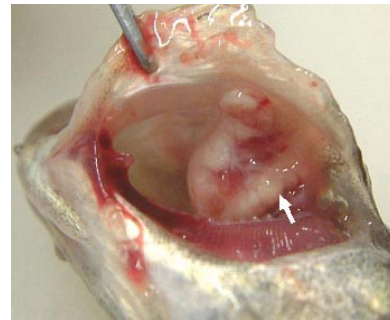
Figure 24. *Clavella adunca* in the upper jaw of a cod juvenile. Photo: Matthías Eydal.

1993, Lester & Roubal 1995, Nilsen 2002, Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn).

Svartblettasýki (*Cryptocotyle lingua*) kemur fram, eins og nafnið bendir til, sem dökkir blettir (u.þ.b. 1-2 mm í þvermál) á roði og hornhimnu augans. Sýkin er af völdum agða (flatforma) á strandsvæðum víða um heim. Í Norður-Atlantshafi er það einkum ögðutegundin *Cryptocotyle lingua* sem þessu veldur. Full-orðinsstig ögðunnar er einkum í þörmum máva, en er einnig algengt í íslenska refnum við sjávársíðuna en frá þeim berast egg sníkju-

dýrsins í sjó. Í fjörusniglum (*Littorina* spp.) þroskast sníkjudýrið enn frekar og frá þeim berast sýkingarhæf stig á roð fiska. Þar myndast um sníkjudýrið hjúpur og dökkt litarefni úr fiskinum safnast þar að (dökku blettirnir). Ekki háir sníkjudýrið stærri fiskum að marki, en áberandi sýking hefur áhrif á afurðasölu (Möller & Anders 1986). Sníkjudýrið finnst hér við land (Matthías Eydal o.fl. 1994), en það hefur ekki orðið til vandræða, enn sem komið er í eldi.

Æxli í gervitálknum: Gervitálkn er lítill rauðleitur hnúður, efst í kverkinni innan hvors tálknbarðs og ofan tálkna. Stundum hleypur ofvöxtur í gervitálknin, sem talinn er stafa af frumdyrasýkingu (Miwa o.fl. 2004). Æxlin geta stækkað verulega, og jafnvel skagað út undan tálknborðunum (25. mynd). Slíkir fiskar horast



25. mynd. Æxli í gervitálknum þorskseiddis. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 25. Cod fry with an X-cell disease. Photo: Árni Kristmundsson.

fyrst og drepast. Sýkingin er algeng í þorski hér við land (Dethlefsen o.fl.1996). Til að kanna nánar áhrif æxlanna á heilsu fiska verður fylgst með afdrifum einstakra sýktra þorska í eldi (Sigurður Helgason o.fl., óbirt gögn).

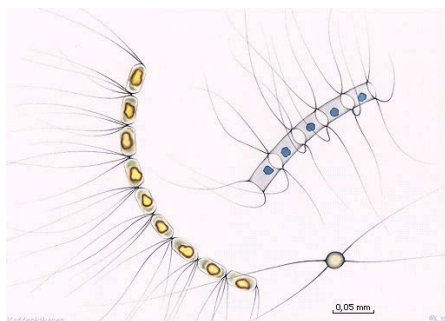
ÆDRIR SJÚKDÓMAR / SJÚKDÓMS-VALDAR

Þörungar

Svifþörungar eru smásæjar plöntur í yfirborðslögum sjávar sem berast með straumum. Sólarljós ásamt næringarefnum, svo sem nítrati, fosfati og kísli eru svifþörungunum nauðsynleg til vaxtar. Hafstraumar, vindar og yfirborðskæling stuðla að því að djúpsjór blandist yfirborðslögum svo að næringarefnaforði þeirra endurnýist og nýtist svifþörungunum. Suður og vestur af Íslandi leitar næringarríkur djúpsjór upp með landgrunnshlíðum og eru vaxtar-skilyrði þörunga því mjög góð hér við land.

Íslenska hafsvæðið er meðal þeirra frjósömustu í heimi og er mikil framleiðni svifþörungum grundvöllur auðgra fiskimiða við landið. En jafnframt veldur óstöðugt veðurfar því að sveiflur í framleiðni þörungum frá ári til árs hér við land geta orðið tiltölulega miklar (Ástþór Gíslason 2002). Mikla svæðabundna fjölgun þörungum kalla menn þörungablóma. Við Íslandsstrendur gætir þess strax að vori (maí) í um 4°C sjávarhita og sólríku veðri og allt til haustmánaða. Sjórinn verður græn- eða brúnleitur (eftir tegundum þörungum) og mjög dregur úr sjóndýpi, getur orðið vel undir 0,5 m þegar verst lætur.

Árlegur vorblómi á það til að verða svo kröftugur að hann getur skaðað og drepíð fisk í kvíum. Ýmist er að einungis verður vart við lystarleysi meðal kvíafiska eða þeir drepast. Svo virðist sem þorskur sleppi betur undan tjóni af völdum þörungum en t.d. lax, óvíst er hvort þetta sé vegna betra þols og/eða annars hegðunarmynsturs í kvíunum. Þörungablóma verður reglulega vart hér við land, síðast vorið 2003 en þá varð fyrst vart við kísilþörungum í Eyjafirði (Yztuvík) er náðu þar hámarki upp úr miðjum maí. Þörungablómans varð einnig vart á Austfjörðum um miðjan maí, m.a. innst í Seyðisfirði og í Mjóafirði. Að vori er það fyrst og fremst kísilþörungurinn *Chaetoceros* sp., sem litar sjóinn dökk grænleitan. Út frá honum ganga kísilnálar sem eru skaðlegar tálknur fiska, einkum þegar fjöldi þörungum er mikill (26. mynd). Eftirfarandi viðmiðunargildi eru notuð: Við u.þ.b. 10.000 þörungum í lítra sjávar fer lystarleysis að gæta hjá fiskum, og þegar þörungum eru orðnir allt að 100.000 í lítra sjávar er hætta á bráðadauða fiska. Við öll gildi þar á milli má búast við afföllum, að nokkru háð aðstæðum hverju sinni (þéttleika fiska o.fl.). Auk *Chaetoceros* sp. er jafnan blanda annarra



26. mynd. Teiknuð mynd af kísilþörungnum *Chaetoceros* sp. (Anonymous 2003).

Figure 26. Drawing of the algae *Chaetoceros* sp. (Anonymous 2003).

tegunda kísilþörungum sem eru skaðlausar fiskum, einkum *Thalassiosira* sp.

Aðrar gerðir svifþörungum geta einnig komið við sögu og valdið tjóni í sjókvíaelði, en slíkt er sjaldgæfara hér við land. Slíkra blóma hefur yfirleitt orðið vart síðla sumars og í byrjun hausts með fjölbreyttri þörungumflóru. Sú tegund sem hér hefur reynst hvað varhugaverðust er skorupþörungurinn *Karenia mikimotoi* (áður nefnd *Gyrodinium aureolum*) (27. mynd) sem



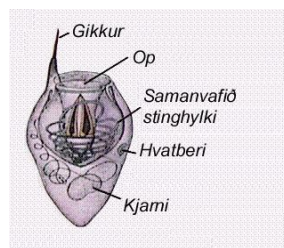
27. mynd. Skorupþörungurinn *Karenia mikimotoi* (Anonymous 2003).

Figure 27. The algae *Karenia mikimotoi* (Anonymous 2003).

getur litað sjóinn kaffibrúnan. *Karenia mikimotoi* seytir frá sér eitrefni með blóðrofsvirkni. Í tálknur skaddast þekjufrumur, slímmyndun eykst sem dregur úr súrefnisupptöku og getur valdið köfnun. Auk þess getur myndast blóðtappi í háráðum. Þegar fjöldi *Karenia mikimotoi* nálgast 600.000 þörungum í lítra sjávar er hætta á bráðadauða fiska (Gísli Jónsson, óbirt gögn).

Marglyttur

Marglyttur setja svip á lífríki sjávar við Ísland í lok sumars og fram eftir hausti. Á yfirborði þeirra eru sérhæfðar frumur sem nefnast brennifrumur eða stingfrumur (cnidocytes) og notast í sjálfsvörn eða til veiða (28. mynd). Þegar stingfruman verður fyrir áreitni, t.d. við það að rekast á eitthvert utanaðkomandi fyrirbæri, þá gefur hún frá sér eittraðar próteinsameindir. Þessi frumugerð er einkennandi fyrir marglyttur og finnst víðsvegar á yfirborði



28. mynd: Brennifruma (Heimild: Jón Már Halldórsson 2001).

Figure 28. A single cnidocyte (Reference: Jón Már Halldórsson 2001).



29. mynd: Algeng „saklaus“ marglytta (Heimild: Jón Már Halldórsson 2000).

Figure 29. A common harmless jellyfish. (Reference: Jón Már Halldórsson 2000).

þeirra, einkum þó á örmunum. Marglyttur í hafinu kringum Ísland eru að mestu skaðlausar (29. mynd) en geta þó valdið vægum sviða ef menn handfjatla þær (Jón Már Halldórsson 2000, Jón Már Halldórsson 2001).

Sveiflur eru í stofnstærð marglyttna milli ára og hefur veðurfar mikil áhrif á hversu miklum skaða þær valda á kvíafiski. Sú tegund marglyttu sem fyrst og fremst ber að varast hér við strendur er hin eittraða brennihvelja *Cyanea capillata* (30. mynd). Í lok ágúst og fram eftir september sjást gjarnan breiður af marglyttu á reki úti fyrir Austfjörðum og norður með landi. Á sama tíma gætir oft fyrstu haustlægða, samfara kröftugum sjávarstraumum. Þá geta marglyttur borist hratt að eldiskvíum og fiskur sýnir samtímis greinileg streitueinkenni. Það er tilviljunum háð hvar eittraðir angar marglyttanna grípa um kvíanætur og kvíafisk, og í miklum veðurham og straumköstum berast þær jafnvel undir botn kvíanna. Ystu nætur á kvíastæðum, miðað við straumstefnu, safna í sig flestum marglyttum og þar verður jafnan mest tjón á fiski.



30. mynd. Brennihveljan *Cyanea capillata*. Heimild: Anonymous 2003.

Figure 30. The jellyfish *Cyanea capillata*. Reference: Anonymous 2003.



31. mynd. Augn-, trjónu- og roðskemmdir af völdum marglyttueiturs. Myndataka: Gísli Jónsson.

Figure 31. Eye- and skin lesions caused by jellyfish toxin. Photo: Gísli Jónsson.

Ætandi eiturefni marglyttanna skemma tálkn, brunasár myndast á roði og augum sem tækifærissýklar setjast í og valda staðbundinni sýkingu. Skemmdir í tálknnum draga úr loftskiptum og seltustjórnun, og taugaveiklunarkenndrar sundhegðunar verður vart í kvínni. Fiskurinn syndir ítrekað í nótina, sem eykur á roðskemmdir, víða á bol og einnig trjónu (31. mynd). Við það missir fiskurinn tök á seltustjórnun, hann flýtur sljór við yfirborð og drepst. Augnskemmdir og sýkingar af völdum tækifærissýkla, sérstaklega í roðsárum, flýta svo enn þessu ferli og fiskar geta drepist í stórum stíl. Svo dæmi sé tekið varð brennhveljan beint og óbeint völd að hátt í 200 tonna afföllum á eldislaxi í austfirskum kvíum haustið 2002.

Erfitt getur reynst að verjast mikilum fjölda marglytta, ekki síst ef veðurhæð og straumar eru miklir. Við minni stöðvar með fáum sjókvíum má reyna að girða af með reknetum sem safna í sig hveljunum. Þar sem eldi er umfangsmikið hefur þessi aðferð reynst óviðráðanleg og nánast gagnslaus. Við slíkar aðstæður hafa verið gerðar tilraunir með eins konar loftgirðingar. Lengst er þróun slíkra varna komin hjá Sæsilfri í Mjóafirði og lofar árangurinn góðu. Grönnum plast-rörum með götum er komið á 20 m dýpi og látin mynda eins konar plóg fyrir framan og aftan kvíaþyrpingar miðað við straumstefnu. Lofti er hleypt á kerfið með loftpressu og myndast þá þéttur veggur loftbóla sem þeytir dýrunum upp á yfirborðið. Við þetta safnast loft undir marglyttunum, þær jafnvel laskast og ná ekki að koma sér undir yfirborð á ný og drepast. Í ágúst 2004 voru þessar varnargirðingar samtals

16.000 m² í Mjóafirði og komu í veg fyrir mikið tjón (Gísli Jónsson, óbirt gögn).

AÐRIR ELDISTENGDIR KVILLAR

Næringarsjúkdómar

Næringarríkt fóður er einn af þeim grunnþáttum sem tryggja fiskum heilbrigði og góðan vöxt. Þorsklirfur eru fóðraðar á þörungabykkni og hjóldýrum fyrstu vikunnar eftir klak en síðan með *Artemíu*. Við tveggja mánaða aldur er farið að gefa þurrfóður allt fram að sláturstærð. Fiskar í áframeldi í kvíum fá þó oft hráfisk, svo sem loðnu, í stað þurrfóðurs.

Klakfiskafóður þarf að vera mjög næringarríkt svo að gæðum hrognar verði ekki áfátt. Vandinn er þó sá að ekki hafa enn verið skilgreindar lágmarkspárfir mismunandi þroskastiga þorsksins til einstakra næringarþátta, en það er meðal brýnna rannsóknarverkefna, því enn skortir verulega á vísbendingar um tíðni og eðli einstakra næringarsjúkdóma hjá þorski. Ekki er ólíklegt að umtalsverð afföll seiða á frumstigi eldis stafi að hluta til af skorti einstakra næringarþátta. Einnig kann t.d. ský á augasteini í sumum tilfellum að stafa af næringarskort, sem hugsanlega má rekja allt til frumfóðrunar seiða.

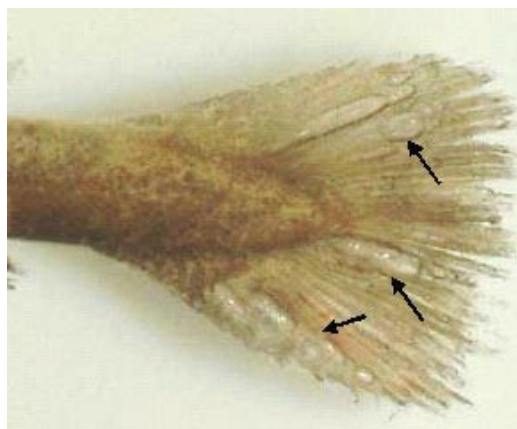
Streita: Þorskseiði eru viðkvæmari fyrir hvers kyns áreiti en flestar aðrar eldistegundir. Þetta getur valdið vandkvæðum t.d. við flokkun, bólusetningu o.fl. Við streitu og blóðþrýstingshækkun sjást oft útstæð augu sem freista árásgjarnra seiða. Slíkum fiskum er einnig hættara við sýkingu af völdum tækifærissýkla.

Sjálfrán: Sjálfrán (kannibalismi) er einkennandi fyrir þorsk á nánast öllum þroskastigum, ekki síst á smáseiðastigi og getur valdið töluverðum afföllum. Vegna ófullnægjandi fóðrunar, mismunandi atferlis og erfða vaxa einstaklingar mishratt. Einstaklingar vaxa mishratt, og það er stærðarmunurinn sem hrindir af stað árásarferli. Þorskur getur étið meðbræður sína sem eru allt að 50% af eigin lengd. Félagslegt ráðríki er einkennandi hegðunarmynstur meðal þorska, en ýmsir umhverfisþættir skipta einnig miklu, svo sem takmarkað fóður, rýrt næringarinnihald fóðurs/fóðurdíra, fjöldi seiða á eldisrúmeiningu, birta og skortur á athvarfi innan eldiseiningar. Sjálfrán hjá þorski fer að gæta við myndbreytingu lirfanna (u.þ.b. 17 mm lengd). Árásarhneigð byrjar þegar stærðarhlutfall á milli minnstu og stærstu seiðanna innan

hópsins er um 1,5 og er yfirleitt helsta orsök affalla þegar hlutfallið er komið í 2. Seiði af stærðinni 2-3 sm eru líklegust til sjálfráns sem á sína skýringu á „heppilegu“ hlutfalli milli munnstærðar seiða miðað við hæð og lengd. Afföllin eru ekki eingöngu vegna þeirra seiða sem eru étin, heldur einnig vegna þeirra sem drepast eftir árás sökum roðsára og ugga-skemmda, en þau ágerast oft af völdum umhverfisbaktería. Forvarnir eru því brýnar, fyrst og fremst flokkun fiska eftir 17 mm stærð og tryggja verður að fiskur fái gnægð af næringarríku fóðri (Støttrup 2002).

Sundmagasótt: Útblásinn sundmagi í smáseiðum (1,5-2 g) hefur í einstaka tilfellum valdið töluverðum afföllum í eldi. Seiðin synda á hlið og virðast ekki ná fóðri. Ekki hefur þó ennþá verið varpað ljósi á orsakasamhengið.

Loftbólaveiki: Dæmigerð einkenni veikinnar eru loftbólur sem myndast í æðum og vefjum fiskanna. Oft sjást loftbólurnar berum augum undir hornhimnu augans, í tálknun og undir þekjulagi roðs, einkum á tálknborðum og milli uggeisla (32. mynd). Ástæða veikinnar er yfirmettun eldisvökvans af lofttegundum. Við eldisaðstæður getur slíkt t.d. orðið þegar loft sogast inn í lagnir við dælingu á eldisvökva. Uppleysanleiki lofts í vökva eykst með vaxandi þrýstingi. Í lokaðri lögn leysist því meira upp af lofti í vökvanum vegna aukins þrýstings. Leysanleiki lofts eykst raunar einnig með lækkandi hita og minnkandi seltu vökvans. Þegar vökvinn flæðir úr lokaðri lögninni út í eldiskerið minnkar þrýstingur á ný. Leitast þá loftið við að rjúka úr vökvanum. Það á einnig við um loftið í æðum og vefjum fiskanna sem



32. mynd. Loftbólur (örvar) milli uggeisla á sporðblöðku. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 32. Gas bubbles (arrows) between fin rays. Photo: Árni Kristmundsson.

þeir hafa tekið upp um tálkn. Þar myndast því loftbólur sem geta stíflað blóðrás og skemmt vefi. Fiskar drepast ef ekkert er að gert, en jafna sig fljótt ef ráðin er tímalega bót á loftfyrmettun vatnsins.

Augnskaðar: Sjúkdómsmyndin getur verið breytileg eftir því hver orsökina er. Útstæð augu geta stafað af einhvers konar sýkingu, eða yfirmettun eldisvökvans af lofti (loftbólveiki). Grámi og rof (sár) í hornhimnu er oft af völdum áverka sem sýking kemst í, m.a. vibrúbakteríur, og magnar þá skemmd. Nýlega var staðfest í fyrsta sinn í eldisþorski augnsýking af völdum bakteríunnar *Pseudomonas anguilliseptica* (Ferguson o.fl. 2004). Meðal þess sem talið er valda því að augasteinar verði gráir og ógegnsæir (33. mynd) eru: óheppilegar umhverfisaðstæður svo sem sveiflur í hita og seltu, erfiðleikar við seltustjórnun, yfirmettun eldisvökva af lofti, mengunarefni og útfjólublátt ljós (Bjerkås o.fl. 2004, Björn Björnsson 2004). Einnig geta næringartengdir þættir valdið þessum einkennum; t.d. getur kalsíumríkt fóður dregið úr upptöku snefilefnisins sínk í fóðri, svo og skortur á amínósýrunum methionin, riboflavín og histidin (Bjerkås o.fl. 2004).

Afmyndun á bol: Tíðust er skekkja (hnakkasveigja) í hryggjarsúlu upp af tálknbörð-



33. mynd. Þorskeiði með ógegnsæjan augastein. Myndataka: Árni Kristmundsson.

Figure 33. A cod juvenile with cataract. Photo: Árni Kristmundsson.



34. mynd. Þorskeiði með skekkju í hryggjarsúlu (Totland o.fl. 2004).

Figure 34. Deformation of the vertebral column (Totland et al. 2004).

um. Tíðni þessara einkenna (34. mynd) hafa farið í allt að 80% í einstaka eldishópum. Árið 2003 var þetta eitt mesta vandamál í norsku þorskeldi; um 40% af heildarárgangi eldisseiða voru með þennan kvilla. Ekki er fullljóst hvað veldur, en í dag er talið að orsökina megi rekja til margra samverkandi þátta, erfða- og umhverfistengdra (Totland o.fl. 2004).

SJÚKDÓMAVARNIR

Smitgát

Smitgát í fiskeldi er víðtækt hugtak og því er mikilvægt að taka á þeim hlutum af raunsæi svo hámarka megi gagnsemi vinnunnar. Markvissar umgengnisreglur skipta miklu, svo og reglubundið eftirlit, ekki síst með foreldrafiski sem getur borið dulið smit. Hindra verður smitdreifingu með hrognum frá sýktum foreldrum til afkvæma. Gæði eldissjávar ásamt varfærinni umhirðu getur einnig skipt sköpum um heilbrigði eldisfiska.

Umgengni, þrif og sótthreinsun

Reglusemi og snyrtimennska við umhirðu og aðbúnað eldisfisks skilar sér ávallt við rekstur fiskeldisstöðva. Huga verður vel að geymslu og ástandi fóðurs og skal nagdýrum/vargi haldið í burtu. Umgangast skal tæki og áhöld af fyllsta hreinlæti og regla skal vera á færslu þeirra milli eldiseininga. Fjarlægja ber sjálfdaudan fisk daglega og meðhöndla ílát með slíkum úrgangi af varúð og ítrasta hreinlæti. Reglubundin hreinsun á eldiskerum og kvíabúnaði af lífrænum leifum nægir jafnan til að halda smitefnum í skefjum. Þegar klakrými, eldisker eða sjókví er tæmd til þess að skilja að eldishópa eða árganga fiska er nauðsynlegt að þrifa búnaðinn og sótthreinsa. Rétt er að nota aðeins þau efni sem eru viðurkennd við eldisaðstæður. Áður en sótthreinsun er framkvæmd skal ávallt byrja á því að þvo og skola alla fleti svo að sótthreinsiefnið virki til fullnustu.

Smitvarnir

Smitvarnir eru lykilþáttur í sjúkdómsforvörnum í fiskeldisstöð. Einföld undirstöðuatriði ráða oft úrslitum þegar verjast skal eða vinna bug á smitsjúkdómum. Eftirfarandi atriði ber að hafa í huga:

- Hvaðan geta smitefni borist í eldisstöð og hvernig er hægt að verjast þeim
- Við hvaða skilyrði lifir smitefnið og hvernig dreifist það innan stöðvar

- Mat á kostnaði við smitvarnir miðað við ávinning
- Hvaða eftirlitsferli þarf að virkja svo tryggja megi viðunandi árangur fyrirbyggjandi smitvarna

Smitefni geta borist inn í eldisstöð með:

- Lífrænum efniviði, s.s. hrognum, seiðum og fullorðnum fiski
- Eldissjó
- Áhöldum og fódri
- Fólki
- Óboðnum gestum, s.s. músum, köttum og fuglum
- Öðrum leiðum

Mikilvægi ólíkra smitleiða er háð tegund eldis á hverjum stað. Vissir þættir smitvarna eru skilyrtir samkvæmt lögum og reglugerðum, en margar grunnreglur og umgengnisvenjur eru frjálsar hverri eldisstöð. Ávinningur slíkra smitvarna er afar misjafn á milli stöðva og því þarf að meta aðstæður hverju sinni.

Hrogn og lifandi fisk er að líkindum hvað varhugaverðast að flytja í fiskeldisstöð með tilliti til dreifingar smitefna. Í þeim tilfellum sem klakfiskur er undir ströngu heilbrigðiseftirliti og hrogn eru sótthreinsuð er hætta á smitdreifingu þó hverfandi lítil. Ef alinn er fiskur af eldisuppruna er brýnt að útvega efnivið sem hefur skýra eftirlits- og heilbrigðissögu. Sjótaka getur verið veikur hlekkur. Í strandeldi fiska á lirfustigi ber að varast sjótöku beint frá opnu hafi, nema að til komi ákveðnar forvarnir. Þurrfóður úr verkmiðju er laust við hvers kyns sjúkdómsvalda, en þó ber ávallt að gefa fóðurflutningum gaum, ekki síst þar sem bíll eða bátur fer á milli stöðva. Fóðrun sjávartegunda, s. s. þorsks, er í mörgum tilfellum veikur hlekkur. Þar hefst frumfóðrun með lifandi fóðurdýrum og í áframeldi er þorskur í mörgum tilfellum fóðraður með ferskum fiski sem ekki hefur hlotið hitameðhöndlun. Frysting hráfóðurs drepur hringorma en ýmis önnur smitefni lifa af frystingu. Fólk getur borið smitefni, en almennt er áhættan hverfandi. Rétt er að bjóða gestum hlífðar- og skófagnað sem tilheyrir stöðinni. Vargfuglar geta verið viðsjárverðir smitberar og ber mönnum að gera sitt ítrasta til að forðast návígi slíkra gesta við eldiseiningar. Endurnýting eldissjárvar eykur hættu á að smitefni magnist upp og valdi skaða og ber að hafa slík kerfi undir stöðugu eftirliti. Ekki síst skal svo leitast við að lágmarka óþarfa hnjask og aðra

streituvalda því það er ávísun á vanþrif fiska og sykingar af ýmsum toga.

Forvarnir og meðhöndlun með hjálp lyfja- og efna

Hér verður fjallað um nokkur atriði sem nausynlegt er að hyggja að svo draga megi úr hættu á dreifingu smitefna í þorskelði.

Sótthreinsun hrogn er einföld og árangursrík aðferð til þess að hefta og fyrirbyggja dreifingu ákveðinna örvera. Slík meðhöndlun dugar þó ekki til að verjast veirusýkingum á borð við brisdrep (IPN) og taugadrep (VNN). Við sótthreinsun þorskhrogn er notað glútaraldehyð. Styrkur lausnar er 8 ppm (9,6 ml. af hreinu glútaraldehyði í 6 lítra af vatni) og snertitími við yfirborð hrogn er 5 mínútur. Hrognin eru tekin „þurr“ beint úr klakrennu og dýft í sótthreinsilausn og hrært varlega (muna eftir hlífðarhönskum). Eftir 5 mínútna snertitíma eru hrognin færð í klakrennu á ný þar sem þau skolast. Ef senda á hrognin í aðra eldisstöð skal skola þau í hreinum sjó. Góð regla er að dýfa hrognum með háfi í þrjár fötur, hverja eftir aðra, með hreinum sjó og skal heildarskoltími vera a. m.k. 5 mínútur.

Efna- og lyfjameðhöndlun á eldisþorski má skipta í þrjá flokka; þ.e. útvortis með böðun, innvortis með fóðurgjöf og sprautun. Framkvæmdin er í flestum tilfellum einföld og geta eldismenn auðveldlega tileinka sér hana. Öguð vinnubrögð eru mikilvæg til þess að meðferð skili árangri og til að hlífa fiski við óþarfa áreiti. Því er kappsmál að lágmarka tíðni meðferða og nýta efni/lyf sem best.

Útvortis meðferð með böðun er algengust á lirfur og smáseiði. Dæmi um það er böðun lirfa í sýkladrepandi lyfjum á frumstigum eldis, ekki síst á meðan lirfur nærast á lifandi fóðurdýrum. Ekki má heldur gleyma mikilvægum þætti fóðurdýranna sjálfra, þau eru alin í umhverfi sem er hlaðið örverum ýmiskonar áður en þau eru notuð til fóðrunar þorsklirfa. Svo halda megi bakteríuflóru fóðurdýranna í skefjum hafa ýmis ráð verið reynd, s.s. böðun í ákveðinni lyfjablöndu. Slík lausn er ekki ásættanleg og því verður að þróa aðrar aðferðir til þess að hemja örveruflóru fóðurdýra.

Oftar en ekki þarf að baða eldri seiði gegn ágangi baktería og sníkjudýra. Þetta á ekki síst við um seiði af villtum uppruna sem færð eru í eldisstöð til áframeldis. Þau þarf að hreinsa af sníkjudýrum með reglubundinni formalínböðun

(1:4000) og í einstaka tilfellum verður einnig að draga úr bakteríusýkingu með hjálp sýklalyfja. Mikil framför hefur átt sér stað í þróun lyfja gegn lús á síðustu árum. Nú hefur nánast alveg verið horfið frá baðlyfjum, þess í stað eru notuð lyf sem blönduð eru í fóður í ákveðnum skammti og gefið í viku tíma. Slík meðhöndlun tryggir lúsalausn fisk í a.m.k. 90 daga.

Innvortis lyfjameðferð með fóðurgjöf er oftast notuð á stærri seiði, undirmáls- og fullorðinn þorsk. Algengustu bakteríusýkingar í eldisfiski hér á landi eru meðhöndlaðar með þessum hætti. Lyfjagjöf hefur þó ekki enn verið reynd á kvíafisk sem ekki er alinn á þurrfóðri, því erfitt er að blanda lyfjum í hráfóðrið. Sýklalyfi er blandað í fóður í ákveðnum styrk og gefið fiskunum. Stærsti gallinn er sá að mjög sjúkir fiskar reynast jafnan tregir til fóðurtöku, ekki síst í lágum eldshita. Tilraunir hafa sýnt að allt niður í 9% fiska hafi innbyrt lyfjafóður eftir 10 daga lyfjagjöf við slíkar aðstæður. Án tillits til lyfjagjafar er mikilvægt að háfa dauða fiska hvern dag svo þeir liggi ekki lengi á botni kvíar, en frá þeim dreifist stöðugt smit. Innvortis lyfjameðferð á þorski hefur nokkrum sinnum reynst nauðsynleg gegn vibríuveiki og kýlaveikibróður við íslenskar aðstæður. Þá hefur reynslan sýnt að veiðar seiða og undirmálsþorsks á ákveðnum svæðum skila fiski sem ber með sér náttúrulega bakteríusýkingu og brýnt er að bregðast við svo sýkillinn nái ekki að magnast um of við eldisaðstæður. Misjafnlega gengur að ráða niðurlögum sýkinga af þessu tagi, og fer það eftir tegund sýkils og umhverfisáðstæðum. Í flestum tilfellum er meðferðin árangursrík. Jafnan dugar 6-10 daga innvortis lyfjakúr, háð sýklalyfi hverju sinni.

Meðhöndlun einstakra fiska með lyfjasprautun er sjaldgæf, en þó framkvæmd á verðmætum fiski, s.s. klakfiski.

Eitt skal hafa hugfast, smitsjúkdómum verður ekki útrýmt eingöngu með sýklalyfjum. Þau verða alltaf neyðarlausn.

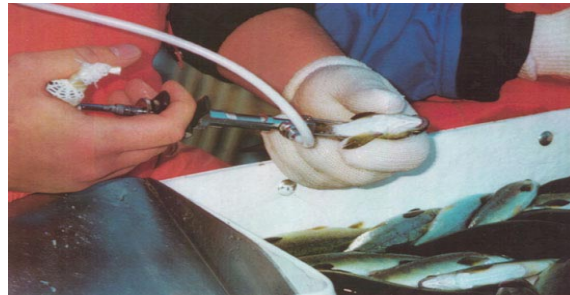
Í hvert skipti sem hafist er handa um einhverja aðgerð, s.s. háfun og efnaböðun, sem eykur hættu á hnjaski og streitu meðal fiska, skal svelta þá í einn til tvo sólarhringa. Þetta á þó ekki við um meðhöndlun á lirfum og smáseiðum. Þar gilda önnur lögmál vegna þess hve viðkvæmar þær eru fyrir fæðuskorti og sjálfráni.

Bólusetning

Þeir bakteríusjúkdómar í íslenskum eldisþorski sem líklegt er að verjast þurfi með bóluefnum eru vibríuveiki, kýlaveikibróðir og vetrarsár. Enn sem komið er eru aðeins til bóluefni fyrir þorsk gegn vibríuveiki.

Þetta bóluefni er fyrst og fremst bað- og dýfingarbóluefni ætlað seiðum á stærðarbili 0,5-10 g. Bóluefnið er þristofna, þ.e. gegn *Listonella (Vibrio) anguillarum* af sermisgerðum O1, O2a og O2b, og ætlað að veita yngstu seiðunum vörn þar til stærð þeirra leyfir stungubólusetningu (>20 g). Undir mörgum kringumstæðum dugar bað- og dýfingarbólusetning smáseiða allt fram til slátrunar úr kvíum, en ef smitálag er mikið verður vart hjá því komist að bæta við stungubólusetningu (35. mynd) áður en seiði eru flutt í kvíar.

Til eru fjölþátta bóluefni þróuð fyrir laxfiska sem í senn veita þeim vörn gegn vibríuveiki og kýlaveiki (og jafnvel einnig gegn hitraveiki og vetrarsárum), en þar er einungis um stungubóluefni að ræða. Á síðasta ári var þorskur í eldisstöðinni á Stað bólusetur með einu þessara fjölþátta stungubóluefna (Alpha Ject 5200) og síðan sýktur í kerasal Rannsóknasetursins í Sandgerði. Niðurstöður sýndu að bóluefnið veitti þorski nokkra vörn gegn vibríuveiki en þó ekki eins mikla og hjá laxi. Hliðarverkanir af



35. mynd. Stungubólusetning seiða. Myndataka: Gísli Jónsson.

Figure 35. A vaccination of a fry. Photo: Gísli Jónsson.

völdum bólusetningar voru vægar og bóluset þorskseiði uxu vel (Sigríður Guðmundsdóttir o.fl., óbirt gögn).

Bóluefni þróuð gegn kýlaveikibróður í þorski hafa ekki enn verið markaðssett. Tilraunir hafa verið gerðar með baðbóluefni gegn þeirri veiki en ekki eru til heimildir um jákvæðan árangur. Niðurstöður tilrauna til að bólusetja þorsk með Alpha Ject 5200 í þorski hafa sýnt að bóluefnið veitir ekki vörn gegn

kýlaveikibróður (Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir o.fl., óbirt gögn).

Ljóst er að þróun nýrra þorskabóluefna er nauðsynleg ef þorskelði á að verða arðbært.

Veirusjúkdómar hafa ekki enn komið upp í eldisþorski hér á landi. Bóluefni gegn veirusjúkdómum hafa ekki verið þróuð fyrir þorsk, fremur en fyrir flestar aðrar fisktegundir. Samkvæmt núgildandi íslenski löggjöf ber að grípa til niðurskurðar veirusýkra eldisfiska og því væri bólusetning gegn veirusýkingum ekki raunhæf.

Aðferðir við bólusetningu þorskseiða

Mismunandi bólusetningaraðferðum er beitt með hliðsjón af stærð fiska.

1. 0,5-1 g: **Baðbólusetning:** Vatnsrennsli í eldiskerið er stöðvað og bóluefni síðan blandað út í kerid (1 hlutur bóluefnis á móti 10 af eldisvökva). Eftir 30 sek. snertitíma bóluefnis við fiska er vatni hleypt á að nýju. 0,5 l af óþynntu bóluefni dugar á 10 kg af fiski.

2. 3-10 g: **Dýfing:** Fiskar eru háfaðir úr eldiskeri og þeim dýft í fötu með bóluefnalausn (1 hlutur bóluefnis á móti 10 af vatni) í 30 sek. 0,5 l af óþynntu bóluefni dugar á 50 kg af fiski.

3. >20 g: **Stungubólusetning:** Fiskar eru svæfðir og síðan er 0,1 ml af bóluefni sprautað í kviðarhol (þorskur þolir ekki allar tegundir svefnlyfja).

REYNSLA ÚR ÍSLENSKU ÞORSKELDI

(Dagbækur Rannsóknadeildar fisksjúkdóma að Keldum og dýralæknis fisksjúkdóma)

Það er ekki fyrir en undanfarin tvö ár sem tilraunaeldi á þorski sætir aukinni sjúkdóma-vöktun. Myndin er því að skýrast (Tafla 4) og síðustu misseri hafa gefið vísbindingar um helstu áhættuþætti. En að sjálfsögðu gildir hér um þorskelði sem annað eldi, að fjölbreytni sjúkdóma vex eftir því sem eldið er stundað lengur á hverjum stað.

Tafla 4. Yfirlit um sjúkdóma sem helst hefur orðið vart á síðustu misserum í íslenskum eldisþorski.

Table 4. A summary of diseases most frequently detected in Icelandic farmed cod.

Orsakabættir	Frumfóðrun	Strandeldi		Kvíaelði	
		Eldisseiði	Villiseiði	Eldisseiði	Villiseiði
Óútskýrð afföll	Veruleg				
Hnakkasveigja		x		x	
Kýlaveikibróðir		x	x	x	x
Víbrúveiki		x		x	x
Söðulsár			x		
<i>Ichthyobodo</i> sp.		x	x		
<i>Trichodina</i> spp.		x	x		
<i>Loma</i> sp.		x ¹	x ¹	x	x
Æxli í gervitálknum			x		
Vörtur		x ²	x ²		
Ógegnsær augasteinn		x		x	

¹Smit berst frá villiseiðum í seiði af eldisuppruna.

²Eru mun fátíðari á eldisseiðum en á villiseiðum.

HEIMILDIR

- Anon. 2003. Upplýsingar fengnar á heimasíðu norsku Hafrannsóknastofnunarinnar. Aðgengilegar á: www.imr.no.
- Alexander, J. & Ingram, G. A. 1992. Noncellular nonspecific defense mechanisms of fish. *Annual Review of Fish Diseases* 2: 249-279.
- Armann, R. I. & Schleiffer, K. H. 1995. Phylogenetic identification and *in situ* detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiological Reviews* 59: 143-169.
- Austin, B. & Austin, D. A. 1999. *Bacterial fish pathogens, diseases in farmed and wild fish*. 2nd ed. Ellis Horwood, London.
- Ástþór Gíslason. 2002. Hvers vegna eru ein auðugustu fiskimið jarðarinnar í kringum Ísland? *Fyrirspurn á Vísindavef Háskóla Íslands, aðgengilegt á: www.visindavefur.hi.is*.
- Bergh, Ø. 1995. Bacteria associated with early-life stages of halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., inhibit growth of a pathogenic *Vibrio* sp. *Journal of Fish Diseases* 18: 31-40.
- Bergh, Ø. 1999. Sykdommer hos rogn og yngel (marinfisk). Í: T. Poppe (ritstj.), *Fiskehelse og fiskeesydommer*, Universitetsforlaget, Oslo, bls. 275-278.
- Bergh, Ø. 2002. Også oppdrettstorsken kommer til at bli syk. Í: Glette, J., Meeren, T.V.D., Olsen, R.E., & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002, Fisken og havet*, særnr. 3: 90-92.
- Bergh, Ø., Hjeltnes, B. & Skiftesvik, A. B. 1997. Experimental infection of turbot *Scophthalmus maximus* and halibut *Hippoglossus hippoglossus* yolk sac larvae with *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*. *Diseases of Aquatic Organisms* 29: 13-20.
- Bergh, Ø., Nilsen, F. & Samuelsen, O. B. 2001. Diseases, prophylaxis and treatment of the Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*: a review. *Diseases of Aquatic Organisms* 48: 57-74.
- Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, Solem, S. T. & Pilstrom, L. 2001. Immune parameters of immunised cod (*Gadus morhua* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 11: 75-89.
- Bergljót Magnadóttir. 1998. Comparison of immunoglobulin (IgM) from four fish species. *Búvísindi. Icelandic Agricultural Sciences* 12: 47-59.
- Bergljót Magnadóttir. 2000a. *Humoral immune parameters of teleost fish*. Doktorsritgerð frá Háskóla Íslands, Reykjavík.
- Bergljót Magnadóttir. 2000b. The spontaneous haemolytic activity of cod serum: Heat insensitivity and other characteristics. *Fish and Shellfish Immunology* 10: 731-735.
- Bergljót Magnadóttir, Bambir, S. H., Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Pilstrom, L. & Sigurður Helgason 2002a. Atypical *Aeromonas salmonicida* infection in naturally and experimentally infected cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of Fish Diseases* 25: 583-597.
- Bergljót Magnadóttir, Crispin, M., Royle, L., Colominas, C., Harvey, D. J., Dwek, R. A. & Rudd, P. M. 2002b. The carbohydrate moiety of serum IgM from Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 12: 209-227.
- Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, Jørgensen, T. Ø. & Pilstrom, L. 1999a. Humoral immune parameters in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) I. The effects of environmental temperature. *Comparative Biochemistry and Physiology* 122B: 173-180.
- Bergljót Magnadóttir, Halla Jónsdóttir, Sigurður Helgason, Björn Björnsson, Jørgensen, T. Ø. & Pilstrom, L. 1999b. Humoral immune parameters in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) II. The effects of size and gender under different environmental conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology* 122B: 181-188.
- Bergljót Magnadóttir & Sigrún Lange. 2004. Is Apolipoprotein A-I a regulating protein for the complement system of cod (*Gadus morhua* L.)? *Fish and Shellfish Immunology* 16: 265-269.
- Bergljót Magnadóttir, Sigrún Lange, Agnar Steinarrson & Sigríður Guðmundsdóttir. 2004. The ontogenic development of innate immune parameters of cod (*Gadus morhua* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology* 139B: 217-224.
- Biering, E. 1999. Infeksiös pankreas nekrose. Í: T. Poppe (ritstj.), *Fiskehelse og fiskeesydommer* Universitets forlaget AS, Oslo, bls. 135-141.
- Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir & Sigríður Guðmundsdóttir. 1997. Evaluation of cross protection of an autogenous bacterin (IBOO) and a furunculosis vaccine (Biojec. 1500) against atypical and typical furunculosis in Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases* 20: 343-350.
- Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir. 1998. Infections by atypical strains of the bacterium *Aeromonas salmonicida*: a review. *Búvísindi. Icelandic Agricultural Sciences* 12: 61-72.
- Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Íris Hvanndal, Bryndís Björnsdóttir & Wagner, U. 2003. Analysis of exotoxins produced by atypical isolates of the fish pathogen *Aeromonas salmonicida*, by enzymatic and serological methods. *Journal of Fish Diseases* 26: 15-29.
- Bjerkås, E., Sveier, H. & Bjørnstad, E. 2004. Katarakt hos torsk i oppdrett - resultater av en preliminær undersøkelse. *Norsk Veternæringskrift* 4: 249-253.
- Björn Björnsson 2004. Can UV-treated seawater cause cataract in juvenile cod (*Gadus morhua* L.)? *Aquaculture* 240: 187-199.
- Blazer, V. S. 1992. Nutrition and disease resistance in fish. *Annual Review of Fish Disease* 2: 309-323.
- Booth, D. & Alquezar, R. 2002. Food supplementation increases larval growth, condition and survival of

- Acanthochromis polykanthus*. *Journal of Fish Biology* 60: 1126-1133.
- Bricknell, I. R. & Raynard, R. S. 2002. Viral disease risk to and from emerging marine aquaculture species. *10th Annual New England Farmed Fish Health Management Workshop April 4, 2002, Eastport, Maine*.
- Brudeseth, B. E. & Evensen, O. E. 2002. Occurrence of viral haemorrhagic septicaemia virus (VHS) in wild marine fish species in the coastal regions of Norway. *Diseases of Aquatic organisms* 52: 21-28.
- Brunson, R., True, K. & Yanvey, J. 1989. VHS virus isolated at Makah Fish hatchery. *American Fisheries Society. Fish Health Section Newsletter* 17: 3.
- Bryndís Björnsdóttir, Sigríður Guðmundsdóttir, Bambir, S. H., Bergljót Magnadóttir & Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir. 2004. Experimental infection of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), by *Moritella viscosa*, vaccination effort and vaccine-induced side-effects. *Journal of Fish Diseases* 27: 1-11.
- Buchmann, K., Larsen, J. L. & Dalsgaard, I. 1993. Diseases and injuries associated with mortality of hatchery reared Baltic cod (*Gadus morhua* L.) larvae. *Acta Veterinaria Scandinavica* 34: 385-390.
- Cook, M. T., Hayball, P. J., Hutchinson, W., Nowak, B. F. & Hayball, J. D. 2002. Administration of commercial immunostimulant preparation, EcoActiva as a feed supplement enhances macrophage respiratory burst and the growth rate of snapper (*Pagrus auratus*, Sparidae (Bloch and Schneider)) in winter. *Fish & Shellfish Immunology* 12: 1-13.
- Dalsgaard, I., Møllergaard, S. & Larsen, J. L. 1992. Mycobacteriosis in cod (*Gadus morhua* L.) in Danish coastal waters. *Aquaculture* 107: 211-219.
- Dannevig, B. H., Nilsen, R., Modahl, I., Jankowska, M., Taksdal, T. & Press, C. M. 2000. Isolation in cell culture of nodavirus from farmed Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus* in Norway. *Diseases of Aquatic Organisms* 43: 183-189.
- Dethlefsen, V., Lang, T. & Damm, U. 1996. X-cell disease of cod *Gadus morhua* from the North Sea and Icelandic waters. *Diseases of Aquatic Organisms* 25: 95-106.
- Dhert, P., Divanach, P., Kentouri, M. & Sorgeloos, P. 1998. Rearing techniques for difficult marine fish larvae. *World Aquaculture* 29: 48-55.
- Dobberstein, R. C. & Palm, H. W. 2000. Trichodinid ciliates (Peritrichia : Trichodinidae) from the Bay of Kiel, with description of *Trichodina claviformis* sp. n. *Folia Parasitologica* 47: 81-90.
- Du Pasquier, L. 1982. Antibody diversity in lower vertebrates - why is it so restricted? *Nature* 296: 311-313.
- Du Pasquier, L. 1993. Phylogeny of B-cell development. *Current Opinion in Immunology* 5: 185-193.
- Dyková, I. 1995. Phylum Microspora. Í: P. T. K. Woo (ritstj.), *Fish diseases and disorders*, CAB International, Wallingford, bls. 149-181.
- Eddy, S. D. & Jones, S. H. 2002. Microbiology of summer flounder *Paralichthys dentatus* fingerling production at a marine fish hatchery. *Aquaculture* 211: 9-28.
- Espelid, S., Løkken, G. B., Steiro, K. & Bøggwald, J. 1996. Effects of cortisol and stress on the immune system in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 6: 95-110.
- Ferguson, H. W., Collins, R. O., Moore, M., Coles, M. & MacPhee, D. D. 2004. *Pseudomonas anguilliseptica* infection in farmed cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Diseases* 27: 249-253.
- Gatesoupe, F. J. 1999. The use of probiotics in aquaculture. *Aquaculture* 180: 147-165.
- Gildberg, A. & Mikkelsen, H. 1998. Effects of supplementing the feed to Atlantic cod (*Gadus morhua*) fry with lactic acid bacteria and immunostimulating peptides during a challenge trial with *Vibrio anguillarum* [*Aeromonas salmonicida*]. *Aquaculture* 167: 103-113.
- Gildberg, A., Mikkelsen, H., Sandaker, E. & Ringø, E. 1997. Probiotic effect of lactic acid bacteria in the feed on growth and survival of fry of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Hydrobiologia* 352: 279-285.
- Gomez-Gil, B., Roque, A. & Turnbull, J. F. 2000. The use and selection of probiotic bacteria for use in the culture of larval aquatic organisms. *Aquaculture* 191: 259-270.
- Griffiths, S., Melville, K., Cook, M., Vincent, S., St. Pierre, M. & Lanteigne, C. 2001. Profiling of bacterial species associated with haddock larviculture by PCR amplification of 16S rDNA and denaturing gradient gel electrophoresis. *Journal of Aquatic Animal Health* 13: 355-363.
- Grisez, L., Chari, M., Sorgeloos, P. & Ollevier, F. 1996. Mode of infection and spread of *Vibrio anguillarum* in turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae after oral challenge through live feed. *Diseases of Aquatic Organisms* 26: 181-187.
- Hansen, G. H. & Olafsen, J. A. 1999. Bacterial interactions in early life stages of marine cold water fish. A review. *Microbial Ecology* 38: 1-26.
- Hemmingsen, W. & MacKenzie, K. 1993. A checklist of the protozoan and metazoan parasites reported from the Atlantic cod. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 13: 134-137.
- Hilger, I., Ullrich, S. & Anders, K. 1991. A new ulcerative flexibacteriosis-like disease ("yellow pest") affecting young Atlantic cod *Gadus morhua* from the German Wadden Sea. *Diseases of Aquatic Organisms* 11: 19-29.
- Hjeltnes, B. 1999. Infeksjoner med mykobakterier. Í: T. Poppe (ritstj.), *Fiskehelse og fiskeyngdommer*, Universitetsforlaget, Oslo, bls. 120-122.
- Hopper, K. 1989. The isolation of VHS from chinook salmon at Glenwood Springs, Orcas Island, Washington. *American Fisheries Society. Fish Health Section Newsletter* 17: 1.

- Husevaag, B. 1994. Survival of *Aeromonas salmonicida* and *Vibrio salmonicida* in marine fish farm environment. Doktorsritgerð frá Háskólanum í Bergen.
- Irianto, A. & Austin, B. 2002. Probiotics in aquaculture. Review. *Journal of Fish Diseases* 25: 633-642.
- Isshiki, T., Nagano, T. & Suzuki, S. 2001. Infectivity of aquabirnavirus strains to various marine fish species. *Diseases of Aquatic Organisms* 46: 109-114.
- Jensen, N. J. & Bloch, B. 1980. Adenovirus-like particles associated with epidermal hyperplasia in cod (*Gadus morhua*). *Nordisk Veterinærmedicin* 32: 173-175.
- Jensen, N. J. & Larsen, J. L. 1979. The Ulcus-syndrome in cod (*Gadus morhua*). I. A pathological and histopathological study. *Nordisk Veterinærmedicin* 31: 222-228.
- Jensen, N. J. & Larsen, J. L. 1982. The ulcus-syndrome in cod (*Gadus morhua*). IV. Transmission experiments with two viruses isolated from cod and *Vibrio anguillarum*. *Nordisk Veterinærmedicin* 34: 136-142.
- Johnson, S. C., Sperker, S. A., Leggiadro, C. T., Groman, D. B., Griffiths, S. G., Ritchie, R. J., Cook, M. D. & Cusack, R. R. 2002. Identification and characterization of a piscine neuropathy and nodavirus from juvenile Atlantic cod from the Atlantic coast of North America. *Journal of Aquatic Animal Health* 14: 124-133.
- Jón Már Halldórsson. 2000. Eru til margar gerðir af marglyttu? Eru þær miseitraðar og hvers vegna sviður okkur í hörundið undan þeim? *Fyrirspurn á Vísindavef Háskóla Íslands, aðgengilegt á: www.visindavefur.hi.is*.
- Jón Már Halldórsson. 2001. Af hverju brennir maður sig stundum á marglyttum? *Fyrirspurn á Vísindavef Háskóla Íslands, aðgengilegt á: www.visindavefur.hi.is*.
- Karasev, A. B., Mitenev, V. K. & Shulman, B. S. 1996. Ecological peculiarities of the parasite fauna of cod and pollock in the vicinity of the Kislaya Inlet tidal power plant, Western Murman (The Barent Sea). *Sarsia* 80: 307-312.
- Khan, R. A. 1988. Experimental transmission, development, and effects of a parasitic copepod, *Lernaeocera branchialis*, on Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Journal of Parasitology* 74: 586-599.
- Khan, R. A., Lee, E. M. & Barker, D. 1990. *Lernaeocera branchialis*: A potential pathogen to cod ranching. *Journal of Parasitology* 76: 913-917.
- King, A. J., Snow, M., Smail, D. A. & Raynard, R. S. 2001. Distribution of viral haemorrhagic septicaemia virus in wild fish species of the North Sea, north east Atlantic Ocean and Irish Sea. *Diseases of Aquatic Organisms* 47: 95-106.
- Kvellingstad, A. 1999. Epiteliocystis. Í: T. Poppe (ritstj.), *Fiskehelse og fiskesygdommer*, Universitetsforlaget, Oslo, bls. 113-114.
- Larsen, J. L. & Pedersen, K. 1999. Infeksjoner med *Vibrio*-bakterier. Í: T. Poppe (ritstj.), *Fiskehelse og fiskesygdommer*, Universitetsforlaget, Oslo, bls. 68-83.
- Lester, R. J. G. & Roubal, F. R. 1995. Phylum arthropoda. Í: P. T. K. Woo (ritstj.), *Fish diseases and disorders*, vol. 1, CAB International, Wallingford, bls. 475-598.
- Lillehaug, A., Lunestad, B. T. & Grave, K. 2003. Epidemiology of bacterial diseases in Norwegian aquaculture - a description based on antibiotic prescription data for the ten-year period 1991 to 2000. *Diseases of Aquatic Organisms* 53: 115-125.
- Lom, J. 1995. Trichodinidae and other ciliates (Phylum Ciliophora). Í: P. T. K. Woo (ritstj.), *Fish diseases and disorders*, vol. 1. CAB International, Wallingford, bls. 229-263.
- Lom, J. & Dyková, I. 1992. *Protozoan parasites of fishes*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 316 bls.
- Lorenzen, E. 1999. Infeksjoner med *Flavobacterium* og *Flexibacter*. Í: T. Poppe (ritstj.), *Fiskehelse og fiskesygdommer*, Universitetsforlaget, Oslo, bls. 97-107.
- Lorenzen, E., Olesen, N. J., Strom, A. & Evensen, Ø. 1995. Outbreaks of IPN in reared fry of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *7th International Conference of EAAP, Palma, Mallorca. Poster 38*.
- Lysne, D. A. & Skorping, A. 2002. The parasite *Lernaeocera branchialis* on caged cod: Infection pattern is caused by differences in host susceptibility. *Parasitology* 124: 69-76.
- Makrakis, P., Bergh, Ø., Skjermo, J. & Vastein, O. 2001. Addition of bacteria bioencapsulated in *Artemia* metanauplii to a rearing system for halibut larvae. *Aquaculture International* 9: 225-236.
- Makrakis, P., Fjellheim, A. J., Skjermo, J. & Vadstein, O. 2000. Control of the bacterial flora of *Brachionus plicatilis* and *Artemia franciscana* by incubation in bacterial suspensions. *Aquaculture* 185: 207-218.
- March, T. L. 1999. Terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP): an emerging method for characterizing diversity among homologous populations of amplification products. *Current Opinion in Microbiology* 2: 323-327.
- Matthías Eydal, Brynja Gunnlaugsdóttir & Karl Skírnisson. 1994. Agðan *Cryptocotyle lingua* fundin í dýrum við Ísland. *Læknablaðið (The Icelandic Medical Journal)* 80(fylgirit 27): 91.
- McVicar, A. H. 1999. *Ichthyophonus* and related organisms. Í: P. T. K. Woo (ritstj.), *Fish diseases and disorders, viral, bacterial and fungal infections*, vol. 3, CAB International, Wallingford, bls. 661-687.
- Miller, N. W. & Clem, L. W. 1984. Temperature-mediated processes in teleost immunity: Differential effects of temperature on catfish in vitro antibody responses to thymus-dependent and thymus-independent antigens. *Journal of Immunology* 133: 2356-2359.
- Miwa, S., Nakayasu, C., Kamaishi, T. & Yoshiura, Y. 2004. X-cell in fish pseudotumors are parasitic protozoans. *Diseases of Aquatic Organisms* 58: 165-170.
- Morrison, C. M. & Sprague, V. 1981. Electron microscope study of a new genes and a new species of *Microsporidia* in the gill of Atlantic cod *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Diseases* 4: 15-32.

- Mortensen, H. F., Heuer, O. E., Lorenzen, N., Otte, L. & Olesen, N. J. 1999. Isolation of wild haemorrhagic septicaemia virus (VHSV) from wild marine fish species in the Baltic Sea, Kattegat, Skagerrak and the North Sea. *Virus Research* 63: 95-106.
- Munday, B. L. & Nakai, T. 1997. Special topic review: Nodaviruses as pathogens in larval and juvenile marine fish. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 13: 375-381.
- Möller, H. & Anders, K. 1986. *Diseases and parasites of marine fishes*. Verlag Möller, Kiel, 365 bls.
- Nikoskelainen, S., Ouwehand, A., Salminen, S. & Bylund, G. 2001. Protection of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) from furunculosis by *Lactobacillus rhamnosus*. *Aquaculture* 198: 229-236.
- Nilsen, F. 2002. Parasitter hos torsk - hvilke problemer kan man møte i et fremtidig torskoppdrett? Í: J. Glette, Meeren, T.V.D., Olsen, R.E., & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport, Fisken og havet*, særnr. 3: 101-102.
- Noga, E. J. 1996. *Fish disease, diagnosis and treatment*. Mosby-Yearbook, Inc., St. Louis, bls. 103.
- Osborn, A. M., Moore, E. R. & Timmis, K. N. 2000. An evaluation of terminal-restriction fragment length polymorphism (T-RFLP) analysis for the study of microbial community structure and dynamics. *Environmental Microbiology* 2: 39-50.
- Ottesen, O. H. & Olafsen, J. A. 2000. Effects on survival and mucous cell proliferation of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., larvae following microflora manipulation. *Aquaculture* 187: 225-238.
- Pilarczyk, A. 1995. Changes in specific carp immune reaction caused by addition of fish oil to pellets. *Aquaculture* 129: 425-429.
- Poynton, S. L. & Lom, J. 1989. Some Ectoparasitic Trichodinids from Atlantic Cod, *Gadus morhua* L., with a Description of *Trichodina cooperi* sp. n. *Canadian Journal of Zoology* 67: 1793-1800.
- Press, C. M. & Jørgensen, T. 1998. Immunology of fishes. Í: Pastoret, P.-P., Griebel, P., Bazin, H., Govaerts, A. (ritstj.), *Handbook of vertebrate immunology*, Academic Press, New York, bls. 41-43.
- Ringø, E. & Birkbeck, T. H. 1999. Intestinal microflora of fish larvae and fry. *Aquaculture Research* 30: 73-93.
- Robertsen, B. 1999. Modulation of the non-specific defence of fish by structurally conserved microbial polymers. *Fish & Shellfish Immunology* 9: 269-290.
- Robertson, P. A. W., O'Dowd, C., Burrells, C., Williams, P. & Austin, B. 2000. Use of *Carnobacterium* sp. as a probiotic for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*, Walbaum). *Aquaculture* 185: 235-243.
- Sakai, M. 1999. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture* 172: 63-92.
- Salvesen, I., Skjermo, J. & Vadstein, O. 1999. Growth of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) during first feeding in relation to the proportion of r/K-strategists in the bacterial community of the rearing water. *Aquaculture* 175: 337-350.
- Santos, Y., Pazos, F., Nunez, S. & Toranzo, A. E. 1997. Antigenic characterization of *Vibrio anguillarum*-related organisms isolated from turbot and cod. *Diseases of Aquatic Organisms* 28: 45-50.
- Schlotfeldt, H.-J., Ahne, W., Jørgensen, P. E. V. & Glende, W. 1991. Occurrence of viral hemorrhagic septicaemia in turbot (*Scophthalmus maximus*) - a natural outbreak. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 11: 105-107.
- Schrøder, M. B. 1998. *The immune system in cod (Gadus morhua L.) - with emphasis on ontogeny and immunoglobulin production*. Doktorsritgerð frá Háskólanum í Tromsø.
- Schrøder, M. B., Villaena, A. J. & Jørgensen, T. Ø. 1998. Ontogeny of lymphoid organs and immunoglobulin producing cells in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) tissues. *Developmental and comparative Immunology* 22: 507-517.
- Sigríður Guðmundsdóttir, Sigrún Lange, Bergljót Magnadóttir & Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir. 2003. Protection against atypical furunculosis in Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus*, comparison of fish vaccinated with commercial furunculosis vaccine and an autogenous vaccine based on the challenge strain. *Journal of Fish Diseases* 26: 331-338.
- Sigrún Lange, Bambir, S. H., Dodds, A. W. & Bergljót Magnadóttir. 2004b. The ontogeny of complement component C3 in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) - an immunohistochemical study. *Fish & Shellfish Immunology* 16: 359-367.
- Sigrún Lange, Dodds, A. W. & Bergljót Magnadóttir. 2004a. Isolation and characterisation of complement component C3 from Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) and Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Fish & Shellfish Immunology* 16: 227-239.
- Skirlis, G. P., Krondiris, J. V., Sideris, D. C., Shinn, A. P. & Starkey, W. G. 2001. Phylogenetic and antigenic characterization of new fish nodavirus isolates from Europe and Asia. *Virus Research* 75: 59-67.
- Skjermo, J. & Vadstein, O. 1999. Techniques for microbial control in the intensive rearing of marine larvae. *Aquaculture* 177: 333-343.
- Smail, D. A. 2000. Isolation and identification of Viral Haemorrhagic Septicaemia (VHS) viruses from cod *Gadus morhua* with the ulcer syndrome and from haddock *Melanogrammus aeglefinus* having skin haemorrhages in the North Sea. *Diseases of Aquatic Organisms* 41: 231-235.
- Smail, D. A. & Egglestone, S. I. 1980. Virus infections of marine fish erythrocytes: prevalence of piscine erythrocytic necrosis in cod *Gadus morhua* L. and blenny *Blennius pholis* L. in coastal and offshore water of the United Kingdom. *Journal of Fish Diseases* 3: 41-46.
- Snow, M., Cunningham, C. O. & Bricknell, I. R. 2000. Susceptibility of Atlantic cod (*Gadus morhua*) to Viral

- Haemorrhagic Septicaemia Virus isolated from wild caught Atlantic cod. *Diseases of Aquatic Organisms* 41: 225-229.
- Spanggaard, B., Huber, B. I., Nielsen, H., Sick, E. B., Pipper, C. B., Martinussen, T., Slierendrecht, W. J. & Gram, L. 2001. The probiotic potential against vibriosis of the indigenous microflora of rainbow trout. *Environmental Microbiology* 3: 755-765.
- Starkey, W. G., Ireland, J. H., Muir, K. F., Jenkins, M. E., Richards, R. H. & Ferguson, H. W. 2001. Nodavirus infection of cod and Dover sole in the United Kingdom. *Veterinary Record* 149: 179-181.
- Støttrup, J. G. 2002. Torskeopdræt - forskningsresultater og kundskab om torskeopdræt, *Danmarks Fiskeriundersøgelser, Afdeling for Havøkologi og Akvakultur. DFU-rapport*, 107-02, Charlottenlund, bls. 97.
- Sørum, H., Hvaal, A. B., Heum, M., Daae, F. L. & Wiik, R. 1990. Plasmid profiling of *Vibrio salmonicida* for epidemiological studies of cold-water vibriosis in Atlantic salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *Applied and Environmental Microbiology* 56: 1033-1037.
- Totland, G. K., Kryvi, H. & Grotmol, S. 2004. Torskeyngel med "nakkeknekk" utgjør et av hovedproblemene i intensivt oppdrett i dag. Í: Agnalt, A-L., Ervik, A., Kristiansen, T. S. & Oppedal, F. (ritstj.), *Havbruksrapport 2004. Fisken og havet*, særnr. 3: 57-63.
- Urawa, S., Ueki, N. & Karlsbakk, E. 1998. A review of *Ichthyobodo* infection in marine fishes. *Fish Pathology* 33: 311-320.
- Vadstein, O. 1997. The use of immunostimulation in marine larviculture: possibilities and challenges. *Aquaculture* 155: 401-417.
- Vandenberghe, J., Thompson, F. L., Gomez-Gil, B. & Swings, J. 2003. Phenotypic diversity amongst *Vibrio* isolates from marine aquaculture systems. *Aquaculture* 219: 9-20.
- Verdonck, L., Grisez, L., Sweetman, E., Minkoff, G., Sorgeloos, P., Ollevier, F. & Swings, J. 1997. Vibrios associated with routine productions of *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture* 149: 203-214.
- Verner-Jeffreys, D. W., Shields, R. J., Bricknell, I. R. & Birkbeck, T. H. 2003. Changes in the gut-associated microflora during the development of Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) larvae in three British hatcheries. *Aquaculture* 219: 21-42.
- Waluga, D., Weasow, T., Dyner, E. & Swiatecki, A. 1996. Studies on the etiopathogenesis of fish diseases in the Baltic Sea. *Acto Ichthyologica et Piscatoria* XVI: 53-70.
- Weisburg, W. G., Barns, S. M., Pelletier, D. A. & Lane, D. J. 1991. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *Journal of Bacteriology* 173: 697-703.
- Wiklund, T. & Dalsgaard, I. 1998. Occurrence and significance of atypical *Aeromonas salmonicida* in non-salmonid and salmonid fish species: a review. *Diseases of Aquatic Organisms* 32: 49-69.
- Wilson, K. H., Blitchington, R. B. & Greene, R. C. 1990. Amplification of bacterial 16S ribosomal SNA with polymerase chain reaction. *Journal of Clinical Microbiology* 28: 1942-1946.
- Wolffrom, T. & Midtlyng, P. J. 2004. Vertical transfer of fish diseases. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists* 24: 58-60.
- Yoshikoshi, K. & Inoue, K. 1990. Viral nervous necrosis in hatchery-reared larvae and juveniles of Japanese parrotfish *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & Schlegel). *Journal of Fish Diseases*, 13: 69-77.
- Zapata, A. G., Varas, A. & Torroba, M. 1992. Seasonal variations in the immune system of lower vertebrates. *Immunology Today* 13: 142-147.
- Zweifel, U. L. & Hagstrom, A. 1995. Total counts of marine-bacteria include large fractions of non-nucleotide-containing bacteria (ghosts). *Applied and Environmental Microbiology* 61: 2180-2185.
-

Þorskeldiskynbætur á Íslandi

Theódór Kristjánsson (theodor@stofnfiskur.is)¹, Jónas Jónasson (jonas@stofnfiskur.is)¹, Snorri Gunnarsson (snorri@stofnfiskur.is)¹, Vigfús Jóhannsson (icecod@icecod.is)²

¹Stofnfiskur hf., Staðarberg 2-4, P.O.Box 24, 222 Hafnarfirði

²IceCod ehf., Staðarberg 2-4, 222 Hafnarfirði

ÁGRIP

Theódór Kristjánsson, Jónas Jónasson, Snorri Gunnarsson & Vigfús Jóhannsson 2004. Þorskeldiskynbætur á Íslandi. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 175-182.

Um þessar mundir eru miklar vonir bundnar við að þorskeldi geti orðið mikilvæg atvinnugrein hér á landi. Kynbætur fyrir þorskeldi eru nú formlega hafnar á vegum Icecod ehf með söfnun á efnivið til myndunar grunnstofns. Almenn er talið að kynbætur geti skipt sköpum fyrir framtíð þorskeldis á Íslandi og að þær séu forsenda þess að þorskeldi á Íslandi verði samkeppnisfært við eldi í öðrum löndum. Tilraunir með eldi á villtum þorski benda til þess að a.m.k. fyrst um sinn verði kynbótamarkmiðin fyrir þorskeldi að mörgu leyti þau sömu og í lax- og bleikjueldi, þ.e. aukinn vöxtur, aukinn lífsþróttur (þ.e. betri lifun á öllum stigum lífsferilsins) og síðbúinn kynþroski.

Síðastliðið vor var hafist handa við myndun grunnstofns til kynbóta á þorski. Grunnstofninn er myndaður með því að safna hrognum og sviljum úr kynþroska, villtum þorski á mismunandi stöðum við landið. Mikilvægt er að sem best takist til við myndun á nýjum grunnstofni til kynbóta og því notast Icecod ehf eingöngu við bestu mögulegu aðferðir til að taka ákvörðun um samsetningu grunnstofns.

Veiðar á villtum klakfiski hófust vorið 2003. Þá var safnað hrognum undan 336 hrygnum frá þremur veiðisvæðum við Ísland. Alls lifðu hrogn frá 196 fjölskyldum og af þeim verða 157 notaðar til rannsókna á grunnstofninum. Á vegum Icecod ehf voru framleidd 245.000 þorskseiði árið 2003 sem verða notuð fyrir framtíðarkynbótastofn og til áframeldis hjá samstarfsaðilum Icecod ehf.

ABSTRACT

Theodor Kristjansson, Jonas Jonasson, Snorri Gunnarsson & Vigfus Johannsson 2004. An Icelandic family selection program for cod-farming. In: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (eds), Cod farming in Iceland. Marine Research Institute. Report 111: 175-182.

Fish farming of cod is now seen as a future industry in Iceland. Organized family selection-programme for cod-farming was started by the company Icecod ehf in Iceland in April 2003. This is generally recognized as an important step for the future development of cod farming in Iceland. Earlier rearing experiments indicate that breeding goals for cod are in many ways the same as for Atlantic salmon and Arctic char. Faster growth, higher survival rate and late maturity, are the most significant biological factors, which have to be dealt with in the future cod farming industry.

For any future breeding programme for cod-farming a base-population needs to be created. Eggs and sperm from wild cod from different areas around Iceland were collected and the juveniles produced will be used to form the base-population for cod-farming in Iceland over the next 5 years. It is essential that the development of the base-population is well designed and therefore the best available method will be used by the company Icecod ehf to maximize future gain of the breeding programme to lower production cost.

Catching of wild brood-fish took place in the spring 2003. Eggs were collected from 336 females and juveniles from 196 females survived and juveniles from 157 females will be used to estimate genetic parameters for the base population of the cod family - selection programme. A total of 245.000 cod juveniles were produced by Icecod ehf in the year 2003.

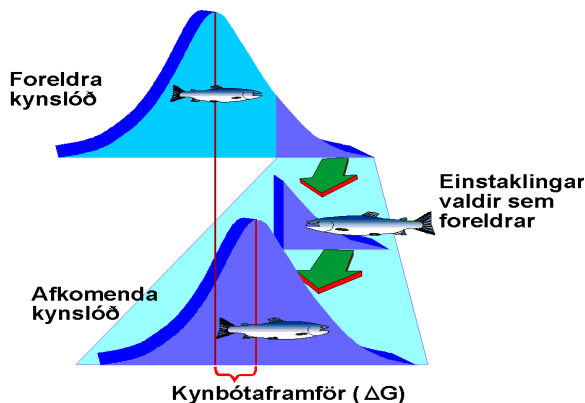
INNGANGUR

Skipulag kynbóta í fiskeldi

Kynbætur hafa verið stundaðar við hefðbundna búfjárrækt allengi og gildi þeirra til að auka arðsemi í búfjárrækt viðurkennt. Við kynbætur húsdýra er venjulega miðað við framför í vaxtarhraða milli 0,5-1,5% á ári, en í fiskeldi er árleg framför á bilinu 2,0-5,0%. Almennt má reikna með hraðari framförum í fiskakynbótum miðað við hefðbundin húsdýr vegna þess að afkvæmafjöldinn er meiri og getur oft skipt milljónum miðað við eitt til tvö afkvæmi t.d. hjá sauðfé.

Forsenda framfara með kynbótum er að breytileika verðmætra eiginleika s.s. vaxtarhraða sé stjórnað af erfðum. Í kynbótafræði er hlutfall erfðabreytileika af heildarbreytileika kallað arfgengi (táknað h^2). Arfgengi fyrir vexti hjá laxi er um það bil 0,4 sem þýðir að 40% af svipfarsbreytileika í vexti ræðst af erfðum. Á 1. mynd er sýnt dæmi um svipfarsbreytileika í stærð jafngamalla laxa. Dæmið er tekið úr gagnasafni Stofnfisks hf. og sýnir að jafngamlir laxar geta vegið á bilinu eitt til tíu kg þegar meðaltal árgangsins er 5 kg. Þetta er einkennandi fyrir alla fiskistofna þar sem einstaklingar innan árgangs vaxa mishratt. Þetta er hægt að nýta til kynbóta. Í laxakynbótum hjá Stofnfiski eru stærstu einstaklingar í hverjum árgangi valdir til undaneldis. Þessir einstaklingar gefa af sér hraðvaxnari afkvæmi en kynslóðin á undan. Breytingin er kölluð **kynbótaframför** (1. mynd). Líklegt er að þessu sé eins farið með þorsk.

Gengið er út frá því að kynbótaframför haldist stöðug yfir margar kynslóðir. Í Noregi hafa verið gerðar samanburðarmælingar á eldislaxi og villtum laxi sem sýndu að fjórða



1. mynd. Myndræn framsetning á kynbótaframförum.

Figure 1. Schematic illustration of genetic improvement.

kynslóð kynbættis eldislax vex 77% hraðar en sá villti sem samsvarar u.þ.b. 5% kynbótaframför á ári. Samanburðurinn leiddi einnig í ljós að kynbætti eldisstofninn hefur 25% lægri fódurstuðul miðað við villtan stofn þó að þeir séu aldir á sama fódri (Gjøen & Gjerde 1997). Kynbótaframfarir til lengri tíma hafa verið sannreynðar á tilraunadýrum. Til dæmis hefur tilraunum með mýs, þar sem valið var fyrir aukinni líkamsþyngd, verið haldið áfram í 90 kynslóðir með stöðugri kynbótaframför (Hill 2000).

Með eldi á hraðvaxta fiski má auka framleiðslu á eldiseiningu og bæta fóðurnýtingu. Mikill afkvæmafjöldi fiska gerir fáum hrognastöðvum kleift að framleiða mikið magn af hrognum á tiltölulega skömmum tíma. Með því að rækta besta efniviðinn í kynbótastöðinni er hægt að tryggja að kynbótaframfarir skili sér hratt út til framleiðenda.

Til eru ýmsar útfærslur af kynbótakerfum en það sem mest hefur verið notað fyrir fiskeldi er blanda af einstaklingsvali (*mass selection*) og fjölskylduvali (*family selection*). Í kynbótakerfi sem byggist á einstaklingsvali er einstaklingur valinn eða honum hafnað á grundvelli þess hvernig hann stendur sig í eldi í samanburði við aðra einstaklinga í sömu eldiseiningu. Í fiskeldi er þessi aðferð oftast notuð (Gjedrem 1997). Kosturinn við einstaklingsval er að aðferðin er einföld í notkun og hægt er að ná mikilli kynbótaframför í eiginleikum með hátt arfgengi eins og t.d. vexti. Helstu gallar einstaklingsvals sem kynbótaaðferðar er að hún felur í sér hættu á skyldleikarækt og þar með tapast erfðabreytileiki. Fjölskylduval byggir á því að meðaltal einstaklinga úr hverri fjölskyldu er reiknað. Á grundvelli þessara útreikninga eru fjölskyldur valdar til undaneldis fyrir næstu kynslóð. Þetta er sú aðferð sem notuð er við kynbætur á laxi bæði hér á landi og í Noregi. Með fjölskylduvali er einnig hægt að kynbæta eiginleika sem aðeins verða metnir á dauðum einstaklingum; svo sem sláturþyngd, holdgæði og sjúkdómaþol.

Forsendur allra kynbóta eru:

1. Myndun á grunnstofni við upphaf kynbóta með vali á einstaklingum úr náttúrulegum stofnum til undaneldis og prófun afkvæma í eldi sem síðar mynda framtíðarklakstofn (úrvalshóp).
2. Hægt sé að stjórna þörun hænga/hrygna, frjóvgun hroгна, klaki og viðhalda klakstofni.

3. Að ætterni hvers einstaklings í kynbóta-kerfi sé þekkt.
4. Hægt sé að mæla eiginleika sem á að velja á hagkvæman hátt.
5. Að sá eiginleiki sem er valinn sé arfbundinn.
6. Að markaður sé fyrir kynbættan fisk.

Grunnstofn þorskakynbóta

Fyrsta skrefið í kynbótaáætlun er að safna erfðaeefni sem myndar grunnstofn (*base population*). Til dæmis þegar grunnstofn fyrir norskt laxeldi var byggður upp var villtum klakfiski safnað úr 40 mismunandi stofnum sem síðan myndaði úrvalshóp sem enn í dag er notaður í norsku laxeldi (Gjøen & Bentsen, 1997). Á Fillippseyjum var grunnstofn fyrir beitarfisk (tilapía) myndaður með því að blanda skipulega saman mörgum villtum stofnum. Þetta var gert til að tryggja mikinn erfðabreytileika sem er grundvöllur langtímakynbóta (Gjerde o. fl., 2002).

Þorskstofninn við Ísland er talinn sjálfstæður stofn en hins vegar má telja nær fullvíst að þorskur við Ísland sé samsettur úr mörgum undirstofnum. Rannsóknir hafa sýnt að marktækur erfðafraeðilegur munur er á milli hrygningarhópa þorsks við suðurströndina (Ólöf D.B. Jónsdóttir o.fl. 2001, 2002). Rannsóknir benda til þess að margir hrygningarstofnar eða undirstofnar séu við landið sem vaxi með misjöfnum hraða (Guðrún Marteinsdóttir & Gróa Pétursdóttir 1995; Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 2000; Begg & Guðrún Marteinsdóttir 2002). Hér er því um eiginleika að ræða sem er afar brýnt að skoða með uppbyggingu grunnstofns fyrir þorskeldi í huga.

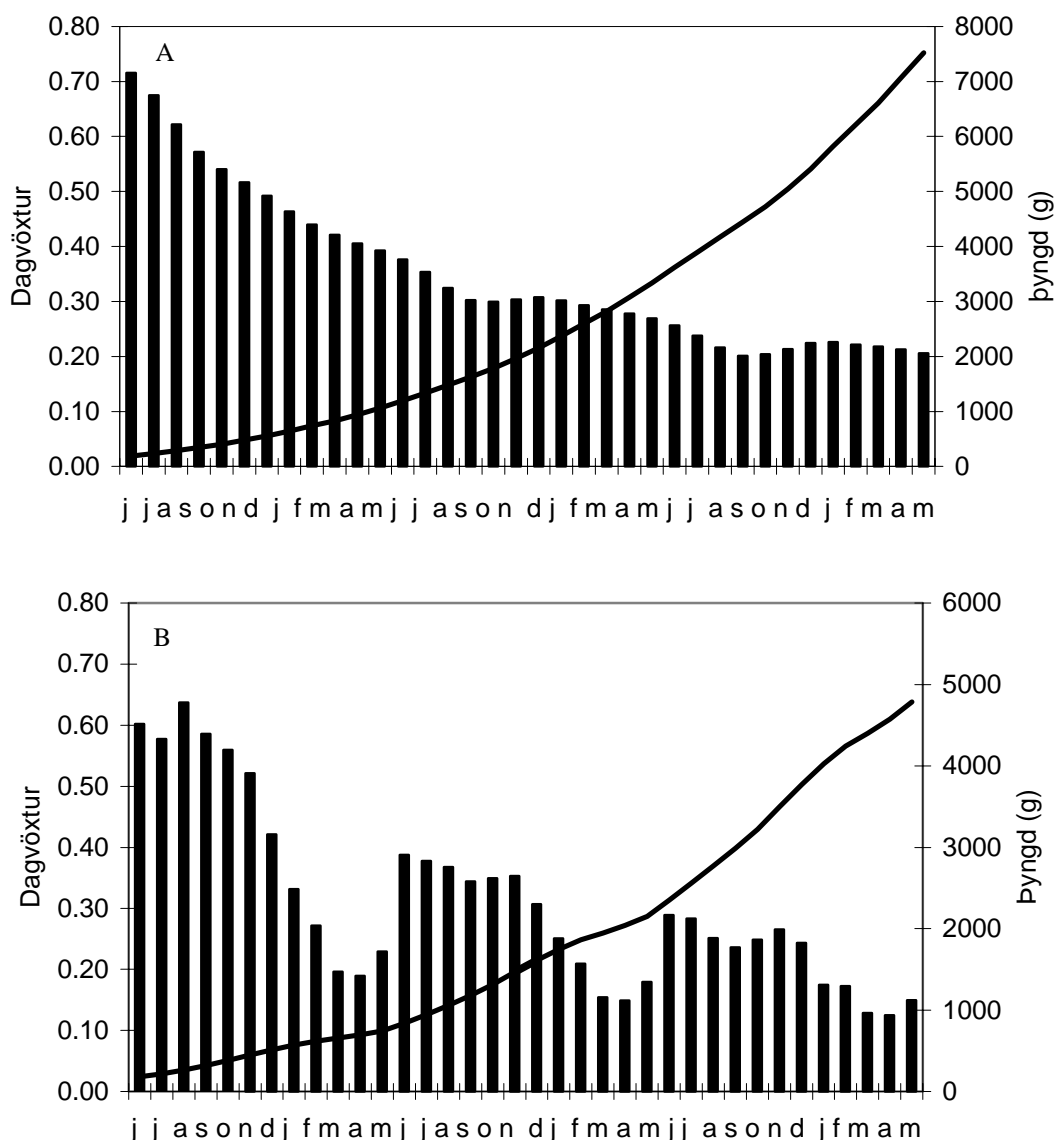
Við kynbætur í fiskeldi hafa engar athuganir eða útreikningar verið gerðir á því hvernig best sé að mynda grunnstofn úr þeim stofnum sem tiltækir eru. Hér er átt við það hversu marga einstaklinga á að taka úr hverjum tiltækum stofni, hvort og hvernig á að blanda þeim saman og hvernig á að velja einstaklinga úr fyrstu kynslóðum í grunnstofni (Gjerde o.fl. 2002). Allir þessir þættir skipta verulegu máli ef viðhalda á erfðabreytileika og lágmarka skyldleikaræktun sem er grundvallaratriði í öllu kynbótastarfi. Það geta verið efnahagsleg rök fyrir því að viðhalda nægilegum erfðabreytileika, þar sem kynbótamarkmið geta breyst og erfitt getur verið að sjá fyrir hvaða kröfur kaupendur gera eftir t.d. 10-20 ár. Kynbótastofn

verður því að hafa nægan erfðabreytileika svo mögulegt sé að bregðast við breyttum kröfum markaðarins.

Miklar tækniframfarir hafa átt sér stað á undanförunum árum við framkvæmd kynbóta fyrir fiskeldi. Þannig eru t.d. DNA-aðferðir álitlegur kostur í dag til ætternisgreininga í stað hefðbundinna merkinga og erfitt er að meta hversu mikil áhrif sameindaerfðafraeðinnar verða á hefðbundnar kynbætur í framtíðinni (Hill 2000). Búast má við frekari þróun DNA-aðferða við kynbætur í þorskeldi og að farið verði að tengja erfðamörk við svipfarsbreytileika. Þetta er vel þekkt aðferð sem nefnd hefur verið magnbundnir erfðavísar (*Quantitative Trait Locus* eða *QTL*). Við einangrun á magnbundnum erfðavísam er leitað að DNA-erfðamerki sem tengist svæði á erfðaeefninu sem hefur áhrif á svipfarsbreytileika t.d. í vexti. Sé erfðamerkið tengt erfðavísinum mun erfðamerkið og erfðavísirinn erfast saman samkvæmt lögmálum Mendels. Stundum má skýra u.þ.b. 15-20% af svipfarsbreytileika með einum magnbundnum erfðavísi en slíkt er þó oft ekki raunin því algengt er að einn erfðavísir skýri aðeins innan við 15% af svipfarsbreytileika (Lynch & Walsh 1997). Að finna magnbundinn erfðavísi er oft á tíðum ekki auðvelt og útheimtir mikla vinnu á rannsóknastofu. Má benda á fyrirtækið Íslenska erfðagreiningu í því sambandi, þar sem stór þáttur í rannsóknnum þessa fyrirtækis fer í að finna slíka erfðavísa í erfðamengi mannsins. Nytsemi magnbundinna erfðavísa í kynbótum er aðallega fólgin í því að flýta kynbótaframförum. Hins vegar munu hefðbundnar aðferðir við kynbætur hafa mest vægi enn um sinn. Finnist slíkur erfðavísir fyrir t.d. auknum vexti hjá þorski verður nægur svipfarsbreytileiki eftir til að vinna með í hefðbundnum kynbótum. Magnbundnir erfðavísar munu hins vegar nýtast vel til þess að búa til sérstaka framleiðslulínu fyrir þorskeldi. Með því að nota magnbundna erfðavísa í slíkri framleiðslu mætti búa til mjög einsleitan framleiðsluhóp með litlum svipfarsbreytileika, sem væri mjög hagkvæmt fyrir þorskeldi.

Kynbætur á þorski

Í dag eru miklar vonir bundnar við að þorskeldi geti orðið mikilvæg atvinnugrein hér á landi. Kynbætur fyrir þorskeldi eru nú formlega hafnar á vegum Icecod ehf með söfnun á efniviði til myndunar á grunnstofni. Almennt er



2. mynd. Vöxtur þorskeiða miðað við sjávarhita í Vestmannaeyjum (A) og í Æðey (B) (byggt á vaxtarlíkani Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar 2002).

Figure 2. The growth of cod given the sea-water temperature in Vestmannaeyjar (A) and Æðey (B) (based on a growth model by Björn Björnsson and Agnar Steinarsson 2002).

talið að kynbætur geti skipt sköpum fyrir framtíð þorskeldis á Íslandi og að þær séu forsenda þess að þorskeldi á Íslandi verði samkeppnisfært við eldi í öðrum löndum. Tilraunir með eldi á villtum þorski benda til þess að a.m.k. fyrst um sinn verði kynbótamarkmiðin fyrir þorskeldi að mörgu leyti þau sömu og í lax- og bleikjueldi þ.e. aukinn vöxtur, aukinn lífsþróttur (þ.e. betri lifun á öllum stigum lífsferilsins) og lágur aldur við kynþroska.

Vöxtur eldislaxa sem kynbættir hafa verið yfir margar kynslóðir er umtalsvert betri en hjá ókynbættum eldisþorskum. Það tæki eldislax um það bil 14-15 mánuði að vaxa úr 150 grömmum í 4 kg miðað við sjávarhita við Vestmannaeyjar en sama þyngdaraukning hjá eldisþorski tæki um 26 mánuði (2. mynd). Sé miðað við sjávarhita í Æðey, myndi eldislax vaxa úr 150 grömmum í 4 kg á 24 mánuðum en það tæki eldisþorsk um það bil 32 mánuði að ná sömu þyngd (2. mynd) (byggt á vaxtarlíkani

Björns Björnssonar og Agnars Steinarssonar 2002).

Eldisprófanir þar sem notaður var villtur þorskur benda eindregið til þess að ótímabær kynþroski verði verulegt vandamál í þorskeldi. Vel fóðruð þorskseiði verða að jafnaði kynþroska tveggja ára (1-2 kg) og algengt er að villtur þorskur í áframeldi verði kynþroska strax á fyrsta ári í eldi. Þorskur sem verður kynþroska hættir áti og tapar auk þess verulegu holdi vegna myndunar kynkirtla. Hrygnur tapa allt að 30% og hængar allt að 14% af upphaflegri líkamsþyngd (Fordham og Trippel 1999).

Við kynbætur á þorski þarf einnig að huga að fleiri eiginleikum, s.s. lifrarstærð, holdgæðum og lifun. Hægt er að kynbæta fyrir nokkrum eiginleikum samtímis. Kynbótaverkefni Stofnfisks hf. fyrir laxeldi kynbætir m.a. samtímis fyrir vaxtarhraða, kynþroska, holdlit, holdgæðum og lifun.

Kynbætur í þorskeldi eru þegar hafnar hér á landi. Vorið 2003 stofnuðu nokkrir aðilar (Stofnfiskur hf., Hafrannsóknastofnunin, Fiskeldi Eyjafjarðar hf., Fiskey ehf. og Þorskur á Þurru landi ehf) fyrirtækið IceCod ehf. Meginmarkmið félagsins er að byggja upp kynbótaverkefni fyrir þorskeldi og bæta gæði þorskseiða til eldis. Áhersla verður a.m.k. næstu fimm árin lögð á myndun grunnstofns fyrir kynbótaverkefnið þar sem villtur klakfiskur verður veiddur í kringum landið og afkvæmi hans prófuð í eldi. Þetta er grunnurinn að því að byggja kynbótastofn. Sú nýlunda var tekin upp í þessu verkefni að notast eingöngu við DNA-greiningar til að ættfæra einstaklinga og mun líftækniyrirtækið Prokaria ehf vinna alla erfðafræðivinnu sem tengist ættgreiningum fyrir Icecod ehf.

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Vorið 2003 var veiddur villtur hrygningarfiskur frá þremur veiðisvæðum í kringum Ísland. Að fengnu álitu sérfræðinga Hafrannsóknastofnunarinnar var veiddur fiskur á svæðum við suðurströndina og út af Norðurlandi. Söfnunin byggði á því að einn hængur var notaður til að frjóvga hrogn frá tveimur hrygnum og þannig myndaðir al- og hálf systkina hópar. Klakfiskurinn var lengdar- og þyngdarmældur, kvörnum safnað og lífsýni tekin til DNA-raðgreiningar. Hrognum frá hverri hrygnu var haldið aðskildum í litlum ílátum og þau flutt í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar

á Stað við Grindavík. Gert er ráð fyrir að söfnun klakfisks verði endurtekin árin 2004-2006. Reynslan mun skera úr um framkvæmd þeirra veiða. Fyrstu 3-4 árin verður lögð áhersla á eftirfarandi atriði við framkvæmd kynbótaverkefnis Icecod ehf. fyrir þorskeldi:

1. *Myndun á grunnstofni og mat á arfgengi mikilvægra eiginleika:* Veiddur verður villtur klakfiskur frá mismunandi hrygningarstöðvum í kringum Ísland og afkvæmi hans prófuð í eldi. Stefnt er að því að hrognasöfnunin verði árviss næstu þrjú árin og að því loknu mun stjórn Icecod ehf taka ákvörðun um framhaldið að höfðu samráði við hagsmunaaðila í þorskeldi. Verkefnið er styrkt af AVS-rannsóknarsjóði sjávarútvegsráðuneytisins.
2. *Þróun á DNA aðferðum til ættgreiningar á þorski vegna kynbótastarfsins:* Framkvæmd þessa verkefnis byggir á samstarfi IceCod, Stofnfisks og Prokaria en á síðasta ári skrifuðu Stofnfiskur og Prokaria undir samkomulag sem miðar að því að aðferðir Prokaria til ættgreininga á fiski verði notaðar í öllum kynbótaverkefnum Stofnfisks. Til að meta arfgengi þarf að ala mikinn fjölda einstaklinga og mæla eiginleika þeirra. Til að koma að notum við framkvæmd kynbótaverkefnisins verður skyldleiki fiskanna að vera þekktur. Hingað til hefur nær eingöngu verið notast við frostmerki, plastmerki eða rafeindamerki til að einstaklingsmerkja fiska í kynbótaverkefnum en nýlega hafa verið þróaðar aðferðir til að nota DNA-erfðamörk til að ættgreina fiska. Þá er tekið vefjasýni úr foreldrum og afkvæmum og erfðamörk þeirra einangruð. Með raðgreiningu er síðan hægt að segja til um ætterni hvers einstaks fisks. Þannig er hægt að búa til ættarskrá fyrir öll afkvæmi innan kynbótaverkefnisins.
3. *Bestun á samsetningu grunnstofns með hjálp hermílíkans:* Með tölfræðilíkönunum er reynt að meta bestu samsetningu grunnstofns. Þetta er gert með því að nota arfgengi mikilvægra eiginleika í fiskeldi almennt og kanna heppilega stærð grunnstofns með það að markmiði að hámarka framför í tveimur eða fleiri eiginleikum samtímis auk þess að halda skyldleikarækt

í lágmarki. Verkefnið er samvinnuverkefni Stofnfisks hf og Reiknifræðistofu Háskóla Íslands. Verkefnið er styrkt af RANNÍS.

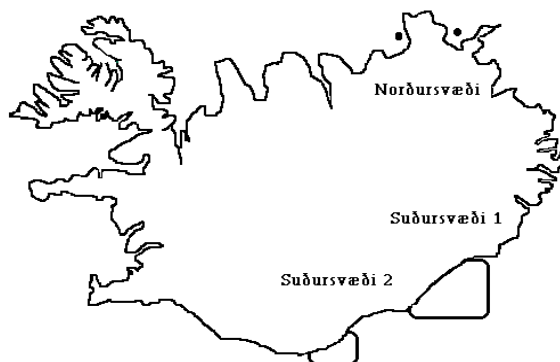
NIÐURSTÖÐUR

Hrognum var safnað á tímabilinu frá 10. apríl til 15 maí 2003 undan fiskum sem veiddir voru á svæðum undan Suðurlandi og úti fyrir N-Austurlandi. Hrognin voru flutt frjóvguð í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík. Skipta má söfnunarsvæðunum upp í þrjú megin svæði: 1) Suðursvæði 1, 2) Suðursvæði 2 og 3) Norðursvæði (3. mynd).

Suðursvæði 1: Safnað var hrognum úr villtum þorski við suðurströndina á svæðunum Hálsar, Hrollaugseyjar, Ingólfshöfði og Tvísker dagana 12.-15. apríl 2003. Alls var safnað hrognum úr 113 hrygnum og af þeim lifðu hrogn frá 72. Þessi söfnun tókst mjög vel og var meðalþyngd hrygningarþorsksins um 10,5 kg en hann var áberandi stærstur af öllum þeim hrygningarþorski sem safnað var.

Suðursvæði 2: Aftur var safnað hrognum úr villtum þorski úti fyrir suðurströndinni en aðeins vestar en Suðursvæði 1, aðallega undan Alviðruhömrum, Reynisdýpi og í Kantinum dagana 22.-25. apríl. Alls var safnað hrognum úr 132 hrygnum en í þessum hópi urðu mikil afföll og lifðu aðeins hrogn frá 53 hrygnum. Meðalþyngd hrygningarþorsks var 8,5 kg.

Norðursvæði: Safnað var hrognum frá tveimur stöðum við norðaustur ströndina, annars vegar við Kópasker og hins vegar á Þistilfirði. Alls var safnað hrognum frá 17 hrygnum á Þistilfirði 24. apríl 2003. Slæmt veður hamlaði veiði við Norðurland síðari hluta apríl 2003. Hrygningarþorskurinn í Þistilfirði var frekar smár (meðalþungi um 3,5 kg). Söfnun við



3. mynd. Söfnun klakfisks vorið 2003.

Figure 3. Collection of wild brood-fish in 2003.

Kópasker gekk vel. Þann 9.-16. maí 2003 var safnað hrognum frá 74 hrygnum og lifðu hrogn undan 40. Hrygningarþorskurinn við Kópasker var heldur smærri en við Suðurland (meðalþyngd um 5,6 kg).

Tafla 1. Samantekt hrogna söfnunar 10. apríl til 16. maí 2003.

Table 1. Summary of collection wild brood-fish during 10th of April to 16th of May 2003.

Söfnunar-Staðir	Kreistar-hrygnur	Hrogna-hópar	Kynbóta-hópar
Suðursvæði 1	113	72	70
Suðursvæði 2	132	53	30
Norðursvæði	91	71	57
Alls	336	196	157

Í töflu 1. er yfirlit yfir fjölda fjölskylduhópa úr hrogna söfnun vorið 2003. Þar sem sumar hrygnur gáfu lítið af hrognum verður að telja ólíklegt að einstaklingar úr þeim fjölskyldum nýtist til að meta erfðastuðla. Raunhæft er að áætla að einstaklingar úr 157 fjölskyldum frá öllum svæðunum geti nýst í kynbótastarfinu. Heildarfjöldi þorskseiða var 245.000 þúsund í byrjun nóvember 2003.

UMRÆÐUR

Með kynbótaverkefni Icecod ehf er búið að hleypa af stokkunum fyrsta kynbótakerfi fyrir þorskeldi á Íslandi. Að minnsta kosti 157 fjölskyldur eru nýtanlegar fyrir kynbótaverkefnið úr þessum fyrsta árgangi verkefnisins (þorskseiði framleidd 2003). Næstu skref verða að ala þau í strandstöðvum fram á vorið 2004 þaðan sem stærstur hluti þeirra verður fluttur í sjókvíar til áframeldis fram að sláturstærð (3-5 kg). Þó verður hluti seiðanna (2 x 5000 seiði) alinn áfram í tveimur eldisstöðvum þ.e. annars vegar í eldisstöð Stofnfisks í Höfnum á Reykjanesi og hins vegar í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík. Þessi seiði munu ala allan sinn aldur í strandstöð og eru vísir að fyrstu klakfiskunum á vegum kynbótaverkefnisins. Hið endalega val á einstaklingum til undaneldis fyrir næstu kynslóð ræðst af því hvernig systkini viðkomandi einstaklings hafa staðið sig í eldi á prófunarstöðvum við mismunandi umhverfisskilyrði. Prófunarstöðvar eru eldisstaðir fyrirtækja sem hafa gengið til samstarfs við IceCod ehf um uppbyggingu á eldisstofni fyrir þorskeldi. Það er mjög mikilvægt fyrir uppbyggingu kynbótaverkefnis-ins hversu myndarlega eldisfyrirtækin hafa þegar komið að

Þessu verkefni IceCod ehf m.a. með kaupum á seiðum en ekki síst með því að bjóða fram eldisaðstæður sem spanna mikla breidd í umhverfisaðstæðum sem er lykillinn að góðum árangri í verkefninu.

Fylgst verður með vexti og þrifum seiðanna í strandeldi og í kvíum árið 2004. Ekki er raunhæft að bera saman stofna fyrir en að þorskinum hefur verið slátrað og búið er að fá mat að mikilvæga eiginleika eins og vaxtargetu, kynþroskaaldur, lifun, holdgæði o.fl.. Lítið sem ekkert er enn vitað um arfgengi þessara eiginleika og því er ekki hægt að spá fyrir um framfarir kynbótanna fyrir en það liggur fyrir.

Á síðustu árum hafa verið þróuð hermilíkon sem spá fyrir og hámarka kynbótaframfarir miðað við gefnar forsendur um arfgengi og stærð klakstofns (Villanueva 1996, Meuvissen 1997, 1998, Grundy 2000). Slík hermilíkon hjálpa til við að ákveða m.a. hversu stór klakstofn á að vera til að ná sem mestri kynbótaframför með sem minnstum tilkostnaði. Við val á einstaklingum í grunnstofn þorskynbóta er stefnt að því að hanna hermilíkan til að ákvarða samsetningu grunnstofns til framhaldskynbóta í þorskeldi. Í þessari rannsókn verða hermilíkon notuð til að veða og meta stærð grunnstofns (fjöldi hrygna og hænga ár hvert) með það að markmiði að hámarka kynbótaframför með sem lægstum tilkostnaði (*cost/benefit*). Til að byrja með verða notaðir þekktir erfðastuðlar úr m.a. laxakynbótum Stofnfisks fyrir einn eða fleiri eiginleika (t.d. vaxtarhraða, kynþroskaaldur o.fl.). Auk þess verður tekið tillit til þróunar skyldleikaræktar.

LOKAORÐ

Raunhæft er að ætla að kynbætur eigi eftir að bæta arðsemi þorskeldis. Miðað við reynslu úr öðrum tegundum svo sem laxeldi hafa kynbætur skilað verulegum árangri til aukinnar framleiðslu og lækkunar framleiðslukostnaðar. Hér er búið að stíga fyrsta skrefið í kynbótum á þorski. Byrjað er að safna í grunnstofn og tilraunaeldi á þorskseiðum er hafíð. Niðurstöður þessa verkefnis munu ekki aðeins skila mikilvægum upplýsingum um hagkvæmni kynbóta fyrir þorskeldi heldur er hér um að ræða fyrstu upplýsingarnar sem gera okkur kleift að leggja eitthvert mat á samkeppnisstöðu þorskeldis hér við land.

ÞAKKARORÐ

Sérstakar þakkir til áhafnanna á Óla á Stað GK-4, Geir ÞH-150, Þorleifi EA-88 og þeirra fjölmörgu aðila á Kópaskeri sem aðstoðuðu við hrognasöfnunina vorið 2003. Starfsfólki í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík þökkum við ánægjulegt samstarf.

HEIMILDIR

- Begg, G.A. & Guðrún Marteinsdóttir 2002. Spatial partitioning of relative fishing mortality and spawning stock biomass of Icelandic cod. *Fisheries Research* 59: 343-362.
- Bentsen, H.B., Eknath, A.E., Palada-de Vera, M.S., Danting, J.C., Bolivar, H.L., Reyes, R.A., Dionisio, E. E., Longalong, F.M., Circa, A.V., Tayamen, M.M. & Gjerde, B. 1997. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 160: 145-173.
- Björn Björnsson & Agnar Steinarrson 2002. The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59: 494-502.
- Fordham, S.E. & Trippel, E.A. 1999. Feeding behaviour of cod (*Gadus morhua*) in relation to spawning. *Journal of Applied Ichthyology* 15: 1-9.
- Gjedrem, T. 1997. Selective breeding to improve aquaculture production. *World Aquaculture* 28: 33-45.
- Gjerde, B., Villanueva, B. & Bentsen, H.B. 2002. Opportunities and challenges in designing sustainable fish breeding programs. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 10-23, 2002, Montpellier, France.
- Gjøen, H.M. 1996. *Studies on estimation of genetic parameters and design of optimal breeding schemes for survival traits in Atlantic salmon*. Doktorsritgerð frá Háskólanum í Ási, Noregi.
- Gjøen, H.M. & Bentsen, H.B. 1997. Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1009-1014.
- Gjøen, H.M. & Gjerde, B. 1997 Selection differentials for Atlantic salmon. Year classes 1980-1992 (Seleksjonsdifferanser for laks. Årsklasse 1980-1992). Report No. 31/97 AKVAFORSK 53 bls.
- Grundy, B., Villanueva, B. & Woolliams, J.A. 2000. Dynamic selection for maximizing response with constrained inbreeding in schemes with over-lapping generations. *Animal Science* 70: 373-382.
- Guðrún Marteinsdóttir & Gróa Pétursdóttir 1995. Spatial and temporal variation in reproduction of Icelandic cod at Selvogsbanki and nearby coastal areas. *ICES. CM 1995/G:15*.

- Guðrún Marteinsdóttir, Ásta Guðmundsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson & Gunnar Stefánsson 2000. Spatial variation in abundance, size composition and viable egg production of spawning cod (*Gadus morhua* L.) in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 57: 824-83
- Hill, W.G. 2000. Maintenance of quantitative genetic variation in animal breeding programmes. *Livestock Production Science* 63: 99-109.
- Lynch, M. & Walsh, B. 1997. *Genetics and analysis of quantitative traits*. Sinauer Associates Inc., 980 bls.
- Meuwissen, T.H.E. 1997. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding. *Journal of Animal Science* 75: 934-940.
- Meuwissen, T.H.E. & Sonesson, A.K. 1998. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding: overlapping generations. *Journal of Animal Science* 76: 2575-2583.
- Ólöf D.B. Jónsdóttir, Anna K. Daníelsdóttir & Nævdal, Gunnar 2001. Genetic differentiation among Atlantic cod (*Gadus morhua*) in Icelandic waters: temporal stability. *ICES Journal of Marine Science* 58: 114-122.
- Ólöf D.B. Jónsdóttir, Albert K. Imsland, Anna K. Daníelsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir & Nævdal, Gunnar 2002. Genetic heterogeneity and growth properties of different genotypes of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Fisheries Research* 55: 37-47.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Einar Hreinsson, Gísli Jónsson, Hjalti Karlsson, Jón Árnason, Jón Þórðarson & Óttar Már Ingvason 2002. *Veiðar og áframeldi á þorski*. Reykjavík. ISBN 9979-60-787-4, sjá einnig www.thorskeldi.is
- Villanueva, B., Woolliams, J.A. & Gjerde, B. (1996). Optimum design for breeding programmes under mass selection with an application in fish breeding. *Animal Science* 63: 563-576.
-

Hafrannsóknastofnun. Fjölrit

Marine Research Institute. Reports

Pessi listi er einnig á Netinu *(This list is also on the Internet)*

<http://www.hafro.is/Bokasafn/Timarit/fjoler.htm>

1. **Kjartan Thors, Þórdís Ólafsdóttir:** Skýrsla um leit að byggingarefnum í sjó við Austfirði sumarið 1975. Reykjavík 1975. 62 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
2. **Kjartan Thors:** Skýrsla um rannsóknir hafsbotnsins í sunnanverðum Faxaflóa sumarið 1975. Reykjavík 1977. 24 s.
3. **Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson:** Áhrif skolpmengunar á fjörupörunga í nágrenni Reykjavíkur. Reykjavík 1977. 19 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
4. **Einar Jónsson:** Meingunarrannsóknir í Skerjafirði. Áhrif frárennslis á botndýralíf. Reykjavík 1976. 26 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
5. **Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson:** Stórþari á Breiðafirði. Reykjavík 1979. 53 s.
6. **Karl Gunnarsson:** Rannsóknir á hrossapara (*Laminaria digitata*) á Breiðafirði. 1. Hrossapari við Fagurey. Reykjavík 1980. 17 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
7. **Einar Jónsson:** Líffræðiathuganir á beitusmökk haustið 1979. Áfangaskýrsla. Reykjavík 1980. 22 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
8. **Kjartan Thors:** Botngerð á nokkrum hrygningarstöðvum síldarinnar. Reykjavík 1981. 25 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
9. **Stefán S. Kristmannsson:** Hitastig, selta og vatns- og seltubúskapur í Hvalfirði 1947-1978. Reykjavík 1983. 27 s.
10. **Jón Ólafsson:** Þungmálmur í kræklingi við Suðvestur-land. Reykjavík 1983. 50 s.
11. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1987. Aflahorfur 1988. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1987. Fishing Prospects 1988.* Reykjavík 1987. 68 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
12. Haf- og fiskirannsóknir 1988-1992. Reykjavík 1988. 17 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
13. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum. Reykjavík 1988. 76 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
14. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1988. Aflahorfur 1989. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1988. Fishing Prospects 1989.* Reykjavík 1988. 126 s.
15. Ástand humar- og rækjustofna 1988. Aflahorfur 1989. Reykjavík 1988. 16 s.
16. **Kjartan Thors, Jóhann Helgason:** Jarðlög við Vestmannaeyjar. Áfangaskýrsla um jarðlagagreiningu og könnun neðansjávareldvarpa með endurvarpsmælingum. Reykjavík 1988. 41 s.
17. **Stefán S. Kristmannsson:** Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1987-1988. Reykjavík 1989. 102 s.
18. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project. CTD Data Report. Joint Danish-Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1987.* Reykjavík 1989. 181 s.
19. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1989. Aflahorfur 1990. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1989. Fishing Prospects 1990.* Reykjavík 1989. 128 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
20. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1989. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1989. 54 s.
21. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1990. Aflahorfur 1991. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1990. Fishing prospects 1991.* Reykjavík 1990. 145 s.
22. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1990. Reykjavík 1990. 53 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
23. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1988.* Reykjavík 1991. 84 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
24. **Stefán S. Kristmannsson:** Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1989-1990. Reykjavík 1991. 105 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
25. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1991. Aflahorfur fiskveiðiárið 1991/92. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1991. Prospects for the Quota Year 1991/92.* Reykjavík 1991. 153 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
26. **Páll Reynisson, Hjálmar Vilhjálmsson:** Mælingar á stærð loðnustofnsins 1978-1991. Aðferðir og niðurstöður. Reykjavík 1991. 108 s.
27. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1989.* Reykjavík 1991. 93 s.
28. **Gunnar Stefánsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1991. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1991. 60 s.
29. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1992. Aflahorfur fiskveiðiárið 1992/93. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1992. Prospects for the Quota Year 1992/93.* Reykjavík 1992. 147 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).

30. **Van Aken, Hendrik, Jóhannes Briem, Erik Buch, Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Sven Ober:** *Western Iceland Sea. GSP Moored Current Meter Data Greenland - Jan Mayen and Denmark Strait September 1988 - September 1989.* Reykjavík 1992. 177 s.
31. **Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1992. Reykjavík 1993. 71 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
32. **Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson, Ólafur V. Einarsson:** Útbreiðsla grálúðu við Vestur- og Norðvestur-land 1992. Reykjavík 1993. 42 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
33. **Ingvar Hallgrímsson:** Rækjuleit á djúpslóð við Ísland. Reykjavík 1993. 63 s.
34. Nyttjastofnar sjávar 1992/93. Aflahorfur fiskveiðiárið 1993/94. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1992/93. Prospects for the Quota Year 1993/94.* Reykjavík 1993. 140 s.
35. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1993. Reykjavík 1994. 89 s.
36. **Jónbjörn Pálsson, Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson:** Könnun á útbreiðslu grálúðu fyrir Austfjörðum 1993. Reykjavík 1994. 37 s.
37. Nyttjastofnar sjávar 1993/94. Aflahorfur fiskveiðiárið 1994/95. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1993/94. Prospects for the Quota Year 1994/95.* Reykjavík 1994. 150 s.
38. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1990.* Reykjavík 1994. 99 s.
39. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1991.* Reykjavík 1994. 94 s.
40. Þættir úr vistfræði sjávar 1994. Reykjavík 1994. 50 s.
41. **John Mortensen, Jóhannes Briem, Erik Buch, Svend-Aage Malmberg:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - Moored Current Meter Data Greenland - Jan Mayen, Denmark Strait and Kolbeinsey Ridge September 1990 to September 1991.* Reykjavík 1995. 73 s.
42. **Einar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1994. - Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1995. 107 s.
43. Nyttjastofnar sjávar 1994/95. Aflahorfur fiskveiðiárið 1995/96. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1994/95 - Prospects for the Quota Year 1995/96.* Reykjavík 1995. 163 s.
44. Þættir úr vistfræði sjávar 1995. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1995.* Reykjavík 1995. 34 s.
45. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1995. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1995. Survey Report.* Reykjavík 1996. 46 s.
46. Nyttjastofnar sjávar 1995/96. Aflahorfur fiskveiðiárið 1996/97. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1995/96. Prospects for the Quota Year 1996/97.* Reykjavík 1996. 175 s.
47. **Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésón, Jónbjörn Pálsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumaríð 1995 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summer 1995 - Survey Report.* Reykjavík 1996. 38 s.
48. **Steingrímur Jónsson:** *Ecology of Eyjafjörður Project. Physical Parameters Measured in Eyjafjörður in the Period April 1992 - August 1993.* Reykjavík 1996. 144 s.
49. **Guðni Þorsteinsson:** Tilraunir með þorskgildur við Ísland. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1996. 28 s.
50. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig Ólafsdóttir, Þórarinn Arnarson:** Næringarefni í sjó undan Ánanaustum í nóvember 1995. Unnið fyrir Gatnamálastjórnann í Reykjavík. Reykjavík 1996. 50 s.
51. **Þórunn Þórðardóttir, Agnes Eydal:** *Phytoplankton at the Ocean Quahog Harvesting Areas Off the Southwest Coast of Iceland 1994.* Svifþörungur á kúfiskmiðum út af norðvesturströnd Íslands 1994. Reykjavík 1996. 28 s.
52. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1996. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1996. Survey Report.* Reykjavík 1997. 46 s.
53. Þættir úr vistfræði sjávar 1996. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1996.* Reykjavík 1997. 29 s.
54. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir, Guðni Þorsteinsson og Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1996. *Gill-net Survey to Establish Indices of Abundance for the Spawning Stock of Icelandic Cod in 1996.* Reykjavík 1997. 22 s.
55. Hafrannsóknastofnunin: Rannsókn- og starfsáætlun árin 1997-2001. Reykjavík 1997. 59 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
56. Nyttjastofnar sjávar 1996/97. Aflahorfur fiskveiðiárið 1997/98. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1996/97. Prospects for the Quota Year 1997/98.* Reykjavík 1997. 167 s.
57. Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. Reykjavík 1997. 410 s.
58. **Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson (editors):** *BORMICON. A Boreal Migration and Consumption Model.* Reykjavík 1997. 223 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
59. **Haldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson:** *BORMICON. User's Manual.* Reykjavík 1997. 61 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
60. **Haldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson:** *BORMICON. Programmer's Manual.* Reykjavík 1997. 215 s. (Ófáanlegt - *Out of print*).
61. **Þorsteinn Sigurðsson, Einar Hjörleifsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur Karvel Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum haustið 1996. Reykjavík 1997. 34 s.
62. **Guðrún Helgadóttir:** *Paleoclimate (0 to >14 ka) of W and NW Iceland: An Iceland/USA Contribution to P.A.L.E. Cruise Report B9-97, R/V Bjarni Sæmundsson RE 30, 17th-30th July 1997.* Reykjavík 1997. 29 s.
63. **Haldóra Skarphéðinsdóttir, Karl Gunnarsson:** Lífriki sjávar í Breiðafirði: Yfirlit rannsókna. *A review of literature on marine biology in Breiðafjörður.* Reykjavík 1997. 57 s.
64. **Valdimar Ingi Gunnarsson og Anette Jarl Jörgensen:** Þorskrannsóknir við Ísland með tilliti til hafbeitar. Reykjavík 1998. 55 s.
65. **Jakob Magnússon, Vilhelmina Vilhelmsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpslóð á Reykjaneshrýgg: Könnunarleiðangrar 1993 og 1997. *Deep Water Area of the Reykjanes Ridge: Research Surveys in 1993 and 1997.* Reykjavík 1998. 50 s.
66. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1997. *Gill-net Survey of Spawning Cod in Icelandic Waters in 1997. Survey Report.* Reykjavík 1998. 19 s.

67. Nýttjastofnar sjávar 1997/98. Aflahorfur fiskveiðiárið 1998/99. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1997/98. Prospects for the Quota year 1998/99.* Reykjavík 1998. 168 s.
68. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson:** Ýsurannsóknir á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1989-1995. Reykjavík 1998. 75 s.
69. **Jónbjörn Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Hjörleifsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésson, Kristján Kristinnsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumrin 1996 og 1997 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summers 1996 and 1997 - Survey Report.* Reykjavík 1998. 38 s.
70. **Kristinn Guðmundsson, Agnes Eydal:** Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana. *Phytoplankton, a Potential Risk for Shellfish Poisoning. Species Identification and Environmental Conditions.* Reykjavík 1998. 33 s.
71. **Ásta Guðmundsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1998. *Gill-net survey of spawning cod in Icelandic waters in 1998.* Reykjavík 1998. 19 s.
72. Nýttjastofnar sjávar 1998/1999. Aflahorfur fiskveiðiárið 1999/2000. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1998/1999. Prospects for the Quota year 1999/2000.* Reykjavík 1999. 172 s. (Ófánlegt - *Out of print.*)
73. Þættir úr vistfræði sjávar 1997 og 1998. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1997 and 1998.* Reykjavík 1999. 48 s.
74. **Matthías Oddgeirsson, Agnar Steinarsson og Björn Björnsson:** Mat á árðsemi sandhverfudis á Íslandi. Grindavík 2000. 21 s.
75. Nýttjastofnar sjávar 1999/2000. Aflahorfur fiskveiðiárið 2000/2001. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1999/2000. Prospects for the Quota year 2000/2001.* Reykjavík 2000. 176 s.
76. **Jakob Magnússon, Júttá V. Magnússon, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpfiskarannsóknir. Framlag Íslands til rannsóknaverkefnisins EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999. *Deep-Sea Fishes. Icelandic Contributions to the Deep Water Research Project. EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999.* Reykjavík 2000. 164 s. (Ófánlegt - *Out of print.*)
77. Þættir úr vistfræði sjávar 1999. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1999.* Reykjavík 2000. 31 s.
78. *dst² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2000.* Reykjavík 2001. 341 s. (Ófánlegt. - *Out of print.*)
79. *Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries.* Co-ordinator: Vilhjálmur Þorsteinsson. Reykjavík 2001. 179 s.
80. Nýttjastofnar sjávar 2000/2001. Aflahorfur fiskveiðiárið 2001/2002. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2000/2001. Prospects for the Quota year 2001/2002.* Reykjavík 2001. 186 s.
81. **Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir:** Ástand sjávar á losunarsvæði skolps undan Ánanaustum í febrúar 2000. Reykjavík 2001. 49 s.
82. **Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjór og sjávarnýtjar í Héraðsflóa. Reykjavík 2001. 20 s.
83. Þættir úr vistfræði sjávar 2000. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2000.* Reykjavík 2001. 37 s.
84. **Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjávarnýtjar í Hvalfirði. Reykjavík 2001. 14 s.
85. Rannsóknir á straumum, umhverfisþáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október 2000. *Current measurements, environmental factors and biology of Reyðarfjörður in the period late July to the beginning of October 2000.* Hafsteinn Guðfinnsson (verkefnisstjóri). Reykjavík 2001. 135 s.
86. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig R. Ólafsdóttir, Jóhannes Briem:** Ferskvatnsáhrif í sjó við Norðausturland að vorlagi. Reykjavík 2002. 42 s.
87. *dst² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2001* Reykjavík 2002. 300 s.
88. Nýttjastofnar sjávar 2001/2002. Aflahorfur fiskveiðiárið 2002/2003. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2001/2002. Prospects for the Quota year 2002/2003.* Reykjavík 2002. 198 s.
89. **Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveig Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Öivind Kaasa:** *Ecology of Eyjafjörður project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992-August 1993.* Reykjavík 2002. 129 s.
90. **Ólafur K. Pálsson, Guðmundur Karlsson, Ari Arason, Gísli R. Gíslason, Guðmundur Jóhannesson, Sigurjón Aðalsteinnsson:** Mælingar á brottkasti þorsks og ýsu árið 2001. Reykjavík 2002. 17 s.
91. **Jenný Brynjarsdóttir:** *Statistical Analysis of Cod Catch Data from Icelandic Groundfish Surveys. M.Sc. Thesis.* Reykjavík 2002. xvi, 81 s.
92. Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Ritstjóri: Karl Gunnarsson. Reykjavík 2003. 81 s.
93. **Guðrún Marteinsdóttir** (o.fl.): *METACOD: The role of sub-stock structure in the maintenance of cod metapopulations.* METACOD: Stofingerð þorsks, hlutverk undirstofna í viðkomu þorskstofna við Ísland og Skotland. Reykjavík 2003. vii, 110 s.
94. **Ólafur K. Pálsson, Guðmundur Karlsson, Ari Arason, Gísli R. Gíslason, Guðmundur Jóhannesson og Sigurjón Aðalsteinnsson:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2002. Reykjavík 2003. 29 s.
95. **Kristján Kristinnsson:** Lúðan (*Hippoglossus hippoglossus*) við Ísland og hugmyndir um aðgerðir til verndunar hennar. Reykjavík 2003. 33 s.
96. Þættir úr vistfræði sjávar 2001 og 2002. *Environmental conditions in Icelandic water 2001 and 2002.* Reykjavík 2003. 37 s.
97. Nýttjastofnar sjávar 2002/2003. Aflahorfur fiskveiðiárið 2003/2004. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2002/2003. Prospects for the Quota year 2003/2004.* Reykjavík 2003. 186 s.
98. *dst² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2002.* Reykjavík 2003. 346 s.
99. **Agnes Eydal:** Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörungna í Hvalfirði. Reykjavík 2003. 44 s.
100. **Valdimar Ingi Gunnarsson** (o.fl.): Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir fõngun og áframeldi þorsks á árinu 2002. Reykjavík 2004. 26 s.

101. Þættir úr vistfræði sjávar 2003. *Environmental conditions in Icelandic waters 2003*. Reykjavík 2004. 43 s.
 102. Nýtjastofnar sjávar 2003/2004. Aflahorfur fiskveiðiárið 2004/2005. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2003/2004. Prospects for the Quota Year 2004/2005*. Reykjavík 2004. 175 s.
 103. **Ólafur K. Pálsson** o.fl.: Mælingar á brottkasti 2003 og Meðafli í kolmunnaveiðum 2003. Reykjavík 2004. 37 s.
 104. **Ásta Guðmundsdóttir, Þorsteinn Sigurðsson**: Veiðar og útbreiðsla íslensku sumargotssíldarinnar að haust- og vetrarlagi 1978-2003. Reykjavík 2004. 42 s.
 105. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson**: Ýsa á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1994-1998. Reykjavík 2004. 44 s.
 106. **Kristinn Guðmundsson, Þórunn Þórðardóttir, Gunnar Pétursson**: Computation of daily primary production in Icelandic waters; a comparison of two different approaches. Reykjavík 2004. 23 s.
 107. **Kristinn Guðmundsson og Kristín J. Valsdóttir**: Frumframleiðnimælingar á Hafrannsóknastofnuninni árin 1958-1999: Umfang, aðferðir og úrvinnsla. Reykjavík 2004. 56 s.
 108. **John Mortensen**: *Satellite altimetry and circulation in the Denmark Strait and adjacent seas*. Reykjavík 2004. 84 s.
 109. **Svend-Aage Malmberg**: *The Iceland Basin. Topography and oceanographic features*. Reykjavík 2004. 40 pp.
 110. **Sigmar Arnar Steingrímsson, Sólmundur Tr. Einarsson**: Kóralsvæði á Íslandsmiðum: Mat á ástandi og tillaga um aðgerðir til verndar þeim. Reykjavík 2004. 39 s.
 111. **Björn Björnsson, Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.)**: Þorskeldi á Íslandi. Reykjavík 2004. 182 s.
-

