



Kaflí 2. Þorskseiðaeldi

Valdimar Ingi Gunnarsson, Fiskeldishópur AVS og Agnar Steinarsson, Hafrannsóknastofnunin

Efnisyfirlit

2.1 Inngangur.....	9
2.1.1 Afmörkun verkefnis og markmið.....	9
2.1.2 Seiðaframleiðsla í hnotskurn.....	10
2.1.3 Rannsókn- og þróunarstarf.....	10
2.2 Klakfiskur og hrogn.....	11
2.2.1 Umhverfisaðstæður og hrygning.....	11
2.2.2 Hrognasöfnun.....	12
2.2.3 Hrognahald.....	12
2.3 Lirfueldi.....	13
2.3.1 Umhverfisaðstæður og frumfóðrun.....	13
2.3.3 Frumfóðrun með fæðudýrum.....	14
2.3.4 Þurrfóðurgjöf.....	14
2.4 Líffræði lirfueldis.....	15
2.4.1 Örveruflóra og forvarnir.....	15
2.4.2 Afföll.....	16
2.4.3 Vöxtur.....	17
2.5 Ungseiðaeldi.....	17
2.5.1 Framkvæmd og framleiðni.....	17
2.5.2 Seiðagæði.....	18
2.6 Seiðaframleiðsla.....	19
2.6.1 Noregur.....	19
2.6.2 Ísland.....	19
2.6.3 Önnur lönd.....	20
2.7 SVÓT-greining.....	21
2.8 Heimildir.....	21

2.1 Inngangur

2.1.1 Afmörkun verkefnis og markmið

Við framleiðslu þorskseiða hafa verið notaðar þrjár aðferðir en þær eru (van der Meeren o.fl. 2005):

Strjáleldi: Framleiðsla þorskseiða í sjávarlónum við lítinn þéttleika, þar sem lirfurnar nærast á náttúrulegu dýrasvifi sem framleitt er í lóninu.

Hálf-stríðeldi: Framleiðsla þorskseiða í lokuðum kvíum eða í körum á landi. Lirfurnar eru aldar á náttúrulegu dýrasvifi og þegar skortur er á því er einnig fóðrað með ræktuðum fæðudýrum.

Stríðeldi: Framleiðsla þorskseiða í körum innandyrna við mikinn þéttleika og stýrðar aðstæður. Þorsklirfur eru fóðraðar með ræktuðum fæðudýrum.

Í byrjun tíunda áratugarins hófst verkefnið „Rannsóknir á klaki þorsks og hafbeitartilraunir“. Markmið með því verkefni var að vinna við undirbúning rannsókna og starfsáætlun um hafbeit á þorski og jafnframt undirbúning rannsókna og tilrauna á klaki þorsks í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar á Stað, Grindavík (viðauki 1). Gefin var út skýrslan „Þorskrannsóknir við Ísland með tilliti til hafbeitar“ (Valdimar Ingi Gunnarsson og Jørgensen 1998). Á Íslandi hafa þorskseiði eingöngu verið framleidd í stríðeldi og hefur Agnar Steinarsson (2004) gert ítarlega samantekt um framleiðslu þorskseiða í stríðeldi. Þar er jafnframt að finna mun nákvæmari lýsingu á eldisferlinu og framleiðslu fæðudýra en er að finna í þessari samantekt. Einnig er bent á bækur og greinar um þorskseiðaeldi á ensku (Moksness o.fl. 2004; Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007). Þessi samantekt miðast eingöngu við stríðeldi og lögð er áhersla á að fjalla um niðurstöður



Mynd 2.1. Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar á Stað, Grindavík þar sem öll aleldisseiði hafa verið framleidd hér á landi (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).



Tafla 2.1. Yfirlit yfir íslensk rannsókn- og þróunarverkefni innan þorskseiðaeldis (viðauki 1).

Tíma-bil	Heiti á verkefni	Styrktaraðilar
1992-1995	Þorsklak og hrygn-ingarrannsóknir	Rannsóknamiðstöð Íslands
1995-	Eldi þorskseiða	
1995-1997	Vaxtarhraði og lífs-líkur þorsklirfa	
1997-2002	Sjálfrán þorskseiða	
1997-1998	Fjöldaframleiðsla þorskseiða	Rannsóknamiðstöð Íslands
2003-2006	Kortlagning eldi-seigin-leika íslenska þorsksins og mat á kjöraðstæðum til lifru- og seiðaeldis	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi
2003-2007	Kynbætur í þorskeldi og framleiðsla þorskseiða	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi
2004-2007	Forvarnir í fiskeldi	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi
2004-2005	Frumfóðrun þorsk og lúðulirfa	Norræna Atlandshafs-nefndin (Nora)
2005-2006	Framleiðsla þorsk-seiða	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi
2005-2007	Rannsóknasamstarf innan þorskeldis (North Cod)	EU regional Northern Periphery Programme og Nora.
2006-2009	Kynbætur á þorski og seiðaeldi	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi

rannsókn- og þróunarstarfs (R&Ð) á síðustu árum. Markmiðið er að:

- Gefa yfirlit yfir stöðu þekkingar á eldi klakfisks og þorskseiðaf framleiðslu.
- Gera grein fyrir R&Ð verkefnum sem stunduð hafa verið á Íslandi.

- Meta styrkleika, veikleika, ógnanir og tækifæri við framleiðslu þorskseiða á Íslandi í samanburði við Noreg.

2.1.2 Seiðaf framleiðsla í hnotskurn

Við framleiðslu þorskseiða 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 kviðpokalirfu til 45 mm seiðis tekur gjarnan 2-3 mánuði (Agnar Steinarsson 2004).

Á mynd 2.2 er gefið yfirlit yfir umhverfisþætti og framkvæmd frumfóðrunar þorsklirfa/seiða eins og gerist í flestum seiðaeldisstöðvum í Noregi (Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007). Hjóldýr eru eina fæða lirlfanna fyrstu 15-20 dagana frá klaki. Þurrfóðri er síðan smám saman bætt á matseðilinn og þar til þau lifa eingöngu á þurrfóðri. Eftir 60 daga frá klaki hafa seiðin náð um 25 mm lengd og 0,2 g þyngd og algeng lifun er 20-30%.

2.1.3 Rannsókn- og þróunarstarf

Allt frá því að þorskseiðaeldi hófst hjá Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar á Stað við Grindavík árið 1992 hefur verið stundað samfellt R&Ð starf. Framan af var þróunarstarfið nær eingöngu fjármagnað af Hafrannsóknastofnun en nú á síðustu árum hefur AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi styrkt R&Ð starf innan seiðaeldis. Vel á annan tug skráðra R&Ð verkefna hafa verið unnin í stöðinni frá árinu 1992 (tafla 2.1 og 2.2). Umfangsmestu verkefnin tengjast þróun á framleiðsluaðferðum til fjöldaframleiðslu þorskseiða.

Aldur (dagar frá klaki)	4	10	20	25	30	40	50	60	70
Lengd (mm)	4,5	5	7	8	9	12	18	25	35
Þroskaferill									
Sjávarhiti	8-12 C								
Lýsing	400-1000 lux								
Ljóslosta	24 tíma ljós								
Eldisker	5.000-9.000 lítra								
Sjóskipti í kari	10-70% á klst								
Svifþörungur	Já / nei								
Fæða									

Mynd 2.2. Frumfóðrun þorskseiða og umhverfisþættir eins og gerist í flestum norskum seiðaeldisstöðvum (Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007).



Nú er starfrækt eitt erlent samstarfsverkefni innan seiðaeldis sem Íslendingar eru þátttakendur í, en það er verkefnið „North Cod“ (www.northcod.net). Fyrir Íslands hönd er IceCod ehf. þátttakandi og samstarfsaðilar eru frá Skotlandi, Noregi og Rússlandi. Hér er um að ræða þriggja ára verkefni en markmið þess er að stuðla að samhæfingu og framförum í framleiðslu þorskseiða í samstarfslöndunum, í þeim tilgangi að styðja við uppbyggingu þorskeldis á norrænum svæðum. Helstu viðfangsefnin tengjast hrognagæðum, seiðagæðum og kynþroskastjórnun en einnig er stefnt að stöðlun framleiðsluaðferða og útgáfu handbókar um seiðaframleiðslu (viðauki 1).

2.2 Klakfiskur og hrogn

2.2.1 Umhverfisaðstæður og hrygning

Í eldistilraunum þar sem bornir hafa verið saman þorskstofnar við staðlaðar aðstæður hefur komið fram munur í ýmsum eiginleikum. Bent er á að það geti þurft að aðlaga eldið að hverjum stofni fyrir sig (Brown o.fl. 2003).

Ljósastýring

Náttúruleg hrygning hjá þorski á sér stað á vorin. Í Faxaflóa og sunnan Reykjaness er hámark hrygningar í apríl en seinkar síðan eftir því sem norðar og austar kemur í kaldari sjó (Einar Jónsson 1982; Guðrún Marteinsdóttir 2006). Eftir að þorskurinn hefur náð hæfilegri stærð stjórnast tímasetning kynþroska aðallega af daglengdinni (Norberg o.fl. 2004; Skjæraasen o.fl. 2004). Ef klakfiskurinn er alinn innan-dýra, er nauðsynlegt að hafa glugga í eldissalnum 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 (Hansen o.fl. 2001). Í kanadískri rannsókn kom fram að ljósastýring á klakfiski hefur ekki neikvæð áhrif á frjóvgunarhlutfall eða hrognagæði, en það dró úr stærð hroгна og fjölda (Penney o.fl. 2006). Í Noregi hafa aftur á móti komið fram misjöfn hrognagæði hjá hrygnum sem hrygna á óhefðbundnum tíma með ljósastýringu (Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007).

Flestar seiðaeldisstöðvar ljósastýra klakfiskinum og hafa nokkra hópa í frumfóðrun á ári hverju (Barr o.fl. 2006). Hjá Icecod var byrjað að gera tilraunir með ljósastýringu á eldisþorski á árinu 2006. Birtutíma var stýrt þannig að frá júní til desember var líkt eftir birtutíma á einu ári. Í byrjun janúar 2007 voru allir hængar orðnir rennandi og hrygnur byrjaðar að mynda hrogn (Theódór Kristjánsson og Agnar Steinarsson 2007).

Sjávarhiti

Kjörhitastig fyrir hrygningarþorsk er talið vera um 8°C. Þegar sjávarhiti fer yfir u.p.b. 10°C verður meira um ófrjóvguð hrogn og afföll aukast (Kjesbu og Nor-

Tafla 2.2. Yfirlit yfir íslensk rannsókn- og þróunarverkefni innan meltingar- og næringarfræði þorsklirfa (viðauki 1).

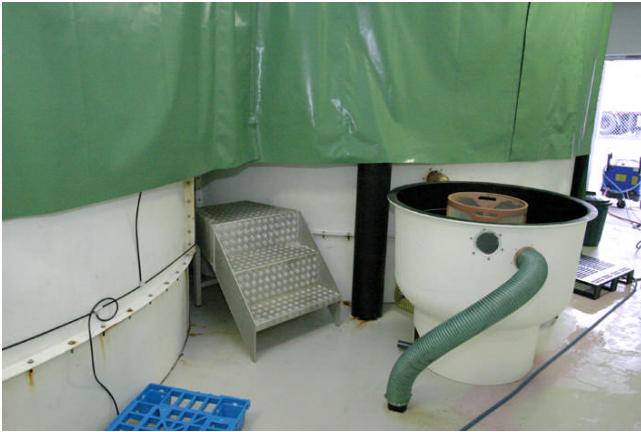
Tíma-bíl	Heiti á verkefni	Styrktaraðilar
2005-2006	Þróun aðferða til að meta næringarástand þorsklirfa í eldi	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi
2005-2006	Mikilvægi trypsína í fóstrum og lirlum Atlantshafsþorsks	Rannsóknasjóður Háskóla Íslands
2005-2006	Áhrif próteinmeltu á meltingargetu þorsklirfa	Rannsóknasjóður Háskóla Íslands
2007-2008	Lífvirk efni við lirlueldi lúðu og þorsks	AVS rannsóknasjóður í sjávarútvegi

berg 2005). Nýrri rannsókn sýnir að frjóvgunarhlutfall hroгна er best ef klakfiskurinn er alinn við 4°C (Tveiten 2007). Lægra hitastig getur aftur á móti seinkað og jafnvel komið í veg fyrir hrygningu (Yoneda, M. & Wright 2005). Miklar náttúrulegar sveiflur í sjávarhita geta valdið vandamálum sérstaklega í stöðvum þar sem verið er að láta hrygningarþorskin hrygna yfir stærstan hluta af árinu (van der Meeren 2002). Á Stað er þetta ekki vandamál vegna þess að hitinn á jarðsjónum er stöðugur á bilinu 7-8°C árið um kring (Agnar Steinarsson 2004). Í Noregi er einnig hægt að finna góðar aðstæður á svæðum þar sem mögulegt er að sækja hæfilega heitan sjó allt árið í djúpum fjörðum (van der Meeren og Ivannikov 2001).

Gæði hrygningarþorsks

Það eru margir þættir sem hafa áhrif á gæði hroгна og í fyrsta lagi framleiða stórar hrygnur almennt stærri hrogn og lífvænlegri lirlfur (Guðrún Marteinsdóttir 2006). Rannsóknir benda einnig til að hrygnur sem eru að hrygna í fyrsta skipti myndi hrogn sem hafa minni líkslíkur en hrogn frá hrygnum sem hafa meiri hrygningarreynslu. Í kanadískri rannsókn var fylgst með hrygningu villts þorsks í eldi yfir þriggja ára tímabil. Bæði hroгнаframleiðsla og stærð hroagna jukust á öðru og þriðja ári (Penney o.fl. 2006).

Í Noregi er almennt álitid að hrygning gangi verr hjá eldisþorski en villtum fiski og algengt er að hrygnurnar stíflist og nái ekki að hrygna (van der Meeren og Harboe 2006). Stærsti hluti seiðaframleiðslunnar er ennþá undan villtum þorski sem alinn hefur verið í eldisstöðvunum í stuttan tíma (Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007). Í rannsóknnum hefur komið í ljós að hrognagæði úr eldisþorski eru gjarnan lakari en hjá villtum þorski. Lægra hlutfall hroagna úr eldisþorski frjóvgast og klakprósentan er einnig lægri. Í efnamælingum kom fram að í hrognnum eldisþorsks var lægra hlutfall af arachidonic fitusýru (20:4n-6), phosphatidylinositol og astaxanthin (Salze o.fl. 2005). Tilraunir með að auka hlutfall arachidonic fitusýru (ARA) í fóðri klakþorsks



Mynd 2.3. Hér sést búnaður þar sem hrognum er safnað úr yfirfalli kars hjá Cod Culture Norway þar sem klakfiskur er látinn hrygna (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

skiluðu takmörkuðum árangri. Niðurstaðan var því sú að slök fóðurgæði væru ekki eina ástæðan fyrir lélegum hrognagæðum heldur fjöldi annarra þátta (Annual report 2006).

2.2.2 Hrognasöfnun

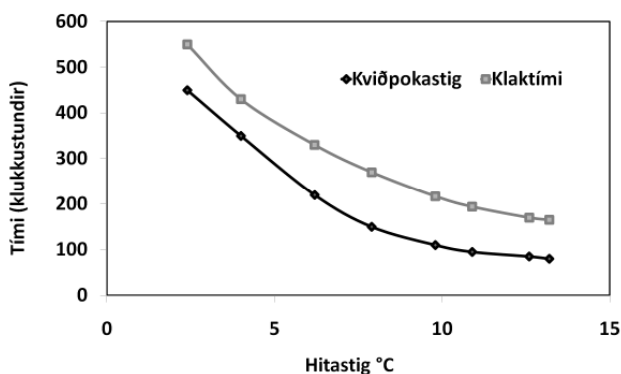
Fjöldi og stærð hroгна

Þorskurinn er mjög frjósamur fiskur og frjósemin eykst með aldri, stærð og holdastuðli. Hann getur hrygnt allt að 20 sinnum, á 2-3 daga fresti og vanalega yfir 1-1,5 mánaðar tímabil (Kjesbu og Norberg 2005). Stærð hroгна er u.þ.b. 1,1-1,5 mm (Thorson 2005). Í fyrstu hrygningum eru hrognin stærst en stærð þeirra minnkar síðan þegar líður á tímabilið. Æskilegt er að hrognin séu stór svo lirlurnar verði stórar og lífvænlegar (Guðrún Marteinsdóttir og Agnar Steinarsson 1998).

Eldisþorskur er mun frjósamari en villtur þorskur. Í eldisstöðinni á Austurvoll í Noregi hefur 2-3 kg klakfiskur hrygnt um 900.000 hrognum á hvert kg lifandi hrygnu (van der Meeren & Ivannikov 2001). Áætla má að þriggja kg hrygna hrygni samtals 4,5 lítrum af hrognum yfir hrygningartímann eða nálægt 300 ml á þriggja daga fresti (Agnar Steinarsson 2004).

Aðferðir við söfnun hroгна

Ef hrygningin þarf að vera rekjanleg til einstakra



Mynd 2.4. Áhrif hitastigs á þroskun hroгна og kviðpoka-lirfa þorsks (Agnar Steinarsson 2005).

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, en hann er notaður á Stað. Við fjöldaframleiðslu seiða s.s. í Noregi eru margir hrygningarþorskar hafðir í sama kari og notaðir utanálíggjandi safnara til að safna hrognum (mynd 2.3). Í forathugun á samanburði þessara tveggja aðferða kom ekki fram munur í frjóvgunarhlutfalli hroгна (Lush o.fl. 2007).

2.2.3 Hrognahald

Sóttthreinsun og böðun

Að lokinni frjóvgun og skulun hroгна eru þau yfirleitt sóttthreinsuð áður en þau eru flutt yfir í klaklát. Tilgangur sóttthreinsunar er sá að drepa örverur á yfirborði hrognanna sem gætu hindrað eðlilegan þroska og klak (Agnar Steinarsson 2004). Gerðar hafa verið tilraunir með böðun hroгна með bætibakteríum (probiotic bacteria). Tilgangur notkunar bætibaktería er að breyta samsetningu bakteríuflóru á fyrstu stigum eldisins með það að markmiði að auka stöðugleika í eldinu, bæta afkomu lirfa og stuðla jafnframt að lágmarks efnanotkun í eldinu (Rannveig Björnsdóttir og Jónína Þ. Jóhannsdóttir 2006). Notkun bætibaktería við böðun hroгна og/eða lirfa var skoðuð en samfelld böðun frá hrognastigi áfram yfir lirlustigið tókst vel þar sem meðalafkoma, þyngd og lífsþróttur var hærri/meiri en í viðmiðunarhópum (Hélène L. Lauzon og Rannveig Björnsdóttir 2006). Í annarri tilraun gaf meðhöndlun frá upphafi hrognastigs ekki góða lifun lirfa en betri lifun fékkst við meðhöndlun frá upphafi lirlustigs. Bakteríur eiga ekki jafn greiðan aðgang inn í hrogn eins og inn í lirlur sem byrja að gleypa eldisvökva fljótt eftir klak (Rannveig Björnsdóttir o.fl. 2006).

Sjávarhiti og hrognþroski

Rannsóknir hér á landi sýna að þroskun þorskhroгна frá frjóvgun fram að klaki tekur um 10 daga við 7,2°C (Eyjólfur Friðgeirsson 1978). Í nýrri rannsókn var gerður samanburður á sambandi hitastigs og hrognþroskunar. Hitastigið hafði afgerandi áhrif á þroskunartímann (mynd 2.4) og einnig veruleg áhrif á klakþyngd lirlanna. Komist var að þeirri niðurstöðu að kjörhiti hrognþroskunar væri 7,6°C ef litið er á þurrvigt lirfa sem mælikvarða á lirlugæði (Agnar Steinarsson 2004).

Framleiðsla á þrílitna þorski

Tilgangurinn með að framleiða þrílitna fisk er að koma í veg fyrir kynþroska. Einnig getur framleiðsla á þrílitna fiski hugsanlega komið í veg fyrir erfða-blöndun við náttúrulega stofna (Hansen o.fl. 2007). Í norskrri tilraun náðist besti árangurinn við framleiðslu þrílitna þorska með að halda hrognunum við 20°C í 20 mínútur og hefja hitasjokkið 20 mínútum eftir frjóvgun. Hrognin voru höfð við 6°C fyrir og eftir hitasjokkið. Við þessa meðhöndlun urðu 87% (66-



100%) hrognanna þrílitna og afföll urðu 10-20% meiri en hjá viðmiðunarhópi (Peruzzi o.fl. 2007). Tilraunir með framleiðslu þrílitna þorska eru einnig gerðar í Bretlandi (Annual report 2006).

2.3 Lirfueldi

2.3.1 Umhverfisaðstæður og frumfóðrun

Lýsing

Á Stað er kerfið fyrst í stað haft alveg myrkvað og með vægri loftun er lirfunum dreift um vatnsmassann. Lirfurnar lifa á forðanæringunni fyrstu dagana en þremur dögum eftir klak hafa augun og munnurinn þroskast og lirfan getur byrjað að nærast. Þá er kveikt dauft ljós yfir kerinu og lirfunum 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 (Agnar Steinarsson 2004). Í Noregi er algengt við frumfóðrun að hafa á milli 400 til 1000 lux við yfirborð og stöðugt ljós (Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007). Það hefur ekki ennþá verið fundið út nákvæmlega hvaða ljósstyrkur, litur ljóss og ljósa-stýring hentar best fyrir lirfueldið og kann það að vera mismunandi á milli stofna (van der Meeren og Harboe 2006). Í rannsóknum hefur einnig komið fram að með því að hafa svifþörungum í frumfóðrunarkari má auka lifun og fódurtöku lirfanna (van der Meeren o.fl. 2007). Svifþörungur eru notaðir við frumfóðrun þorsklirfa í flestum seiðaeldisstöðvum fyrstu 10 dagana eftir fyrstu fódurtöku (Barr o.fl. 2006; Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007).

Sjávarhiti

Í íslenskri rannsókn hefur það komið fram að við 7°C tekur það 4-5 daga frá klaki þangað til lirfan er orðin nógu þroskuð til að taka til sín fæðu. Þá er lítið eftir af kviðpokanum og hann uppurinn 1-2 dögum síðar. Þær lirfur sem ekki byrja að taka til sín fæðu drepast u.þ.b. 10-15 dögum eftir klak við 7°C (Eyjólfur Friðgeirsson 1978). Í rannsóknum á Stað var lifun 5-9 mm þorsklirfa best við u.þ.b. 8,5°C. Kjörhitastig fyrir vöxt hækkar aftur á móti úr 9,7°C upp í 13,4°C eftir því sem lirfurnar stækkuðu (Agnar Steinarsson & Björn Björnsson 1999). Kjörhitastig við þurrfóðurgjöf (weaning) 45 dögum eftir klak er á bilinu 11,5°C og 14,5°C (Puvanendran o.fl. 2006). Á Stað er algengt að hitastiginu sé haldið stöðugu ná-

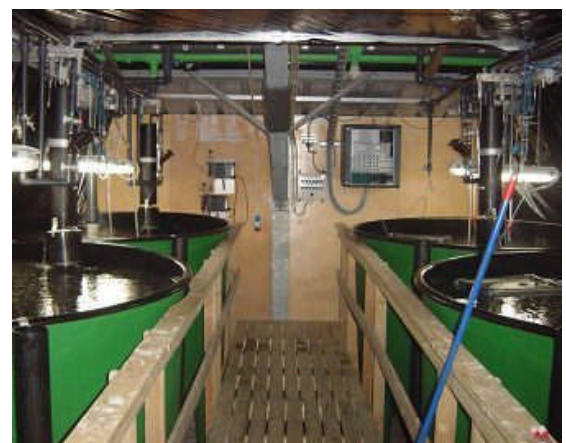
lægt 8°C í nokkra daga í byrjun frumfóðrunar og síðan hækkað rólega upp í 10-12°C á einni til tveimur vikum. Ef hitastigið er hækkað of hratt virðist það yfirleitt vera ávísun á mikil afföll (Agnar Steinarsson 2004).

Hátt hitastig á meðan frumfóðrun stendur virðist geta valdið útlitsgöllum á lirfunum sem koma vel í ljós þegar þær stækka. Í rannsóknum hefur komið fram að draga má úr útlitsgöllum með því að frumfóðra þorsklirfur fyrst á lágu hitastigi. Besti árangurinn náðist m.t.t. hausskekkju (uppsveigður haus) með því að hækka hitann úr 6°C í 12°C á 7 vikum en lakastur var árangurinn við að ala lirfurnar stöðugt við 12°C. Lágt hitastig í byrjun frumfóðrunar virðist ekki hafa áhrif á vöxt þar sem þyngd þessara hópa var svipuð þegar fiskurinn var veginn við u.þ.b. 50 g þyngd (Lein o.fl. 2006, 2007).

Endurnot og meðhöndlun sjávar

Í nýlegri könnun kom fram að í 10 af 11 seiðaeldisstöðvum í Noregi, Bretlandi, Kanada og Bandaríkjunum var sjórinn ekki endurnýttur (Barr o.fl. 2006). Á síðustu árum hafa verið gerðar endurbætur á meðhöndlun sjávar í norskum seiðaeldisstöðvum. Í seiðaeldisstöðvum sem nýta sjóinn aðeins einu sinni hefur m.a. verið tekin í notkun tækni við meðhöndlun á sjó sem notuð er í eldisstöðvum sem endurnota sjóinn. Til að koma í veg fyrir köfnunarefnisyfirmettun er sjórinn loftaður í vaccum-lofturum (Karlsen o.fl. 2005). Þorsklirfur eru mjög viðkvæmar fyrir köfnunarefnisyfirmettun og þá sérstaklega við 8-12 mm lengd (Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007). Líkur eru taldar á að köfnunarefnisyfirmettun sé ein af skýringunum á háu hlutfalli útlitsgallaðra seiða úr stríðeldi. Talið er að aukin notkun á vaccum-lofturum í mörgum seiðaeldisstöðvum í Noregi sé meðal skýringa á lækkanði hlutfalli útlitsgallaðra seiða á síðustu árum (Mangor-Jensen o.fl. 2006; Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007).

Ennþá er sjórinn yfirleitt einnota í norskum seiðaeldisstöðvum en þróunin er sú að stöðvum með endurnýtingarkerfi fjölgar. Við endurnot á sjó er hægt að tryggja jafnari vatnsgæði þó svo að fjöldi örvera og magn af lífrænum efnum sé meira en í kerfum þar sem sjórinn er einnota (Mangor-Jensen



Mynd 2.5. Lirfueldisker í eldisstöðinni á Stað. Kerin liggja þrjú saman og fyrir ofan þau er stigi með öllum lögnum, þ.e. köldum sjó (7°C), volgum sjó (20°C), lofti, súrefni og rafmagni. Tveir flúrlampar hanga fyrir ofan hvert ker og eru allir lampar tengdir við stjórnstöð sem býður upp á sjálfstæða deyfingu og ljóslotustýringu í hverju ker. Í hverju ker er jafnframt botnskafa til þess að halda botninum hreinum og eru allar botnsköfurnar gangsettar í miðlægi stjórnstöð (Agnar Steinarsson 2005).



o.fl. 2006). Þátt fyrir að reynsla og þekking á rekstri endurnýtingakerfa fyrir kaldsjávartegundir sé ennþá takmörkuð hefur náðst jafn góður vöxtur og lifun eins og í seiðaeldisstöðvum þar sem sjórinn er einnota (Karlsen o.fl. 2005).

Í verkefninu „Forvarnir í fiskeldi“ voru gerðar efna-mælingar í eldisvatni á hrognastigi til loka lirlustigs, bæði í lúðu- og þorskeldi. Lítil uppsöfnun efna mældist yfirleitt þar sem sjórennsli var nægilegt. Ammoníaksstyrkur fór yfir viðmiðunargildi (0,1 ppm) eingöngu þegar leið á tímabilið, þ.e. seint á hrognastigi og eftir að þurrfóðrun hófst. Í endurnýtingarkerfi í lúðueldi mældist mesta magn ammoníaks (NH_3), vetnissúlfíðs (H_2S) og nitríts (NO_2^-) á kviðpokastigi í lok tímabilsins. Bent er á gagnsemi ammoníaksmælinga til að meta gæði sjávar og hugsanlega sjá fyrir afföllin í eldinu (Hélène L. Lauzon & Rannveig Björnsdóttir 2006).

2.3.3 Frumfóðrun með fæðudýrum

Dregið úr notkun fæðudýra

Hjöldýr og saltvatnsrækjur (*Artemía*) eru tiltölulega næringarsnauð fæða fyrir þorsklirfur og eru því fyrst auðguð fyrir notkun til að betur sé hægt að tryggja næringarþörf lirlfanna (Reiten 2005). Lirlfurnar stækka hratt og eftir þrjár vikur fara hjöldýrin að verða of smá til þess að fullnægja orkuþörf þeirra. Þá er byrjað að gefa örlítið magn af *Artemíu* með hjöldýrunum, enda er hún mun stærri og orkuríkari bráð. Stöðugt hefur þó dregið úr notkun *Artemíu* við fóðrun þorsklirfa og árið 2006 var hún ekki notuð í meirihluta norskra seiðaeldisstöðva (van der Meeren og Harboe 2006). Á Stað er *Artemía* ennþá notuð sem fóður, vegna þess að betri lifun hefur náðst með notkun hennar (u.þ.b. 20%) en án hennar (u.þ.b. 10%). *Artemíu*notkunin á Stað er þó einungis 10-20% af því sem hún var fyrir fáeinum árum. Athyglisvert er að mikið hefur dregið úr útlitsgöllum á sama tíma og rannsóknir á Stað hafa leitt í ljós beint samband á milli *Artemíu*fóðrunar og haus-skekkju hjá þorskseiðum (Agnar Steinarsson, óbirtar niðurstöður).

Bæta þarf gæði fæðudýra

Lirlfur krabbaflóa sem þorsklirfur nærast aðallega á í náttúrunni innihalda meira af fosfolípíðum og fjölmömettuðum fitusýrum en hjöldýr og *Artemía* (van der Meeren o.fl. 2005). Næringarefnainnihald hjöldýra er því lakara en náttúrulegs dýrasvifs. Það kemur m.a. fram í minni vexti, lélegri fóðurnýtingu, herra hlutfalli af útlitsgöllum og minna þoli gagnvart lélegum vatnsgæðum. Það þarf því að bæta næringarefnainnihald hjöldýra til að gera þau sambærileg við náttúrulegt dýrasvif (Hamre 2006; Albert K. Imsland o.fl. 2006; Albert K. Imsland og Foss 2007). Náttúrulegt dýrasvif hentar því betur sem fæða fyrir þorsklirfur en hjöldýr. Þar sem náttúrulegt dýrasvif er ekki ræktað eins og hjöldýr takmarkast notkun þeirra við stuttan tíma á árinu og hentar því ekki

nægilega vel fyrir seiðaeldisstöðvar sem eru með nokkrar frumfóðranir á ári. Gerðar hafa verið tilraunir með krabbaflóna *Acartia tonsa* sem fæðudýr fyrir þorsklirfur með góðum árangri (Overrein o.fl. 2007). Nú er verið að þróa eldi *Acartia tonsa* svo hægt verði að framleiða krabbadýrið á samkeppnishæfu verði árið um kring í seiðaeldisstöðvum í framtíðinni (Jepsen o.fl. 2007).

Örvun meltingar

Við upphaf fæðunáms er meltingarvegur þorsklirfa fremur óþroskaður. Meltingarensímið trypsín er mikilvægt fyrir lirlfur á frumstigi þroskunar og er talið að það gegni lykilhlutverki við meltingu próteina í lirlfunum áður en meltingarvegur þeirra er full þroskaður. Í íslenskri rannsókn kom fram að virkni trypsíns sem og meltingarensímsins chymotrypsíns er breytileg eftir aldri þorsklirfa. Óvænt mældist virkni þessara ensíma lægst á því þroskastigi þegar lirlfan byrjar að taka til sín fæðu (Hólmfríður Sveinsdóttir o.fl. 2006a). Því var ákveðið að reyna að örva trypsínvirknina á þessu stigi með að fódra þau með próteinmeltu og auka þannig meltingargetu þeirra. Niðurstöður voru þær að meðhöndlun þorsklirfa með próteinmeltu jók lifun þeirra samanborið við viðmiðunarhóp og próteinmengjagreiningar sýndu marktækan mismun á 53 próteinum milli hópanna (Hólmfríður Sveinsdóttir o.fl. 2006b). Leitað var að lífmerkjum til að meta ástand þorsklirfa í eldi. Niðurstöður gáfu engar haldbærar upplýsingar um mikilvæg prótein í lífvænleika þorsklirfa þar sem einungis náðist að kennigreina fjögur prótein (Hólmfríður Sveinsdóttir og Ágústa Guðmundsdóttir 2007).

2.3.4 Þurrfóðurgjöf

Þurrfóðurgjöf hefst nú fyrir

Stöðugt er unnið að því að flýta þurrfóðurgjöf til að minnka notkun fæðudýra. Í Noregi hefst þurrfóðurgjöf með sérhönnuðu þurrfóðri fyrir þorsklirfur eftir 15-20 daga frá klaki í seiðaeldisstöðvum sem framleiða seiði fyrir matfiskeldisstöðvar (Otterå 2005; Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007). Margir fóðurframleiðendur hafa fullyrt að þeir hafi þróað fóður sem hægt er að nota við frumfóðrun á seiðunum og sleppa að nota hjöldýr. Það skal þó haft í huga að það hefur ekki verið sýnt fram á þetta í hagnýtum fóðurtilraunum (Mangor-Jensen o.fl. 2006).

Flestar norskar seiðaeldisstöðvar hefja nú notkun þurrfóðurs strax eftir að fóðrun með hjöldýr lýkur (van der Meeren og Harboe 2006; Mangor-Jensen o.fl. 2006). Þrátt fyrir mikla framþróun í gerð þurrfóðurs fyrir þorsklirfur er vöxtur þeirra minni og afföll meiri í þeim tilvikum sem þurrfóðurgjöf hefst að lokinni fóðrun með hjöldýrum í samanburð við fóðrun með *Artemíu* fyrir þurrfóðurgjöf (Fletcher o.fl. 2007). Ennþá eru vandamál með að vatnsleysanleg næringarefni leka úr fæðuögnunum og einnig er þekking á næringarþörf lirlfa takmörkuð (Hamre



2006).

Tilraunir með þurrfóðurgjöf hér á landi

Í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar var árið 2002 gerð misheppnuð tilraun til þess að hætta snemma með Artemíu og það var ekki fyrr en árið 2005 að það tókst að lækka þurrfóðuraldurinn verulega án þess að fórna vexti og lifun í framleiðslunni (Agnar Steinarsson 2005). Árið 2006 var gerð tilraun með að hefja þurrfóðurgjöf eftir 4 vikur (hópur C, engin Artemía) frá klaki lirlfanna og eftir 5-6 vikur (hópur A og B) en þá voru lirlfurnar fódraðar með Artemíu í 1-2 vikur. Niðurstöður voru að hópur C var með 10% lifun en hópar A og B tæpa 20% lifun. Eftir 125 daga frá klaki voru hópar A og B rúm 6 g en hópur C aðeins minni eða um 5,5 g (Theódór Kristjánsson og Agnar Steinarsson 2007). Hjá Icecod er stefnt að því að stytta þann tíma sem þorsklirlfurnar eru fódraðar með lifandi fæðudýrum, en þó án þess að það hafi veruleg áhrif á öryggi við framleiðslu seiða fyrir kynbótaverkefnið.

2.4 Líffræði lirlfueldis

2.4.1 Örveruflóra og forvarnir

Sóttvarnir í lirlfueldi

Mikil afföll verða á fyrstu stigum sjávarfiskeldis og tengjast þau m.a. örverufræðilegu álagi í eldisumhverfi lirlfanna (Olafsen 2001). Framan af var örveruálagi í eldi lirlfa mætt með lyfjagjöf. Samfara betri árangri í eldinu á Stað minnkaði lyfjagjöf úr um 170 mg/seiði árið 2002 niður í það að algerlega var hætt að nota sýklalyf í lirlfukerjum árið 2005 (Agnar Steinarsson 2005).

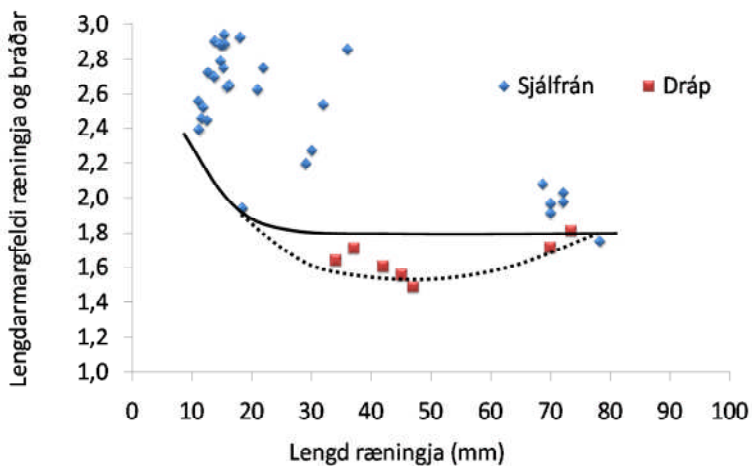
Til að draga úr örverufræðilegu álagi eru hrognin sótthreinsuð (Vadstein o.fl. 2004). Óæskilegar örverur geta borist í eldiskarið með sjó, fæðudýrum og einnig ef umgengni er ábótavant. Til að koma í veg fyrir að óæskilegar örverur berist í eldiskörin er sjórinn síaður og sótthreinsaður með útfjólubláu ljósi og ósoni (Olsen o.fl. 2004). Fæðudýrin eru almennt talin vera ein helsta smitleið sjúkdóma í lirlfueldinu (Vadstein o.fl. 2004). Það er m.a. hægt að stýra örveruflórunni í fæðudýrum með val á æti við auðgun þeirra og þannig hafa verulega áhrif á örveruflóru í meltingarfærum þorsklirlfa og auka lifun (Korsnes o.fl. 2006). Niðurstöður verkefnisins „Forvarnir í þorskeldi“ sem rannsakaði örveruflórana á fyrstu stigum sýna að samsetning hennar skiptir máli. Mikilvægt er að ná stjórnun á örveruflóru strax eftir frjóvgun hroгна því örverurnar sem ná fótfestu á þessu stigi berast yfir í lirlfueldi. Óæskilegar örverur koma strax fram á hrognastigi og berast hugsanlega með sjó, og að aðrar tækisfærissinnar bakteríur magnast við ræktun og auðgun lifandi fæðudýra (Hélène L. Lauzon o.fl. 2007).

Bætibakteríur (pro-biotics)

Hægt er að nota bætibakteríur í fódur eða umhverfi

fisksins í þeim tilgangi að auka vöxt lirlfanna og draga úr tíðni sjúkdóma. Hægt er að skilgreina bætibakteríur sem lifandi bakteríur sem hafa jákvæð áhrif á einstaklinginn með því að bæta örverufræðilegt jafnvægi í meltingarvegi hans (Irianto og Austin 2002). Í rannsóknum á þorski hefur komið fram að með því að bæta mjólkursýrubakteríum í fódur hjá þorski eykst tímabundið mótstaða fisksins gagnvart sýklinum, *Listonella anguillarum* ef bakterían var einangruð úr þörmum laxa en engin áhrif mældust þegar notuð var baktería einangruð úr þorski (Gildberg og Mikkelsen 1998). Aftur á móti í annarri tilraun fékkst hærri lifun hjá þorsklirlfum sem fódruð voru með mjólkursýrubakteríum úr þörmum þorsks (Gildberg o.fl. 1997).

Nýlega lauk verkefninu „Forvarnir í fiskeldi – Flokkun örvera og tilraunir með notkun bætibaktería“. Meginmarkmið verkefnisins var að stuðla að aukinni afkomu lúðulirlfa og þorsklirlfa í eldi og nota til þess umhverfisvænar aðferðir. Notuð var blanda bætibaktería í því markmiði að breyta samsetningu bakteríuflóru á fyrstu stigum eldisins og auka með því stöðugleika í eldisumhverfi. Helstu niðurstöður benda til þess að fæðudýr (Artemía, hjóldýr) séu afar misjöfn að gæðum með tilliti til fjölda baktería. Niðurstöður rannsókna á fyrstu stigum þorskeldis benda til þess að auka megi lifun lirlfa talsvert við meðhöndlun bæði lirlfa og fæðudýra þeirra með bætibakteríum. Niðurstöður verkefnisins í heild sýna að meðhöndlun með bætibakteríum virðist hafa meiri áhrif á fyrstu stigum þorskeldis en lúðueldis (Rannveig Björnsdóttir o.fl. 2006). Æskilegt er að bætibakteríur séu af stofni sem einangraður hefur verið úr eldinu og eykur það líkur á að stofnarnir nái fótfestu og hafi tilskilin áhrif. Skoðaður hefur verið möguleiki á að byggja upp aðstöðu til framleiðslu bætibakteríublöndu fyrir lúðueldi Fiskey hf. sem auðveldar aðgengi og sparar auk þess kostnað við flutning blöndunnar frá öðrum aðila (Rannveig Björnsdóttir og Jónína Þ. Jóhannsdóttir 2006). Einnig hafa bakteríur verið einangraðar úr þorskeldi og notaðar í baðtilraunir á hrognum, lirlfum og seiðum auk notkunar þeirra við þurrfóðrun. Aukin lifun, þyngdaraukning, þol, stjórnun á örveruflóru og ónæmisfræðileg örvun hafa komið í ljós í flestum tilraunum (Hélène L. Lauzon, munnl.uppl.). Mat á nokkrum mikilvægum próteinum bendir til þess að böðuðu lirlfurnar þroskist hraðar og er munurinn afgerandi 4 dögum eftir klak. Auk þess að sýna fram á gagnsemi þeirra baktería sem hér voru notaðar, er einnig trúlegt að þessar mælingar gagnist almennt til að meta áhrif aðgerða sem eiga að bæta þroskun og lífvænleika þorsklirlfa (Sigríður Guðmundsdóttir o.fl. 2007). Í norski rannsókn fundust í þörmum þorsklirlfa í einni eldisstöð mótverkandi efnasambönd (antagonistic) sem heftu vöxt *Listonella anguillarum*. Hér var um að ræða seiðaeldisstöð sem endurnýtir sjóinn. Greining benti til að bætiefnabakteríur væri að finna innan



Mynd 2.6. Stærðarhlutföll í sjálfráni þorskeiða. Niðurstöður úr rannsóknum á Stað árin 1997-1998. Svörtu punktarnir tákna sjálfrán en þeir gráu tákna dráp (Agnar Steinarsson 2004).

ættkvíslarinnar *Vibrionaceae*. Einnig fundust aðrir stofnar af bætibakteríum en minna fannst af þeim (Fjellheim o.fl. 2007). Þetta samræmist niðurstöðum frumrannsókna á *Vibrio* stofni sem ber vinnuheitið K-1 og einangrast árlega úr heilbrigðum þorskseidum á Stað. Gerðar voru tilraunir þar sem þessi baktería var notuð til að baða þorsklirfur á fyrstu vikunum eftir klak. Baðaðar lifur sýndu betri lifun en óbaðaðar 3 vikum síðar (Sigríður Guðmundsdóttir o.fl. 2004).

Lífvirk efni

Með notkun prebiotic efna er stuðlað að fjölgun æskilegra baktería í meltingarvegi s.s. *Lactobacillus* og *Bifidobacter spp.* og draga þannig úr líkum á því að tækifærissýklar verði þar ríkjandi (Burr o.fl. 2005). Peptíð og kítósan teljast meðal lífvirkra (bioactive) efna en geta aukið vöxt æskilegra baktería og eru þar af leiðandi einnig prebiotic efni. Lifur er hægt að meðhöndla með lífvirkum efnum með því að bæta þeim í eldisumhverfið eða í gegnum fæðudýr sem talin er betri aðferð (Rannveig Björnsdóttir 2007). Töluverðar rannsóknir hafa verið gerð á áhrifum prebiotic efna á dýr en mjög takmarkaðar rannsóknir hafa verið gerðar á fiskum og mörgum rannsóknasþurningum er enn ósvarað (Burr o.fl. 2005).

Á árinu 2007 fékk verkefnið „Lífvirk efni við lifrueldi lúðu og þorsks“ styrk úr AVS sjóðnum. Heildarmarkmið verkefnisins er að auka afkomu og gæði lifra á fyrstu stigum eldis sjávarfiska með notkun lífvirkra efna. Markmiðum verður náð með því að meðhöndla lifur (lúðu og þorsk) með völdum lífvirkum efnum sem gefið hafa lofandi niðurstöður úr fyrri tilraunum. Sjónum er fyrst og fremst beint að ónæmisörvandi áhrifum á lúðuseiði og bakteríuhaml- andi/-drepanði áhrifum á ríkjandi bakteríustofna í þorskeldi.

Ónæmisörvandi efni (immunostimulants)

Ónæmisörvandi efni eru efni sem örva ónæmiskerfið og auka viðnám fisksins gagnvart sjúkdómum sem í flestum tilvikum orsakast af sýklum. Fyrstu vikurnar er þorsklirfa háð ósérhæfða ónæmiskerfinu til að verjast örverum áður en hið sérvirka ónæmiskerfi er orðið nægilega þroskað (kafla 6). Með ósérhæfðum ónæmisörvandi efnum er reynt að örva ósérhæfða ónæmiskerfið áður en mótefnaframleiðsla (sérvirka ónæmiskerfið) hefst og þannig auka lifun og sjúkdómapól. Þrátt fyrir vísbendingar um gagnsemi ónæmisörvandi efna í fiskeldi er notkun þeirra ennþá lítil. Rannsóknir eru einnig komnar tiltölulega skammt á veg (Bricknell og Dalmo 2005). Rannsóknir benda til þess að hægt sé að nota glúkósa (*chrysolaminaran*) sem ónæmisörvandi efni

fyrir þorsklirfur (Skjermo o.fl. 2006). Einnig eru vísbendingar um að prótein úr þorsksvilljum (jákvætt hlaðin prótein) geti dregið úr afföllum vegna sýkingar af völdum *Listonella anguillarum* (Pedersen o.fl. 2004). Þá sýndi böðun með LPS (*lipopolysaccharide* einangrað úr kylaveikibróðurbakteríu) marktækt aukna lifun þorsklirfa við þolriffsaðstæður, en ýmis önnur efni sem prófuð voru höfðu engin áhrif (Bergljót Magnadóttir o.fl. 2006).

2.4.2 Afföll

Aukin lifun

Mikil afföll verða á fyrstu tveimur vikunum eftir klak og á Stað lifa aðeins 10-50% liffanna lifrustigið af (6 vikur) (Agnar Steinarsson 2004). Eitt er það sem virðist vera gegnumgangandi varðandi afföll, en það er að góð lifun og hægur vöxtur fara yfirleitt saman. Það er því hugsanlegt að það borgi sig að fara milli-vegin í lifrueldinu og fórna einhverjum vexti fyrir lifun (Agnar Steinarsson 2004).

Á tímabilinu 2001-2005 dró verulega úr afföllum á Stað en lifun var um 4% árið 2001 og fór upp í 12% árið 2005. Hér er miðað við lifun frá klaki að 5-10 g seiði (Agnar Steinarsson 2005). Árið 2006 náðist að meðaltali 17% lifun á Stað og allt að 25% í bestu kerjunum (Agnar Steinarsson, óbirt gögn). Á síðustu árum hafa einna mestu framfarir verið á ungseiðastiginu á Stað en árin 2001-2002 voru afföll um 80% en aðeins 1-2% árin 2004-2005 (Agnar Steinarsson 2005). Með betri eldistækni hefur verið komið í veg fyrir sjálfrán en það nefnist það þegar fiskur étur annan sömu tegundar.

Á árunum 1997-1998 var gerð tilraun með sjálfrán á Stað. Rannsakað var magainnihald úr 179 lifrum og seiðum og reyndust alls 67 þeirra hafa étið samtals 332 bráðir. Stærsti ræninginn mældist 78,3 mm og sá smæsti 11,1 mm (mynd 2.6). 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 og þyngdarmargfeldi=6-7). 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. Ef ekki er stærðarflokkað nógu snemma, geta 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 (Agnar Steinarsson 2004).

2.4.3 Vöxtur

Það eru einkum sjávarhiti og lýsing sem hafa áhrif á vaxtarhraða seiða sem fóðruð eru að mettun. Við hagstæð skilyrði geta þorsklirfur náð mest rúmlega 25% þyngdaraukningu á dag (Otterlei o.fl. 1999). Í íslenskum rannsóknum 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). Í lirfueldinu er lengdarvöxturinn aðeins um 0,1 mm á dag í upphafi en eykst síðan jafnt og þétt og getur orðið allt að 1,3 mm á dag þremur mánuðum eftir klak. Lengdarvöxturinn er 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 (Agnar Steinarsson 2004). Þyngdarvöxturinn eykst jafnt og þétt á lirfustiginu og nær hámarki u.þ.b. fimm vikum eftir klak (mynd 2.7).

2.5 Ungseiðaeldi

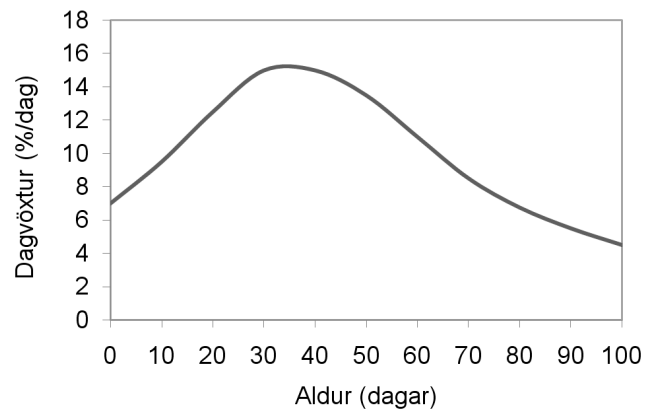
2.5.1 Framkvæmd og framleiðni

Stærðarflokkun

Á Stað hefst ungseiðaeldið 8 vikum eftir klak þegar þorskseiðin er orðin u.þ.b. 0,1 g að þyngd, en þá eru þau stærðarflokkuð og flutt yfir í seiðakerin. Þegar seiðin hafa náð meðalþyngdinni 1 g eru þau baðbólusett gegn víbrúveiki og meðferðin síðan endurtekin við 5 g meðalþyngd. Yfirleitt eru seiðin talin og stærðarflokkuð í tengslum við bólusetningu (Agnar Steinarsson 2005).

Vaxtarhraði

Á Stað eru framkvæmdar reglulegar mælingar á vexti og í töflu 2.3 er yfirlit yfir mælingar á fimm árgöngum Staðarseiða, ásamt meðalþyngd sömu árganga við 12 og 19 mánaða aldur í sjókvíum Hraðfrystihússins-Gunnvarar hf. í Ísafjarðardjúpi. Í sumum tilfellum er um að ræða fram- eða bakreiknaðar þyngdartölur úr sjókvíum (skv. vaxtarmódeli



Mynd 2.7. Vaxtarhraði þorskseiða í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar á Stað (Agnar Steinarsson 2005).

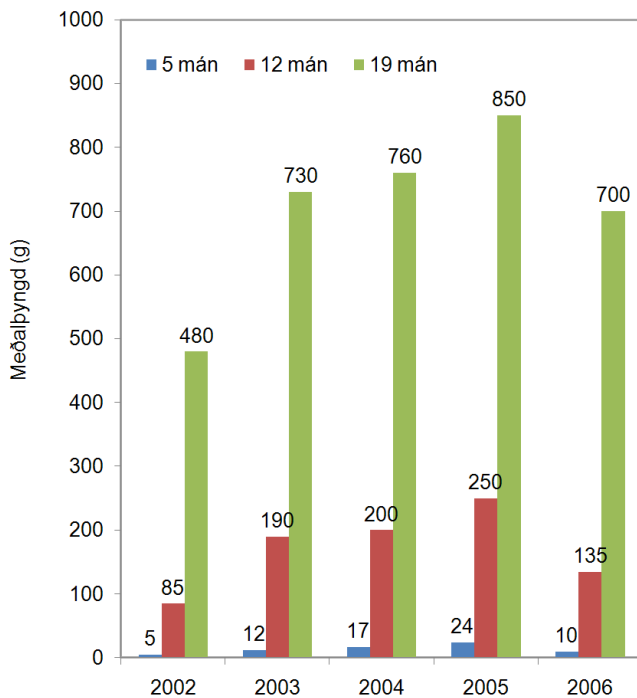
Hafrannsóknastofnunar) og því er óhætt að reikna með einhverjum skekkjumörkum á þeim tölum.

Árið 2002 náðu Staðarseiðin 5 g þyngd eftir fimm mánuði frá klaki, vaxtarhraði seiðaárganga jókst síðan jafnt og þétt og náði hámarki árið 2005 eða 24 g þyngd (tafla 2.3). Hægan vöxt árið 2002 má rekja til þess að reynt var að fódra seiðin með þurrfóðri óvanalega snemma (Agnar Steinarsson 2005). Árgangur 2006 óx hins vegar talsvert hægar á seiðastigi en fyrri árgangar og var aðeins um 10 g fimm mánaða (mynd 2.8) og svipað virðist vera upp á teningnum hjá árgangi 2007 (Agnar Steinarsson, óbirt gögn). Það er athyglisvert að meðalstærð 30 daga lirfa er svipuð hjá öllum árgöngum en síðan skilja leiðir og hlutfallslegur þyngdarmunur undir lok ungseiðastigs (3-4 mánaða aldur) virðist halda sér áfram í gegnum eldisferilinn (tafla 2.2; mynd 2.8). Þetta gæti bent til þess að vaxtarhraði á ungseiðastigi (u.þ.b. 6-14 vikur frá klaki) sé afgerandi þáttur fyrir varanlega vaxtargetu þorsksins. Þeir þættir sem helst gætu skýrt samdráttinn eru hrognagæði, hitastig og fóðrun.

Á árinu 2006 voru í fyrsta sinn notuð hrogn úr eldisfiski og hitastigið jafnframt lækkað til þess að draga úr vansköpun. Það er ekki hægt að útiloka að þessir

Tafla 2.3. Yfirlit yfir vöxt og vansköpun seiðaárganga frá Stað 2002-2006 (Agnar Steinarsson, óbirt gögn; Theódór Kristjánsson o.fl. 2006; Þórarinn Ólafsson, munnl. uppl.). Með þurrfóðuraldri er átt við þann aldur þegar ungseiðin eru alfarið komin á þurrfóður. Tölur yfir hlutfall hausskekkju í árgöngum 2004-2006 eru áætlaðar.

	2002	2003	2004	2005	2006
Klakfiskur	Villtur	Villtur	Villtur	Villtur	Eldi
Hámarkshiti (°C)	15°C	14°C	13°C	13°C	11°C
Þurrfóðuraldur (d)	37	58	56	46	35
Lengd 30 d (mm)	11	11-12	12	12	11-12
Þyngd 50 d (mg)	30	80	77	77	50
Þyngd 100 d (g)	1,5	3,5	5,5	6,5	2,2
Þyngd 150 d (g)	5	12	17	24	10
Þyngd 12 mån (g)	85	190	200	250	130
Þyngd 19 mån (g)	480	730	760	850	700
Hausskekkja I (%)	49%	22%	22%	15%	5%
Hausskekkja II (%)	18%	18%	18%	15%	5%



Mynd 2.8. Meðalþyngd þorskeiða úr Tilraunaeldisstöð Haf-
rannsóknastofnunar á Stað, 5, 12 og 19 mánuðum
eftir klak (heimild, sjá töflu 2.3).

Þættir hafi haft einhver neikvæð áhrif á vöxt seið-
anna, en þó er sennilegra að minni Artemíugjöf hafi
haft mest áhrif. Á Stað hefur verið unnið að því
markvisst að draga sem mest úr Artemíugjöf í seiða-
framleiðslunni og var þurrfóðuraldurinn kominn
niður í 35 daga á árinu 2006, sem er svipað og árið
2002 en þá var vöxtur á ungseiðastigi mjög slakur.
Erlendar rannsóknir hafa jafnframt sýnt það að
vöxtur ungseiða minnkar verulega ef mikið er dregið
úr Artemíugjöf (Fletcher o.fl. 2007). Á Stað er nú
verið að skoða það hvort ráðlegt sé að auka aftur
Artemíugjöf til að auka vöxt, en þó án þess að van-
sköpun aukist í kjölfarið. Einnig verður reynt að
auka og bæta fóðrun með þurrfóðri.

Nýjar mælingar á vexti 2006-árgangsins (fyrstu kyn-
bótaseiðin) benda til þess að hann sé óðum að vinna



Mynd 2.9. Séð yfir seiðaeldissal í Tilraunaeldisstöð Haf-
rannsóknastofnunar á Stað (Ljósmynd: Valdimar Ingi
Gunnarsson).

upp forskot fyrri árganga og muni líklega taka fram
úr þeim á þriðja aldursári. Þarna virðast kynbæturnar
vera að skila sér í hraðari vexti eldisfisksins en vegna
hinnar rólegu byrjunar nást þó ekki að fullu þær
framfarir sem hefðu getað orðið. Þetta bendir til þess
að þorskurinn verði að nýta vel vaxtargetu sína á lírfu
- og ungseiðastigi til þess að kynbæturnar skili sér af
fullum krafti í matfiskeldinu. Það er því augljóslega
mikilvægt að leita leiða til þess að auka vaxtarhraða á
fyrstu stigum, án þess að því fylgi jafnframt neikvæð
áhrif á gæði seiðanna að öðru leyti.

Aukin framleiðni

Á Stað hefur framleiðsla á hvern lítra aukist úr um
einu seiði árið 2001 upp í sjö seiði árið 2005. Fram-
leiðslan er þó ennþá nokkuð breytileg á milli kerja
eða á bilinu 10.000-35.000 seiði upp úr hverju kerri (3
-10 seiði á lítra). Líklegt er að framleiðnin muni
aukast verulega á næstu árum og raunhæft markmið
gæti verið að framleiða 25 seiði á lítra, fjórum
sinnum á ári eða samtals 100 seiði á lítra á ári (Agnar
Steinarsson 2005).

2.5.2 Seiðagæði

Útlitsgallar

Algengt er að seiði sem framleidd eru í stríðeldi séu
með útlitsgalla svo sem hryggskekkju eða haus-
skekkju (Totland o.fl. 2004). 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 (Agnar Steinarsson
2004). Mun minna er um útlitsgalla á seiðum sem
framleidd eru í strjáldi og hálf-stríðeldi þar sem þau
eru fóðruð á náttúrulegu dýrasvifi en á seiðum sem
framleidd eru í stríðeldi (Karlsen o.fl. 2005). Í nýlegri
norskri rannsókn var lagt mat á hausskekkju og aðra
hryggskaða í 9 seiðaeldisstöðvum. Þar kom fram að
hausskekkja var mismunandi í seiðaeldisstöðvunum
eða allt frá 27% upp í 80%. Útlitsgallar á seiðum eru
því ennþá viðvarandi vandamál í Noregi en greini-
lega hefur þó dregið úr því á síðustu árum (Lein o.fl.
2007).

Hjá Icecod ehf. hefur hausskekkjan verið greind í tvo
flokka, þ.e. galli I (væg skekkja) og galli II (mikil
skekkja). Aðrir gallar s.s. hryggskekkja, kjaftskekkja
og ugagallar, hafa sést af og til en í mun minna
mæli en hausskekkjan. Gerður var samanburður við 8
mánaða aldur á Artemíuseiðum sem fengu Artemíu í
1-2 vikur fyrir þurrfóðurgjöf og þurrfóðurseiðum sem
fóðruð voru á þurrfóðri 4 vikum eftir klak (mynd
2.10). Það kom í ljós að mun minna var um haus-
skekkju í þurrfóðurhópnum og slæm tilfelli voru þar
mjög fá. Á móti kom hins vegar að mikið var um
annars konar galla, sérstaklega ugagalla (37%) og
kjaftskekkju (15%). Af þessum niðurstöðum má því
draga a.m.k. tvær ályktanir (Theódór Kristjánsson og
Agnar Steinarsson 2007):



- Hausskekkjan er meiri eftir því sem Artemíugjöfin er meiri. Hugsanlega er hér um að ræða eitúráhrif af völdum vítamína og forvera þeirra í Artemíunni, en slíkt er vel þekkt úr lirlueldi barra og brama (Moretti o.fl. 2005).
- Seiði sem ekki fá neina Artemíu verða fyrir tímabundnum næringarskorti á viðkvæmu þroskastigi og hafa því hærra hlutfall annarra útlitsgalla. Ástæðan fyrir þessu er sú að smæsta þurrfóðrið hefur langa viðveru í eldisvatninu og tapar þá stórum hluta af vítamínunum sínum.

Vöxtur í matfiskeldi

Í samanburði á seiðum sem framleidd voru í sjávarlónum og í stríðeldi kom fram að vöxtur var meiri hjá seiðum úr sjávarlónum (Sparboe o.fl. 2005). Í annarri rannsókn mældist töluverður munur á vaxtarhraða seiða sem annars vegar voru frumfóðruð með hjóldýrum og hins vegar náttúrulegu dýrasvifi. Fylgst var með vexti seiðanna í 17 mánuði og mældist þá vöxturinn hjá fiski sem var frumfóðraður með náttúrulegu dýrasvifi 12-14% meiri (Albert K. Imsland o.fl. 2006).

2.6 Seiðaframleiðsla

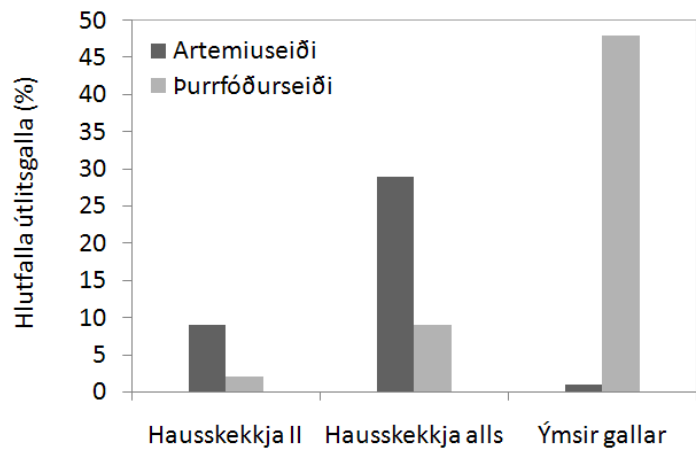
2.6.1 Noregur

Í Noregi hefur átt sér stað mikil aukning í framleiðslu þorskseiða sem hefur aukist úr 1,5 milljónum seiða árið 2002 upp í rúmar 11 milljónir seiða árið 2006 (mynd 2.11). Þrátt fyrir mikla framleiðslu var skortur á þorskseiðum í Noregi á árinu 2006 (Blaalid o.fl. 2006). Í upphafi áratugarins var hröð uppbygging á seiðaeldisstöðvum í Noregi, en á síðustu árum hefur þeim fækkað úr 25 árið 2002 í 12 árið 2005 og þær jafnframt stækkað. Framleiðslugeta þessara stöðva er talin vera allt að 90 milljón seiði á ári (Rosenlund og Ólafur Halldórsson 2007).

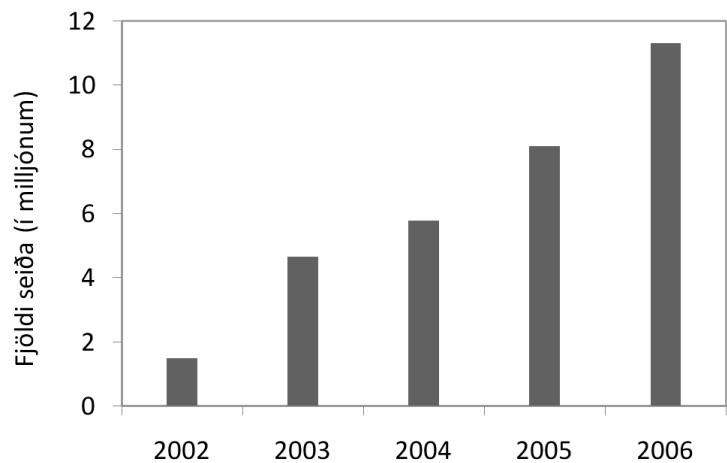
Það fyrirtæki sem er með mest umfang og framleiddi mest af þorskseiðum árið 2006 var Havlandet Marin Yngel með um 6 milljónir seiða (Havgaard 2007). Cod Culture Norway í eigu Marine Harvest var með um 3,5 milljónir seiða árið 2006 og er stefnt að því að framleiða um 6 milljónir árið 2007 (Valdimar Ingi Gunnarsson og Kristján G. Jóakimsson 2007).

2.6.2 Ísland

Hafrannsóknastofnunin hefur verið frumkvöðull í þróun á þorskseiðaframleiðslu á Íslandi. Á vegum hennar hafa verið framleidd þorskseiði á hverju ári síðan 1994. Árið 2003 stofnuðu Hafrannsóknastofnunin, Stofnfiskur, Fiskeldi Eyjafjarðar, Fiskey og Þorskur á þurru landi, hlutafélagið Icecod ehf. í þeim tilgangi að vinna að þróun á seiðaeldi og kyn-



Mynd 2.10. Útlitsgallar á seiðum sem voru frumfóðruð með þurrfóðri eftir 4 vikur frá klaki (þurrfóðurseiði) og seiði sem voru fóðruð með Artemíu í 1-2 vikur eftir að fóðrun með hjóldýr lauk (Artemíuseiði). Útlitsgallar voru metnir eftir 8 mánaða eldi frá klaki (Theódór Kristjánsson og Agnar Steinarsson 2007).



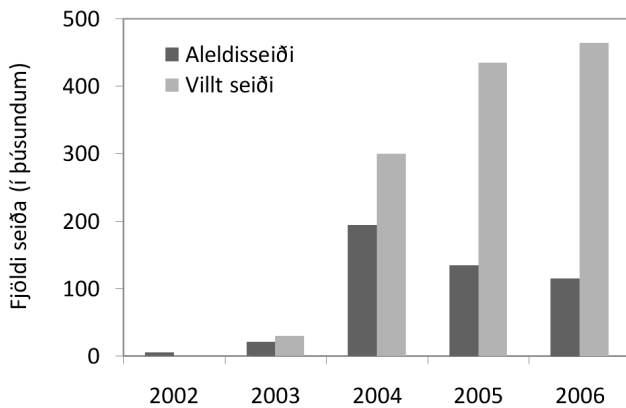
Mynd 2.11. Seiði seld til matfiskeldisstöðva í Noregi árin 2002-2006 (heimild: Fiskeridirektoratet; Kongsvik 2007).

bótum í þorskeldi. Kynbótaverkefnið fór strax í gang og Hafrannsóknastofnunin lagði Tilraunaeldisstöðina á Stað undir verkefnið. Ákveðið var að seiðaframleiðslan færi eingöngu fram á Stað og þá sem hluti af kynbótaverkefninu (Agnar Steinarsson 2004).

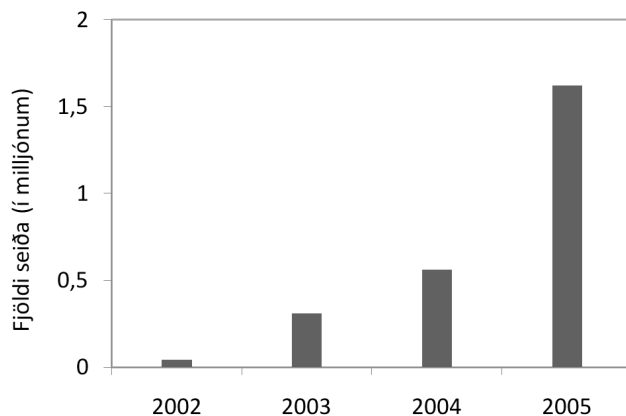
Upp úr 2002 jókst framleiðsla á aleldisseiðum mikið og náði fjöldi útsettra seiða hámarki um 200.000 seiði árið 2004 en minnkaði jafnt og þétt eftir það og var í lágmarki árið 2006 vegna minni eftirspurnar á seiðum (mynd 2.13). Seiðin sem framleidd hafa verið á Stað hafa verið notuð í kynbótaverkefni Icecod ehf. og einnig hafa þorskeldisfyrirtæki með sjókvíaelði keypt hluta af þeim.



Mynd 2.12. Merki IceCod ehf.



Mynd 2.13. Framleiðsla þorskseiða í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunnar á Stað á árunum 2002-2006, ásamt framleiðslu á villtum þorskseiðum á Nauteyri, Ísafjarðardjúpi. Miðað er við seld seiði til matfiskeldis. (heimild: Hafrannsóknastofnunin og Þórarinn Ólafsson 2005, munnl. uppl.).



Mynd 2.14. Framleiðsla á þorskseiðum í Bretlandi á árunum 2002-2005 (heimild: Fisheries Research Services, www.marlab.ac.uk).

Á Íslandi eru einnig fönguð villt þorskseiði, u.þ.b. 5 g að hausti, þau alin í strandeldisstöð fram á vor og þá sett í sjókvíar. Föngun á litlum seiðum til eldis er eingöngu stunduð á Íslandi. Mikil aukning hefur verið í eldi á villtum seiðum og fóru í sjókvíar tæp 500.000 seiði á ári, árin 2005-2006 (mynd 2.13).

2.6.3 Önnur lönd

Bretland

Á síðustu árum hefur verið samfelld aukning í framleiðslu þorskseiða á Bretlandi og voru framleidd 1,6 milljón seiði árið 2005 (mynd 2.14). Þrjár seiðaeldisstöðvar eru á Bretlandseyjum og sú stærsta, Machrihanish Marine Farms (www.machrihanish.marinefarm.co.uk), seldi um 900.000 þorskseiði (Marine Farms 2006) árið 2005. Mun minna var þó framleitt árið 2006 eða um 200.000 seiði. Á árinu 2007 er áætlað að framleiðslan verði um ein milljón en framleiðslugeta stöðvarinnar er um þrjár milljónir seiða (Marine Farms 2007). Það eru einnig framleidd þorskseiði í lítilli stöð Viking Fish Farm

(www.ardtoemarine.co.uk). Árið 2006 voru framleidd 350.000 þorskseiði, 5 til 35 g að þyngd. Framleiðslugeta stöðvarinnar er um ein milljón seiða á ári (Jensen 2007). Johnson Seafarms á Hjaltslandseyjum (www.johnsonseafarms.com) er stærsti framleiðandi í matfiskeldi á þorski á Bretlandi setti í sjókvíar tæpar tvær milljónir seiða árið 2006 (Bourhill 2007). Johnson Seafarms er einnig með seiðaeldisstöðina Nufish sem sér um að framleiða þorskseiði fyrir fyrirtækið. Jafnframt kaupir fyrirtækið seiði frá Machrihanish Marine Farms og Viking Fish Farm.

Kanada

Framleiðsla þorskseiða hefur aldrei verið mikil í Kanada. Árin 2001-2005 hafa farið samtals í sjókvíar um 350.000 þorskseiði frá Ocean Sciences Centre (www.osc.mun.ca) á Nýfundnalandi (Anon 2006). Ekki er vitað nákvæmlega um framleiðslu á þorskseiðum árið 2006, en á vegum kynbótaverkefnisins voru framleidd a.m.k. rúm 100.000 seiði. Seiði í kynbótaverkefninu eru framleidd í tveimur seiðaeldisstöðvum, Ocean Sciences Centre og í St. Andrews Biological Station í New Brunswick fylki (www.codgene.ca). Einnig eru þorskseiði framleidd hjá Northern Aquaculture (www.northernaquaculture.ca).

Bandaríkin

Í Bandaríkjunum er einnig um tilraunaeldi að ræða og þorskseiði framleidd í seiðaeldisstöð Great Bay Aquaculture (www.greatbayaquaculture.com) og þau síðan alin í úthafskvíum á vegum Háskólans New Hampshire (Chambers & Howell 2006).

Færeyjar

Færeyingar eru nýbyrjaðir með þorskeldi. Seiðaframleiðslan fer fram í rannsóknastöð í eigu færeysku landstjórnarinnar og er notað hálf-stríðeldi við framleiðsluna (www.fiskaaling.fo). Seld voru um 140.000 þorskseiði til tveggja matfiskeldisstöðva um áramótin 2006/2007. Stefnt er að því að framleiða 300.000 þorskseiði árið 2007 og 500.000 árið 2008 (Mørkøre 2007; www.fiskaaling.fo).

Önnur lönd

Í öðrum löndum er þorskseiðaframleiðsla mjög lítil. Í Svíþjóð hefur verið stundað tilraunaeldi við framleiðslu þorskseiða í litlu mæli (Biley o.fl. 2005). Á Írlandi var haldin alþjóðleg þorskeldisráðstefna árið 2001. Sama ár hófust rannsóknir í þorskseiðaeldi og tilraunaeldi á þorski með útsetningu seiða árið 2005 (Watson og Stokes 2004, Browne og Deegan 2006). Í Danmörku eru stunduð nokkur rannsókn- og þróunarverkefni í þorskeldi. Þar eru m.a. hafnar tilraunir við framleiðslu þorsklirfa og þorskseiða til sleppinga í Eystrasalt (Støttrup o.fl. 2005; www.dfu.dtu.dk).



Tafla 2.4. Styrkleikar, veikleikar, ógnanir og tækifæri í þorskseiðaelði á Íslandi í samanburði við Noreg.

Styrkleikar	Veikleikar
Á Íslandi eru einstakir staðarkostir fyrir þorskseiðaelði.	- Smæð markaðarins gerir eldið viðkvæmt fyrir ófyrirséðum áföllum hjá framleiðendum og/eða kaupendum seiða. - Umfang rannsókna- og þróunarstarfs er mun minna en í Noregi. - Ísland er nokkrum árum á eftir samkeppnislöndum í uppskölun þorskseiðaeldis, en búast má við háum framleiðslukostnaði á tímabili uppskölunar.
Ógnanir	Tækifæri
Óljóst hvort spurn eftir seiðum verði nægileg til að skapa forsendur fyrir arðbærri seiðaframleiðslu.	- Framleiða þorskseiði árið um kring til að nýta eldisrými seiðaeldisstöðva betur og lækka framleiðslukostnaður. - Byggja upp stórseiðaelði í strandeldisstöðvum sem geta tekið við þorskseiðum allt árið er í raun algjör forsenda þess að hægt verði að bjóða upp á þorskseiði á samkeppnishæfu verði á Íslandi.

2.7 SVÓT-greining

Styrkleikar

Styrkleiki þorskseiðaeldis á Íslandi er fyrst og fremst góð aðstaða til eldisins. Aðstæður til seiðaeldis eru t.d. góðar á Reykjanesi þar sem nægt aðgengi er að hreinum 7°C heitum jarðsjó árið um kring. Þetta hitastig er heppilegt fyrir stóran klakfisk og hrogn. Það er síðan hægt að hita jarðsjóinn upp í kjörhitastig fyrir lifur og seiði með jarðvarma. Samkeppnislönd eins og Noregur geta að vísu notað tiltölulega heitan djúpsjó (Sparboe o.fl. 2005) og yfirborðssjó yfir heitustu mánuðina, en hreinleika sjávarins getur verið ábótavant. Ávinningur af nýtingu jarðhitans gæti jafnframt minnkað með aukinni endurnýtingu í framtíðinni.

Veikleikar

Smæð hins íslenska markaðar fyrir þorskeldi og tengdar rannsóknir er líklega mesti veikleiki þorskseiðaeldis á Íslandi. Á Íslandi hefur aðeins verið ein seiðastöð fram að þessu en til samanburðar eru 12 stöðvar í Noregi. Í Noregi og víðar er þróun þorskeldis knúin áfram af gríðarlegri eftirspurn og stærð markaðarins skapar forsendur fyrir arðbærum seiðastöðvum. Á Íslandi er umfang rannsóknastarfsemi jafnframt aðeins lítið brot af því sem það er í Noregi. Framleiðni og seiðagæði á Íslandi eru fyllilega samþæring við erlendar seiðastöðvar en Ísland er hins vegar nokkrum árum á eftir þegar kemur að uppskölun framleiðslunnar. Í Noregi njóta seiðastöðvar hagkvæmni stærðarinnar og meðan svo er má reikna með því að framleiðslukostnaður verði hærri á Íslandi.

Ógnanir

Í smæð og fákeppni hins íslenska markaðar felast ákveðnar ógnanir. Í fyrsta lagi verður seiðaframboð frekar ótryggt ef aðeins verður um eina seiðastöð að ræða sem getur lent í ófyrirséðum áföllum. Í annan stað er óvíst að eftirspurn verði nægileg og seiðaverð nógu hátt til þess að skapa forsendur fyrir arðbærri

seiðaframleiðslu. Uppskölun á seiðaframleiðslu á Íslandi gæti hugsanlega orðið nokkuð vandasöm og tímafrek en ekki er ástæða til að líta á það sem sérstaka ógnun.

Tækifæri

Á Íslandi eru allar forsendur fyrir því að byggja upp seiðaframleiðslu fyrir íslenskt þorskeldi á stórum skala. Engar tæknilegar hindranir eru í veginum en stóra spurningin er sú hvort eftirspurn eftir seiðum verði næg til þess að skapa grundvöll fyrir arðbærum rekstri.

Ýmsir þættir hafa verið nefndir sem veikja samkeppnisstöðu Íslands og því er afar mikilvægt að huga vandlega að staðarvali fyrir seiðastöðvar. Með því að framleiða seiði árið um kring næðist mun betri nýting og lægri framleiðslukostnaður í seiðaframleiðslu. Umfangsmikið stórseiðaelði í strandeldisstöðvum sem gæti tekið við þorskseiðum allt árið er í raun algjör forsenda þess að hægt verði að bjóða upp á þorskseiði á samkeppnishæfu verði á Íslandi.

2.8 Heimildir

- Agnar Steinarsson 2004. Framleiðsla þorskseiða. Í, Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrít* 111: 41-86.
- Agnar Steinarsson 2005. Framleiðsla þorskseiða. Framvinduskýrsla til AVS sjóðsins. 11 bls.
- Agnar Steinarsson & Björn Björnsson 1999. The effects of temperature and size on growth and mortality of cod. *Journal of Fish Biology* 55(Suppl. A): 100-109.
- Albert K. Imsland & Foss, A. 2007. Godt påbegynt er halvt fullendt – effekter av startfôringsorganisme på vekst, fysiologi og deformiteter hos torsk. I, Boxaspen, K., Agnalt, A.-L., Gjøsæter, J., Jørgensen, L.L. & Skiftesvik, A.M. (red.). *Kyst og havbruk 2005. Fisken og havet, særnr. 2*–2007: 169-171.
- Albert K Imsland, Foss, A., Koedijk, R., Folkvord, A., Stefansson, S.O. & Jonassen, T.M. 2006. Short- and long-term differences in growth, feed conversion efficiency and deformities in juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) started on rotifers or Zooplankton. *Aquaculture Research* 37: 1015-1027.



- Anon 2006a. The Seafood Industry - Year in review 2005. Government of Newfoundland and Labrador. Department of Fisheries and Aquaculture. 20 pp.
- Annal report 2006. Institute of Aquaculture – Annal Report 2004-2005. University of Sterling. 33 p.
(www.aquaculture.stir.ac.uk/annreps/AR_04-05.pdf).
- Bailey, J., Rickova, J. & Alanärä, A. 2005. The prerequisites for and potential of cod farming in Sweden. *Finofo* 2005:12. 47 pp.
- Barr, Y., Alne, H., Berge, G., Bæverfjord, G., Espmark, Å.M., Grisdale-Helland, B., Halten, B., Helland, S., Lein, I., Mørkøre, T., Terjesen, B.F. & Åsgård, T. 2006. Culture of cod and halibut – practices and requirements for research and development, with emphasis on nutrition. A survey among cod juvenile producers, cod grow-out producers, halibut juvenile producers and feed producers. *Akvaforsk*. March 2006.157 p.
- Bergljót Magnadóttir, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Sigrún Lange, Agnar Steinarrson, Matthías Oddgeirsson, Bowden, T. Bricknell, I., Dalmo R. A. & Sigríður Guðmundsdóttir 2006. Immunostimulation of larvae and juveniles of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Diseases* 29: 147–155.
- Blaalid, G.-E., Jensen, P.M. og Tveit, K.J. 2006. Milliard til torsk. *Norsk Fiskeoppdrett* 31(11): 16-27.
- Bourhill, A. 2007. Large Scale Cod Farming in the Shetland Islands. Foredrag på Nettverkmøte ”Sats på torsk”. 14. – 16. februar 2007. Scandic City Hotel, Bergen.
- Bricknell, I. & Dalmo, R.A. 2005. The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. *Fish & Shellfish Immunology* 19 (5): 457-472.
- Brown, J.A., Minkoff, G. & Puvanendran, V., 2003. Larviculture of Atlantic cod (*Gadus morhua*): progress, protocols and problems. *Aquaculture* 227: 357–372.
- Browne, R.& Deegan, B. 2006. Status of Irish Aquaculture 2005. An information report on Irish Aquaculture Marine Institute, Bord Iascaigh Mhara and Taighde Mara Teo. 72 pp.
- Burr, G., Gatlin, D. & Rieke, S. 2005. Microbial Ecology of the Gastrointestinal Tract of Fish and the Potential Application of Probiotics and Probiotics in Finfish Aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society* 36(4): 425-436.
- Chambers, M.D. & Howell, W.H. 2006. Preliminary information on cod and haddock production in submerged cages off the coast of New Hampshire, USA. *ICES Journal of Marine Science* 63: 385-392.
- Einar Jónsson 1982. A survey of spawning and reproduction of Icelandic cod. *Rit Fiskideildar* 6(2): 45 p.
- Eyjólfur Friðgeirsson 1978. Embryonic development of five species of gadoid fishes in Icelandic waters. *Rit Fiskideildar* 5(5): 68 p.
- Fjellheim, A.J., Playfoot, K.J., Skjermo, J. & Vadstein, O., 2007. Vibrionaceae dominates the microflora antagonistic towards *Listonella anguillarum* in the intestine of cultured Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) larvae. *Aquaculture* 269: 98-106.
- Fletcher, R.C., Roy, Jr., W., Davie, A., Taylor, J., Robertson, D. & Migaud, H. 2007. Evaluation of new microparticulate diets for early weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua*): Implications on larval performances and tank hygiene. *Aquaculture* 263: 35–51.
- Gildberg, A. & Mikkelsen, H. 1998. Effects of supplementing the feed to Atlantic cod *Gadus morhua* fry with lactic acid bacteria and immuno-stimulating peptides during a challenge trial with *Vibrio anguillarum*. *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.
- Guðrún Marteinsdóttir 2006. Mikilvægi stórþorsks í viðkomu þorsksstofnsins við Ísland. *Náttúrufræðingurinn* 74(1-2): 3-10.
- Guðrún Marteinsdóttir & Agnar Steinarrson 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.
- Hansen, T., Mejdell, C., Svåsand, T., Osland, A., Øivind, B. & Taranger, G.L. 2007. Oppdrett av steril fisk. *Rapport fra Havforskningen* nr.3-2007. 34 s.
- Havgaard, K. 2007. Suksesskriterier i torskeyngeoppdrett. Foredrag på Nettverkmøte ”Sats på torsk”. 14. – 16. februar 2007. Scandic City Hotel, Beergen.
- Hamre, K. 2006. Nutrition in cod (*Gadus morhua*) larvae and juveniles. *ICES Journal of Marine Science* 63: 267-274.
- Hélène L. Lauzon & Rannveig Björnsdóttir (ritstjórar), 2006. FORVARNIR Í FISKELDI HLUTI A: Forvarnir í þorskelldi HLUTI B: Flokkun örvera og probiotika tilraunir. *Verkefnaskýrsla RF*. 01 - 06. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. 70 bls.
- Hélène L. Lauzon, Sigríður Guðmundsdóttir, Agnar Steinarrson, Eyjólfur Reynisson & Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir 2007. Influence of microbial treatments on survival, development and microbiota of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae. 13th International Conference of the EAFP, Grado, Italy, September 17-22, 2007, bls. 108.
- Hólmfríður Sveinsdóttir & Ágústa Guðmundsdóttir 2007. Rannsóknir á nýjum lífmerkjum til að meta ástand þorsklirfa í eldi með hjálp próteinmengjagreininga. Lokaskýrsla til AVS sjóðsins vegna styrkjar í smáverkefni. 14 bls.
- Hólmfríður Sveinsdóttir, Helgi Thorarensen & Ágústa Guðmundsdóttir 2006b. “Involvement of trypsin and chymotrypsin activities in the maturation of Atlantic cod (*Gadus morhua*) embryogenesis. *Aquaculture* 260: 307-314.
- Hólmfríður Sveinsdóttir, Agnar Steinarrson & Ágústa Guðmundsdóttir 2006b. Próteinmengjagreining á þorsklirfum (*Gadus morhua*) meðhöndluðum með fiskipeptíðum. Veggspjald á Raunvísindaflokki 2006.
- Irianto, A. & Austin B. 2002. Review: Probiotics in aquaculture *Journal of Fish Diseases* 25: 633–642.
- Jensen, P.M. 2007. Skotsk marinfisk-zoo. *Norsk fiskeoppdrett* 32(7):18-20.
- Jepsen, P.M., Andersen, N., Holm, T., Jørgensen, A.T. Højgaard J.A. & Hansen, B.W. 2007. Effects of adult stocking density on egg production and viability in cultures of the calanoid copepod *Acartia tonsa* (Dana). *Aquaculture Research* 38: 764-772.
- Lein, I., Poppe, L.T., Barr, Y., Hjelde, K., Helland, S., Takle, H., Andersen, Ø. & Bæverfjord, G. 2006. Temperatur er vigtig – også hos torsk! *Norsk Fiskeoppdrett* 31(4): 56-67.
- Lein, I. Hjelde, K., Helland, S. Andersen, Ø. & Bæverfjord, G. 2007. Erfaringer med deformiteter fra yngelanlegg og forskning. Foredrag på Nettverkmøte ”Sats på torsk”. 14. – 16. februar 2007. Scandic City Hotel, Bergen.
- Lush, L., Drover, D., Puvanendran, V. & Symonds, J. 2007. Gamete collection and egg quality comparison in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and its importance to a family-based selective breeding program. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 105-3: 31-38.
- Karlsen, Ø., Mangor-Jensen, A., van der Meeten & Taranger, G.L. 2005. Yngel- og matfiskproduksjon av torsk. I, Boxaspen, K., Agnalt, A.-L., Gjøsæter, J., Jørgensen, L.L. & Skiftesvik, A.M. (red.). Kyst og havbruk 2005. *Fisken og havet*, særnr. 2–2005: 118-122.



- Kjesbu, O.S. & Norberg, B. 2005. Stamfisk og gyting. I, Otterå, H., Taranger, G.L. & Borthen, J. (red.). Oppdrett av torsk – næring med framtid. s. 39-46. Norsk Fiskeoppdrett AS.
- Korsnes, K. Nicolaisen, O. Skår, C.K., Nerland, A.H. & Bergh, Ø. 2006. Bacteria in the gut of juvenile cod *Gadus morhua* fed live feed enriched with four different commercial diets. *ICES Journal of Marine Science* 63: 296-301.
- Mangor-Jensen, A., Øiestad, V., van der Meeren, T. Lein, I., Harboe, T. Opstad, I., Øie, G., Rainuzzo, J., Evjemo, J.O. Reiten, K.I. & Terjesen, B.F. 2006. Fra ekstensivt til intensivt oppdrett av marin fisk. I, Thomassen, M., Gudding, R., Norberg, B. & Jørgensen, L. (red.). Havbruksforskning: Fra merd til mat. Norges forskningsråd. s. 76-112.
- Marine Farm 2006. Annual Report 2006. Marine Farms ASA. 32 pp. (www.marinefarms.no/files/Financial%20Info%20Info%20mf_ifrs_2005_report_final.pdf).
- Marine Farm 2007. Annual Report 2006. Marine Farms ASA. 36 pp. (www.marinefarms.com/files/Financial%20Info%20Info%20mafa_-_annual_report_2006.pdf).
- Moksness, E., Kjorsvik, E. & Olsen, Y., 2004. *Culture of cold-water marine fish*. Blackwell Publishing Ltd., Oxford. 528 pp.
- Moretti, A., Pedini Fernandez-Criado, M. & Vetillart, R., 2005. Manual on hatchery production of seabass and gilthead seabream. Volume 2. Rome, FAO. 152 pp.
- Mørkøre, J. 2007. Utnyttelse av marine biprodukter på Færøyene. Foredrag på konferansen "Sats på torsk" Nettverksmøte 14.-16. februar 2007, Scandic City Hotell Bergen.
- Norberg, B., Brown, C. L., Halldórsson, Ó., 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.
- Olafsen, J.A. 2001. Interactions between fish larvae and bacteria in marine aquaculture. *Aquaculture* 200: 223-248.
- Olsen, Y., van der Meeren, T. & Reiten, K.I. 2004. First feeding technology. I: Moksness, E., Kjorsvik, E. & Olsen, Y. (eds), *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Blackwell Publishing Ltd. pp. 279-336.
- Overrein, I., Evjemo, J.O. Altin, D. Sørås, B. & Reiten, K.I. 2007. Intensiv produksjon av copepoder til bruk i startfôring av torsk. Foredrag på Nettverksmøte "Sats på torsk". 14. – 16. februar 2007. Scandic City Hotel, Beergen.
- Otterlei, E., Nyhammer, G., Folkvord, A. & Stefansson, S. O. 1999. Temperature and size-dependent growth of larval and early juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*): a comparative study of Norwegian coastal cod and northeast Arctic cod. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 2099-2111.
- Otterå, H. 2005. Yngelproduksjon – weaning og nursery. I, Otterå, H., Taranger, G.L. & Borthen, J. (red.). Oppdrett av torsk – næring med framtid. s. 113-119. Norsk Fiskeoppdrett AS.
- Pedersen, G.M., Gildberg, A. & Olsen, R.L. 2004. Effects of including cationic protein from cod milt in the feed to Atlantic cod (*Gadus morhua*) fry during a challenge trial with *Vibrio anguillarum*. *Aquaculture* 233: 31-43.
- Penney, R.W., Lush, P.L., Wade, A.J., Brown, J.A. & Burton, M.P.M. 2006. Effect of Photoperiod Manipulation on Broodstock Spawning, Fertilization Success, and Egg Developmental Abnormalities in Atlantic Cod, *Gadus morhua*. *Journal of the World Aquaculture Society* 37(3): 273-281.
- Peruzzi, S., Kettunen, A. Primicerio, P. & Kauric, G. 2007. Thermal shock induction of triploidy in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 38: 926-932.
- Puvanendran, V., Burt, A.M., Brown, J.A., 2006. Can Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae be weaned faster onto dry feed at higher temperatures? *Aquaculture* 255: 334-340.
- Rannveig Björnsdóttir 2007. Forvarnir í fiskeldi. Fyrirlestur á Aðalfundi Landsambands fiskeldisstöðva, 31. maí 2007.
- Rannveig Björnsdóttir & Jónína Þ. Jóhannsdóttir 2006. Möguleikar á framleiðslu blöndu bætibaktería fyrir fiskeldi á Íslandi. Rannsóknstofnun fiskiðnaðarins. *Verkefnaskýrsla Rf* 30-06. 11 bls.
- Rannveig Björnsdóttir, Heiðdís Smáradóttir, Jónína Jóhannsdóttir, Ágústa Guðmundsdóttir, Hólmfríður Sveinsdóttir, Hildigunnur Rut Jónsdóttir, Særun Ósk Sigvaldadóttir, Viktor Mar Bonilla, Eyjólfur Reynisson & María Pétursdóttir, 2006. Forvarnir í fiskeldi HLUTI B: Flokkun örvera, tilraunir með notkun bætibaktería og próteinmengja rannsóknir. Loka-skýrsla verkefnisins til AVS. *Verkefnaskýrsla Rf* 18-06. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. 53 bls.
- Reiten, K.I., 2005. Produksjon av levende fôr. I, Otterå, H., Taranger, G.L. & Borthen, J. (red.). Oppdrett av torsk – næring med framtid. S. 121-139. Norsk Fiskeoppdrett AS.
- Rosenlund, G. & Ólafur Halldórsson 2007. Cod juvenile production: Research and commercial developments. *Aquaculture* 268:188-194.
- Salze, G., Tocher, D.R. Roy, W.J. & Robertson, D.A. 2005. Egg quality determinants in cod (*Gadus morhua* L.): egg performance and lipids in eggs from farms and wild broodstock. *Aquaculture Research* 36:1488-1499.
- Sigríður Guðmundsdóttir, Bryndís Björnsdóttir, Bergljót Magnadóttir, Helga Árnadóttir & Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir 2004). Áhrif ónæmisörva og bætibakteríu á afkomu þorsklirfa. Ráðstefnurit: Afmælisráðsstefna Líffræðifélags Íslands og Líffræðistofnunar Háskólans í Öskju, 19. og 20. nóvember 2004. Bls. 44.
- Sigríður Guðmundsdóttir, Héléne L. Lauzon, Ívar Örn Árnason, Bjarnheiður K. Guðmundsdóttir, Agnar Steinarsson & Bergljót Magnadóttir 2007. Effects of probiotic bacteria on larvae of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). 7th International Symposium on Fish Immunology, Stirling, Scotland, June 19-22, 2007, p-36
- Skjermo, J. . Størseth, T. R., Hansen, K. Handå, A. & Øie, G. 2006. Evaluation of β -(1 $\rightarrow$ 3, 1 $\rightarrow$ 6)-glucans and High-M alginate used as immunostimulatory dietary supplement during first feeding and weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture* 261: 1088-1101
- Skæraasen, J.E., Salvanes, A.G.V., Karlsen, Ø., Dahle, R., Nilssen, T. & Norberg, B. 2004. The effect of photoperiod on sexual maturation, appetite and growth in wild Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Fish Physiology and Biochemistry* 30: 163-174.
- Sparboe, L.O., Solbakken, J., Hermansen, Ø., Seiring, J. Skog, S., Christensen, T., Toften, H., Sæther, B.S. & Skajaa, K. 2005. Strategier for settefiskproduksjon av torsk i Nord-Norge. Akvaplan niva. *Report: APN-630.2627*. 154 s.
- Støttrup, J.G., Overton, J.L., Möllmann, C., Paulsen, H., Pedersen, P.B. & Lauesen, P. 2005. Opdræt af torsk yngel til udsætning i Østersøen, 01.02.2004-30.06.2004: Slutrapport. *DFU-rapport* 143-05:1-77.
- Vadstein, O., Mo, T.M. & Bergh, Ø. 2004. Microbial interactions, prophylaxis and diseases. In, Moksness, E., Kjorsvik, E. & Olsen, Y. (eds), *Culture of Cold-Water Marine Fish*. Blackwell Publishing Ltd. pp. 28-72.
- Valdimar Ingí Gunnarsson & Jørgensen, A.J. 1998. Þorskrannsóknir við Ísland með tilliti til hafbeitar. Hafrannsóknastofnunin, *Fjölrít* nr.64. 55 bls.
- Valdimar Ingí Gunnarsson & Kristján G. Jóakimsson 2007. Staða



- Þorskeldis í Noregi - Ráðstefna í Bergen 14.-16. febrúar 2007. *Sjávarútvegurinn – Vefrit um sjávarútvegsmál* 7(1): 1-7.
- van der Meeren, T. 2002. Gyting, innsamling, inkubering og klekking av egg. I, Glette, J., van der Meeren, T., Olsen, R.E. & Skilbrei, O. (ritstj.), *Havbruksrapport 2002. Fisken og Havet*, Sæmr 3: 64-69.
- van der Meeren, T. & Ivannikov, V. 2001. Seasonal shift in spawning of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) by photoperiod manipulation: egg quality in relation to temperature and intensive larval rearing. *Aquaculture Research* 37: 898-913.
- van der Meeren, T. & Harboe, T. 2006. Produksjon av marin fiskeyngel. I, Svåsand, T., Boxaspen, K., Dahl, E., Jørgensen, L.L. (red.) 2006. Kyst og havbruk 2006. *Fisken og havet*, sæmr. 2-2006: 150-153.
- van der Meeren, T., Pedersen, J.P. & Kolbeinshavn, A.-G. 2005. Yngelproduksjon – larvefase. I, Otterå, H., Taranger, G.L. & Borthen, J. (red.). Oppdrett av torsk – næring med framtid. S. 85-111. Norsk Fiskeoppdrett AS.
- van der Meeren, T., Mangor-Jensen, A. & Pickova, J. 2007. The effect of green water and light intensity on survival, growth and lipid composition in Atlantic cod (*Gadus morhua*) during intensive larval rearing. *Aquaculture* 265: 206-217.
- Theódór Kristjánsson & Agnar Steinarrson 2007. Kynbætur og seiðaelði. Framvinduskýrsla til AVS sjóðsins. 25 bls.
- Thorsen, A. 2005. Egg og klekkeridrift. I, Otterå, H., Taranger, G.L. & Borthen, J. (red.). Oppdrett av torsk – næring med framtid. S. 63-69. Norsk Fiskeoppdrett AS.
- Totland, G.K., Kryvi, H. & Grotmol, S. 2004. Torskeyngel med “nakkeknekk” utgjør et av hovedproblemene i intensivt oppdrett i dag. Agnalt, A., Ervik, A., Kristiansen, T.S., Oppedal, F. (red.) 2004. Havbruksrapport 2004. *Fisken og havet*, sæmr. 3-2004: 57-63.
- Tveiten, H. 2007. Økt temperatur fører til ending i gytetidspunkt og redusert eggoverlevelse hos atlantisk torsk. Havbruk en næring i vekst. Norsk Forskningsråd. 3 s.
- Yoneda, M. & Wright, P.J. 2005. Effect of varying temperature and food availability on growth and reproduction in first-time spawning female Atlantic cod. *Journal of Fish Biology* 67: 1225-1241.
- Þórarinn Ólafsson 2005. Staða þorskeldis á Íslandi. Fyrirlestur á Aðalfundi Landsambands fiskeldisstöðva, 31. maí 2005.
- Watson, L. & Stokes, A. 2004. Seahorses to sea urchins. The next big splash in Irish aquaculture. Bord Iascaigh Mhara. Irish Sea Fisheries Board. 68 pp.