



Sjávarútvegsdeild
2002

Þorskseiðaframleiðsla

Leiðbeinendur: Agnar Steinarsson og Valdimar Ingi Gunnarsson.

Upplag: 8.

Blaðsíðurfjöldi: 70.

Fjöldi viðauka: 3.

Útgáfu- og notkunarréttur: Verkefnið má ekki fjölfalda, hvorki að hluta til né í heild,
nema með skriflegu leyfi höfundar.

Björn Gíslason

Lokaverkefni til 120 eininga BS-prófs í sjávarútvegsdeild

Yfirlýsingar

Ég lýsi því hér með yfir að ég einn er höfundur þessa verkefnis og að það er ágóði eigin rannsókna.

Björn Gíslason

Það staðfestist hér með að lokaverkefni þetta, fullnægir að okkar dómi kröfum til BS-prófs í sjávarútvegsdeild.

Agnar Steinarsson Cand.Scient. í sjávarlíffræði

Valdimar Ingi Gunnarsson M.Sc. í sjávarútvegsfræðum

Abstract

Key words: Gadus morhua, fingerlings, larvae, methods of production, cost of production, cod farming.

This thesis discusses which methods are used for producing cod fingerlings, what major problems are in the way and what factors affect the production cost the most.

The methods used for producing cod fingerlings are similar to the methods developed for production of fingerlings of other marine species, e.g. sea bass and sea bream. As for those species the first feeding phase is quite long and survival is low. In recent years a number of researches have been done on production methods for cod fingerlings and therefore the methods are continuously improving. Cod fingerlings production can be divided into a few stages which are; egg production, hatchery, larval stage and juvenile stage. It takes about 12-13 days to hatch an egg but that marks the beginning of the larval stages. The larval stages end when metamorphosis is mostly over, around day 30, and then the juvenile stage starts. It continues until the juvenile becomes a small fish a few months later.

The biggest problems in cod fingerling production are low survival and little production pr. volume unit. The factors that influence the survival the most are deformalities, feed, hunger, cannibalism and fish diseases. It is important to produce quality eggs because egg quality positively influences the quality of larvae and fingerlings which again influence survival.

Production cost was calculated for 21 kr. pr. 1 g fingerling and 59 kr. pr. 115 g juvenile. The results indicate that fixed costs are a big part of the total production costs and therefore it is important to use size efficiency to lower the production cost for each fingerling. Wages represent a high percentage of total costs for both fingerling sizes and therefore it is important to produce as many fingerlings as possible pr. employe to cut costs. The factors that had the greatest effect on variable costs for 1 g fingerlings are survival, other cost and wages, but factors such as dry feed costs also had a great effect on the production cost for 115 g juveniles.

Þakkarorð

Ég vil þakka konunni minni, Herdísi Björk Þórðardóttur, fyrir dyggan stuðning við gerð þessa verkefnis og yfirlestur á því. Einnig vil ég þakka leiðbeinendum mínum, Agnari Steinarssyni og Valdimari Inga Gunnarssyni, fyrir alla þá aðstoð sem þeir veittu mér. Jón Þórðarson, deildarforseti sjávarútvegsdeildar, á sérstakar þakkir skyldar fyrir yfirlestur og góð ráð. Ég vil þakka Útgerðarfélagi Akureyringa fyrir að hafa skaffað mér aðstöðu meðan á vinnslu verkefnisins stóð. Mamma gamla, Heiða Karlsdóttir, fær þakkir fyrir yfirlestur á verkefninu. Að lokum vil ég þakka bekkjarfélögum mínum, starfsfólki Háskólans á Akureyri og þeim fjölmörgu sem hafa gefið mér góð ráð á meðan vinnslu þessa verkefnis stóð.

Útdráttur

Lykilorð: Þorskseiði, lirfur, framleiðsluaðferðir, framleiðslukostnaður, þorskeldi.

Verkefni þetta tekur á hvaða aðferðum er beitt við þorskseiðaeldi, hvaða vandamál eru helst í veginum og hvaða þættir hafa mestu áhrif á framleiðslukostnað þorskseiða.

Í þorskseiðaeldi er beitt líkum aðferðum og notast hefur verið við í seiðaeldi á öðrum sjávarfiskum, eins og t.d. á barra og brama. Líkt og með þeim er frumfóðrunartími þorskseiða nokkuð langur og afföll eru mikil framan af. Umtalsverðar rannsóknir hafa verið unnar á undanförunum árum og eru menn sífellt að ná betri tókum á framleiðsluferlinu. Þessu ferli má skipta í nokkur stig en þau eru; hrognaframleiðsla, klak, lirfustig og seiðastig. Það tekur um 12-13 daga að klekja út hrogn en þá tekur lirfustig við. Lirfustigi lýkur þegar myndbreyting er að mestu afstaðin, rúmum mánuði eftir klak, og þá tekur við seiðastig sem stendur þar til seiðið getur talist smáfiskur nokkrum mánuðum eftir klak.

Helstu vandamál í þorskseiðaframleiðslu eru mikil afföll á lirfu- og seiðastigi sem og lítil framleiðsla á rúmmálseiningu. Þeir þættir sem helst hafa áhrif á afföll eru þroskunargallar, fóður, fæðuskortur, sjálfrán og sjúkdómar. Mikilvægt er að framleiða sem best hrogn því hrognagæði skila sér í betri gæðum á lirfum og seiðum sem aftur dregur úr afföllum.

Framleiðslukostnaður var reiknaður út fyrir 1 g seiði og 115 g seiði og reyndist hann vera um 21 kr. fyrir litlu seiðin en 59 kr. fyrir þau stóru. Niðurstöðurnar gáfu til kynna að fastur kostnaður sé stór hluti framleiðslukostnaðar og því er mikilvægt að nýta sér stærðarhagkvæmni til að lækka hann sem mest á hvert seiði en þannig er hægt að lækka kostnað verulega. Launakostnaður er nokkuð hátt hlutfall kostnaðar hjá báðum seiðastærðum og því er mikilvægt að framleiða sem flest seiði á hvert ársverk til að lækka kostnað. Hjá litlum seiðum hafa lifun, ýmis kostnaður og launakostnaður einna mest áhrif á breytilegan kostnað en hjá stórum seiðum hefur þurrfóðurverð einnig mikið að segja um framleiðslukostnað.

Efnisyfirlit

1	<u>INNGANGUR</u>	1
1.1	STAÐA OG STEFNA ÞORSKSEIÐAELDIS	3
1.1.1	ÍSLAND	3
1.1.2	ÖNNUR LÖND	4
2	<u>ÞORSKSEIÐAFRAMLEIÐSLA</u>	6
2.1	FRAMLEIÐSLA ÞÖRUNGA OG FÆÐUDÝRA	8
2.1.1	ÞÖRUNGAR	8
2.1.1.1	Umhverfisþættir	8
2.1.1.2	Næring	9
2.1.1.3	Búnaður og aðferðir	9
2.1.1.4	Þörungabykkni	10
2.1.1.5	Þörungaframleiðsla	10
2.1.2	HJÓLDÝR	11
2.1.2.1	Umhverfisþættir	12
2.1.2.2	Fóður og auðgunarefni	13
2.1.2.3	Ræktunaraðferðir	13
2.1.3	ARTEMÍA	15
2.1.3.1	Umhverfisþættir	15
2.1.3.2	Ræktunarbúnaður	16
2.1.3.3	Afskurnun og sóttþreinsun	16
2.1.3.4	Klak og uppskera	16
2.1.3.5	Auðgun	17
2.1.3.6	Artemíuframleiðsla	17
2.2	HROGNAFRAMLEIÐSLA	18
2.2.1	HRYGNING ÞORSKS	18
2.2.2	HRYGNINGARFISKUR	18
2.2.2.1	Vertíðarþorskur	18
2.2.2.2	Alinn hrygningarþorskur	19
2.2.2.3	Kynbætur	19
2.2.2.4	Hrygningarfiskur	20
2.2.2.5	Fóðrun hrygningarfisks	22
2.2.2.6	Umhverfisþættir við eldi hrygningarfisks	23
2.2.2.7	Ljósastýring	23
2.2.2.8	Búnaður hrygningarfisks	25
2.2.3	KLAK	27
2.3	LIRFUSTIG	30
2.3.1	ÞROSKUN LIRFA	30
2.3.1.1	Kviðpokastig	30
2.3.1.2	Vaxtarstig	31
2.3.1.3	Myndbreyting	32
2.3.2	UMHVERFISÞÆTTIR	32
2.3.3	FÓÐRUN	35

2.3.4	BÚNAÐUR OG UMHIRÐA	37
2.4	SEIÐASTIG.....	38
2.4.1	ÞROSKUN SEIÐA OG AFKOMA	38
2.4.2	UMHVERFISÞÆTTIR	38
2.4.3	FÓÐRUN	39
2.4.4	BÚNAÐUR OG UMHIRÐA	40
3	<u>HELSTU VANDAMÁL Í SEIÐAFRAMLEIÐSLU</u>	41
3.1	MIKIL AFFÖLL Á LIRFU- OG SEIÐASTIGI	41
3.1.1	ÞROSKUNARGALLAR	41
3.1.2	FÓÐUR OG FÆÐUSKORTUR	42
3.1.2.1	Mikil fæðudýraþörf.....	43
3.1.2.2	Þurrfóðurrannsóknir	44
3.1.2.3	BioKyowa þurrfóður	46
3.1.2.4	Gemma Micro þurrfóður	47
3.1.2.5	Gemma þurrfóður.....	47
3.1.3	SJÁLFRÁN	48
3.1.4	SJÚKDÓMAR.....	49
3.2	LÍTIL FRAMLEIÐSLA Á RÚMMÁLSEININGU	50
4	<u>GREINING FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐAR.....</u>	51
4.1	LÍTIL SEIÐI (1 G).....	51
4.1.1	LÍFFRÆÐILEGAR FORSENDUR	51
4.1.2	ÚTREIKNINGAR	53
4.2	SJÓKVÍAKLÁR SEIÐI (115 G).....	55
4.2.1	ÚTREIKNINGAR	56
5	<u>UMRÆÐUR OG ÁLYKTANIR.....</u>	59
5.1	ÞORSKSEIÐAFRAMLEIÐSLA	59
5.2	VANDAMÁL Í SEIÐAELDI.....	60
5.3	GREINING FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐAR	61
6	<u>HEIMILDASKRÁ</u>	65
6.1	SKRIFLEGAR HEIMILDIR	65
6.2	MUNNLEGAR HEIMILDIR.....	69
6.3	HEIMILDIR AF VERALDARVEFNUM	69

Myndaskrá

MYND 1-1. YFIRLIT YFIR FRAMLEIÐSLUAÐFERÐIR Í ÞORSKSEIÐAELDI.	2
MYND 2-1. YFIRLIT YFIR ÞORSKSEIÐAELDI Í TILRAUNAELDISSTÖÐ HAFRANNSÓKNASTOFNUNAR.	6
MYND 2-2. DÆMI UM ÞÖRUNGA SEM NOTAÐIR ERU Í ELDI.	8
MYND 2-3. STÓR LOTURÆKT ÞÖRUNGA.	9
MYND 2-4. HJÓLDÝR.	11
MYND 2-5. HJÓLDÝR.	12
MYND 2-6. SALT VATNSRÆKJAN ARTEMÍA.	15
MYND 2-7. MINNKANDI HROGNAÐVERMÁL EFTIR GOTI.	20
MYND 2-8. FJÖLDI HROGNA Í GOTI.	21
MYND 2-9. FÓÐURUPPTAKA HRYGNINGARFISKS.	22
MYND 2-10. DÆMI UM LJÓSASTÝRINGU Á ÞORSKI.	24
MYND 2-11. ELDISKVÍ MEÐ HROGNASÖFNUNARBÚNAÐI.	25
MYND 2-12. HROGNASÖFNUN.	26
MYND 2-13. KLAKÍLÁT.	27
MYND 2-14. KLAKKÖR FYRIR HROGN.	28
MYND 2-15. HROGN Á MISMUNANDI ÞROSKASTIGUM.	29
MYND 2-16. HROGN STUTTU FYRIR KLAK.	29
MYND 2-17. ÞORSKLIRFA Á MISMUNANDI STIGUM.	30
MYND 2-18. DAGVÖXTUR VIÐ MISMUNANDI HITASTIG.	33
MYND 2-19. DAGLEG AFFÖLL VIÐ MISMUNANDI HITASTIG.	33
MYND 2-20. FRUMFÓÐRUNARKAR.	37
MYND 2-21. ELDISKER MEÐ HREINSIBÚNAÐI.	40
MYND 3-1. SAMANBURÐUR Á FRUMFÓÐRUN ÝMISSA ELDISFISKA.	42
MYND 3-2. YFIRLIT YFIR FRAMÞRÓUN Í ELDI Á BARRASEIÐUM.	46
MYND 4-1. VAXTARFERILL ÞORSKSEIÐIS (KLAK-1 G).	51
MYND 4-2. NÆMNI GREINING FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐAR 1 G SEIÐIS.	54
MYND 4-3. VAXTARFERILL ÞORSKSEIÐIS (1-115 G).	55
MYND 4-4. NÆMNI GREINING FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐAR 115 G SEIÐA.	57

Töfluskrá

TAFLA 1-1. ÁRSFRAMLEIÐSLA ÞORSKSEIÐA HJÁ HAFRÓ.	3
TAFLA 2-1. ÁHRIF HITASTIGS Á LÍFSFERIL HJÓLDÝRA.	12
TAFLA 2-2. ÁRLEG ÁHRIF KYNBÓTA Á FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐ 4 KG LAXS.	19
TAFLA 3-1. NÆRINGARSAMSETNING HJÓLDÝRA, ARTEMÍU OG DÝRASVIFS.	44
TAFLA 3-2. YFIRLIT YFIR ELDI Á BRAMA.	46
TAFLA 3-3. YFIRLIT YFIR BAKTERÍU- OG VÍRUSSJÚKDÓMA Í ÞORSKI.	49
TAFLA 4-1. HELSTU FORSENDUR FYRIR ÚTREIKNINGI Á SEIÐAVERÐI.	52
TAFLA 4-2. FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐUR 1 G SEIÐA.	53
TAFLA 4-3. HELSTU FORSENDUR FYRIR ÚTREIKNINGI Á SEIÐAVERÐI 115 G SEIÐA.	56
TAFLA 4-4. FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐUR 115 G SEIÐA.	56
TAFLA 5-1. FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐUR 5 G SEIÐA SKV. NORSKRI ÚTTEKT.	61
TAFLA 5-2. FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐUR 120 G SEIÐA SKV. ÍSLENSKRI ÚTTEKT.	62
TAFLA 5-3. FRAMLEIÐSLUKOSTNAÐUR 80 G LAXASEIÐA Í NOREGI 2000.	63

Skilgreiningar

Við lestur þessa verkefnis er æskilegt að nokkrir þættir séu hafðir í huga.

1. Allar kostnaðartölur hafa verið reiknaðar yfir í íslenska mynt miðað við gengi 10.04.2002 nema annað sé sérstaklega tekið fram.
2. Þegar talað er um hvernig hlutunum er háttáð í eldi hjá Hafrannsóknastofnun er átt við Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar á Stað við Grindavík.

1 Inngangur

Kveikjan að þessu verkefni er sú að á undanförunum misserum hafa verið gerðar tilraunir, jafnt hér á Íslandi sem og í Noregi með eldi á þorski. Í kjölfar þessara tilrauna hefur áhugi manna aukist til muna á þorskeldi og er nú svo komið að þó nokkrir aðilar hérlendis eru farnir að leggja stund á áframeldi í tilraunaskyni og ráðstefnur um þorskeldi hafa verið vel sóttar. Þar að auki er farið í gang stórt verkefni sem heitir Þorskeldi á Íslandi – stefnumörkun og upplýsingarbanki, en meginmarkmið þess eru:

- Að meta samkeppnishæfni þorskeldis á Íslandi.
- Að móta stefnu í rannsókn- og þróunarvinnu.
- Að afla og miðla upplýsingum um þorskeldi.

Verkefnið er samstarfsverkefni sjávarútvegsdeildar Háskólans á Akureyri, Hafrannsóknastofnunar og sjávarútvegsfyrirtækja.¹

Tilraunir með eldi á þorski hafa gefið til kynna að svokallað áframeldi með villtum þorski sé ábótasamur kostur en eldi frá seiði lítur ekki eins vel út miðað við núverandi stöðu. Það er fyrst og fremst vegna lítills framboðs af þorskseiðum en fram til þessa hefur gengið erfiðlega að ala þau á hagkvæman hátt, framboð hefur verið lítið og þar af leiðandi verð hátt.²

Eitt stærsta vandamálið við þróun eldis á kaldsjávarfiskum hefur verið seiðaeldi og þar er þorskurinn engin undantekning. Þorskseiðaeldi í tjörnum hefur verið reynt erlendis en gallinn við slíkar aðferðir er að erfitt er að stjórna umhverfisaðstæðum og þar af leiðandi eldinu sjálfu. Tjarnaeldið hefur gengið upp og ofan en m.a. sökum lítillar framleiðslugetu hafa menn í auknu mæli horft til stríðeldisaðferða til að auka framleiðslugetu og ná stjórn á æskilegum eldisþáttum.

Stríðeldisaðferðir hafa þegar verið þróaðar til seiðaeldis á hlýsjávarfiskum eins og barra og brama og velgengni þess eldis hefur aukið á vonir manna með að hægt sé að stríðala þorskseiði á hagkvæman hátt. Yfirlitsmynd yfir helstu framleiðsluaðferðir gefur að líta á mynd 1-1.³

¹ www.thorskeldi.is

² Glette, J., o.fl., 2002:58.

³ Van der Meeren, T., o.fl., 2001:5-6.



Mynd 1-1. Yfirlit yfir framleiðsluaðferðir í þorskseiðaeldi.

Heimild: Van der Meeren, T., 1997:369.

Fyrst var hafist handa á níunda áratugnum við að gera tilraunir með að stríðala þorskseiði en með misjöfnum árangri. Mörg vandamál hafa reynst vera í veginum og hafa menn undanfarin ár unnið hörðum höndum að því að leysa þau. Norðmenn, ásamt fleiri þjóðum, ætla sér stóra hluti í þorskeldi og hafa því varið miklum fjármunum í rannsóknir og þróunarstarf á þessum vettvangi. Á árabílinu 2001-2010 er ætlunin að eyða 3,7 milljörðum kr. í rannsóknir á þorskeldi.⁴

Ætlunin er í þessu verkefni að fara í gegnum eldisferil þorskseiða fram að þeim tíma sem búið er að venja þau á þurrfóður. Þegar því er lokið er ætlunin að rýna betur í þá þætti eldisins sem hafa verið hvað vandasamastir, skoða samsetningu framleiðslukostnaðar þorskseiða og greina mikilvægustu þætti þeirrar samsetningar.

Rannsóknarspurning þessa verkefnis er:

Hvaða aðferðum er beitt við stríðeldi á þorskseiðum í dag, hvaða vandamál eru helst í veginum enn sem komið er og hver eru áhrif þeirra á framleiðslukostnað þorskseiða?

⁴ Oppdrett av torsk, 2001:17.

1.1 Staða og stefna þorskseiðaeldis

1.1.1 Ísland

Framleiðsla þorskseiða á Íslandi hefur verið stunduð í tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar á Stað við Grindavík. Tilraunir með þorskseiðaframleiðslu hófust árið 1993 og litu fyrstu seiðin dagsins ljós 1994. Framleiðslan hefur þó verið af skornum skammti eins og gefur að líta í töflu 1-1.

Tafla 1-1. Ársframleiðsla þorskseiða hjá Hafró.

Heimild: Agnar Steinarsson, 2002.

Ár	Fjöldi seiða
1994	50
1995	1.700
1996	7.000
1997	4.000
1998	3.000
1999	3.000
2000	2.000
2001	10.000
Samtals	30.750

Árið 1996 styrkti Rannsóknarráð Íslands þorskseiðaframleiðslu en það ár voru framleidd 7.000 seiði. Framleiðslan dróst saman árin þar á eftir en árið 2001 var meiri áhersla lögð á þorskseiðaframleiðslu á nýjan leik. Gera má ráð fyrir að það komi til með að skila sér í aukinni framleiðslu á komandi árum þar sem meiri áhugi er fyrir þorskseiðaframleiðslu hjá sjávarútvegsfyrirtækjum sem og stjórnvöldum en áður.⁵

Nú fyrr á þessu ári kom Útgerðarfélag Akureyringa á fót lítilli seiðaeldisstöð á Hauganesi við Eyjafjörð sem hluta af tilraunum félagsins á sviði fiskeldis. Stöðinni er ætlað að taka við seiðum frá Hafró sem búið er að venja á þurrfóður og ala þau áfram þar til mögulegt er að koma þeim í sjókvíar. Samhliða eldinu verða gerðar á þeim vaxtar- og fódurtilraunir. Stöðin tók til starfa í febrúar 2001 og voru þá flutt 7.000 seiði í hana frá tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar.⁶

Hraðfrystihúsið Gunnvör hefur einnig tekið á mót 1.000 seiðum frá Hafrannsóknastofnun og eru þau nú í landeldi fyrir vestan. Tekið var á mót seiðunum í októberlok árið 2001 og eru þau nú, um 5 mánuðum síðar, á stærðarbilinu 100-200 g

⁵ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

⁶ Óttar Már Ingvarsson, samtal 2002.

og er reiknað með að setja þau í sjókvíar sumarið 2002. Tilraunir hafa jafnframt verið gerðar með að veiða villt seiði og hafa þær gengið ágætlega. Í kringum áramótin 2001-2002 voru veidd á annað þúsund seiði í rækjutroll og eru þau nú jafnframt í eldi.⁷

1.1.2 Önnur lönd

Norðmenn eru komnir þjóða lengst í þorskeldi og er gríðarlegur áhugi fyrir þorskeldi hjá norskum eldismönnum um þessar mundir. Fram til þessa hefur megnið af þorskseiðum verið alið í tjarnaeldi, en menn horfa nú í síauknu mæli til stríðeldis á þorskseiðum sem nauðsynlegs baklands fyrir hagkvæmt þorskeldi.

Norðmenn framleiddu um 500.000 seiði árið 2000 en aðeins 10% þeirra seiða komu úr stríðeldi en hin úr tjarnaeldi. Ári síðar hafði framleiðslan aukist um helming og var þá tæplega helmingur þeirra seiða stríðalinn. Ljóst er að framleiðsla komandi ára kemur til með að margfaldast en ekki er gott um það að segja hversu mikil hún verður. Bjartsýnustu spár telja að á komandi árum verði reistar 20 stórar seiðaeldisstöðvar í Noregi en fjárfesting við þær er um 5 milljarðar kr. Framleiðslugeta þessara stöðva yrði um 100 milljónir seiða á ári en það er efniviður í 300.000 tonn af þorski á ári.⁸ Hógværari framtíðarspár reikna með miklum vexti en framleiðslan yrði þó umtalsvert minni, eða um 12-15 milljónir seiða fyrir árið 2010.⁹

Líkt og annars staðar er vaxandi áhugi fyrir þorskeldi á Bretlandi enda er þar sterkur hvítfiskmarkaður innanlands. Hvað seiðaeldi varðar horfa menn þar eingöngu til stríðeldis en samvinnuverkefni eru í gangi um að reisa 5-6 seiðastöðvar og ef þær áætlanir ganga eftir kemur framleiðslan til með að verða ríflega 2 milljónir seiða árið 2004.¹⁰

Í Kanada ætla menn sér að stríðala seiði auk þess að stunda áframeldi í einhverri mynd en aðstæður þeirra eru vissulega aðrar en flestra annarra vegna hruns þorskstofns þeirra á níunda áratugnum. Reiknað er með því að seiðaframleiðslan nái 250.000 seiðum árið 2003 en fyrirtæki ætla sér að auka þessa framleiðslugetu upp í 2 milljónir seiða á komandi árum.¹¹

⁷ Kristján Jóakimsson, samtal, 2002.

⁸ Agnar Steinarsson, 2002:4.

⁹ Kvenseth, P.G., o.fl., 2000:104.

¹⁰ Rosenlund, G., 2001:21.

¹¹ Rosenlund, G., 2001:22.

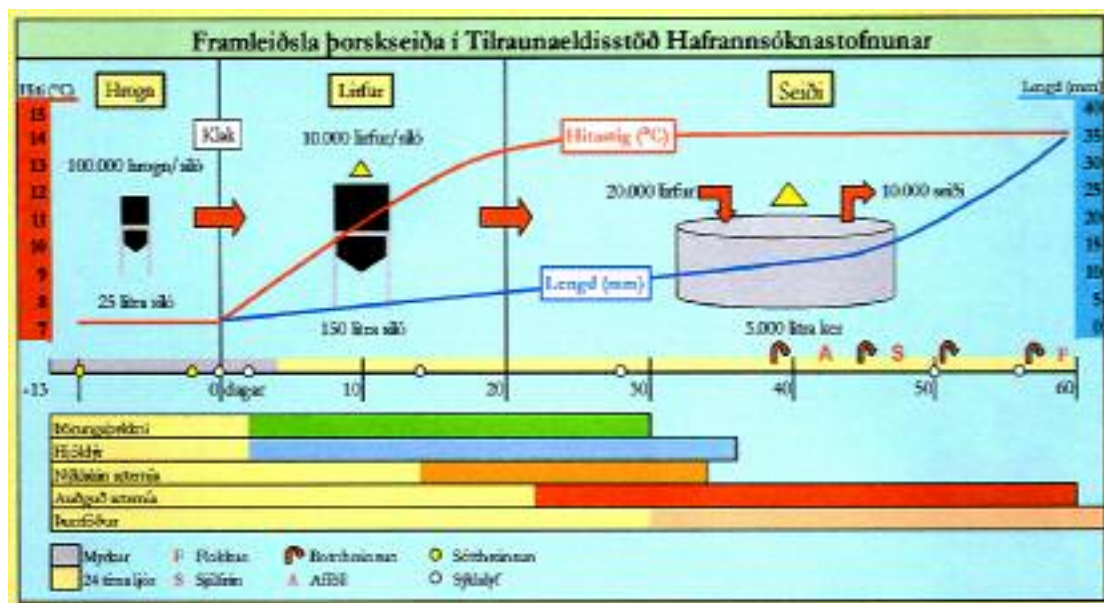
Talsvert rannsóknastarf hefur verið unnið á þorskseiðaeldi í Maine í Bandaríkjunum¹² og einnig eru uppi áform um þorskeldi í Danmörku á komandi árum. Danir hafa komið af stað rannsóknarverkefni til að kanna möguleika þorskeldis þar í landi en verkefnið hófst árið 2001. Markmið verkefnisins eru, auk þess að kanna möguleika þorskeldis í Danmörku, að safna göngum um eldisaðferðir og framfarir sem orðið hafa í þorskeldi á undanförunum árum.¹³

¹² Baskerville-Bridges, 2000:61.

¹³ www.akvatorsk.difres.dk

2 Þorskseiðaframleiðsla

Þorskur á það sameiginlegt með flestum öðrum sjávarfiskum að leggja meiri áherslu á magn en gæði og geta af sér mörg smá og afar óþroskuð afkvæmi sem verða að nærast á lifandi bráð á lirfustigi. Aðferðir við stríðeldi þorskseiða eru í stórum dráttum eins hjá öllum seiðaframleiðendum en þó er oft nokkur munur á eldistækni og eldisbúnaði. Mynd 2-1 sýnir þá framleiðsluaðferð sem hefur gefið hvað besta raun hjá tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar en hjá þeim skiptist seiðaframleiðslan í tvo hluta; lirfueldi í sílóum og seiðaeldi í kerjum. Eftir því sem næst verður komist virðist sem erlendir seiðaframleiðendur noti eingöngu ker og eru flestir með samfelldan framleiðsluferil frá klaki. Í grundvallaratriðum er um sömu aðferð að ræða í mismunandi ílátum.



Mynd 2-1. Yfirlit yfir þorskseiðaeldi í tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar.

Heimild: Agnar Steinarsson, 2002.

Þorskseiðaframleiðslu má skipta í nokkra meginþætti, en þeir eru:

- Öflun og klak hroгна.
- Lirfueldi.
- Seiðaeldi.

Skilin á milli lirfueldis og seiðaeldis eru óljós en oft er miðað við myndbreytingu sem er að mestu afstaðin rúmum mánuði eftir klak. Eins og gefur að líta á mynd 2-1 hér að ofan þá er seiðaeldi margþætt ferli sem tekur breytingum eftir því á hvaða lífsstigi

seiðið er. Þegar hrognum hefur verið safnað saman er þeim komið fyrir í klakílátum þar sem þau eru alin fram að klaki. Við klak eru lirfurnar fluttar í stærri síló en þar hefst fóðrun á degi 2-3. Í fyrstu er fóðrað með hjóldýrum en eftir því sem líður á tímann er einnig fóðrað með saltvatnsrækjunni *Artemia salina*. Eftir því sem líður á eldistímann hækkar hitastig eldisvökva. Eftir um þrjár vikur er seiðunum komið fyrir í eldiskörum og er þá einnig farið að fóðra með þurrfóðri. Þetta er sú aðferð sem fram til þessa hefur gefið hvað besta raun en erfitt er að segja hvað framtíðin ber í skauti sér þar sem þorskseiðaeldi er í hraðri þróun.¹⁴

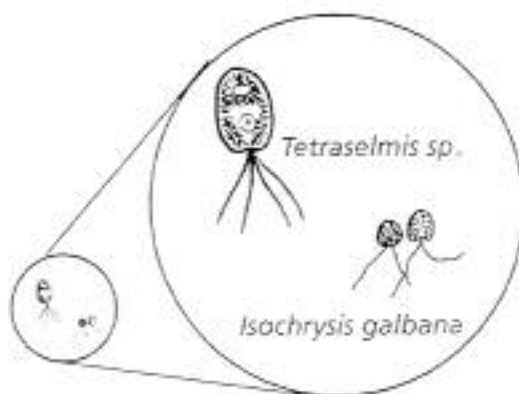
Til að hægt sé að fóðra seiði verður fóðurdýraframleiðsla að vera til staðar. Auk þess verður að gæta vel að því að umhverfisþættir sem og allt verklag og aðstæður henti lirfunum og seiðunum vel þar sem lítið má út af bregða til að illa fari. Markmið þessa kafla er að fara í gegnum þessa þætti og hvernig staðið er að þorskseiðaeldi í dag.

¹⁴ Agnar Steinarsson, 2002:16.

2.1 Framleiðsla þörunga og fæðudýra

Þar sem afkvæmi þorsksins eru óþroskuð og smá við klak verða þau að nærast á lifandi bráð á lifrustiginu. Þessi lifandi bráð samanstendur af hjóldýrum og artemíu, en hana verður að framleiða. Jafnframt er æskilegt að framleiða þörunga en notkun þeirra hefur gefið góða raun í lifrueldi.

2.1.1 Þörungar



Mynd 2-2. Dæmi um þörunga sem notaðir eru í eldi.

Heimild: Waagbo, R., o.fl., 2001.

Þörungar eru oft notaðir við eldi á lifrum sjávarfiska, þó svo að þeir séu ekki taldir nauðsynlegir, auk þess sem þeir eru notaðir við auðgun fæðudýra. Þeir þörungar sem algengastir eru hér á norðurhveli jarðar eru kísilþörungar og svipuþörungar.¹⁵ Þörungar hafa jákvæð áhrif á vatnsgæði í eldi þar sem þeir fjarlægja lífrænan úrgang og framleiða súrefni. Þar að auki eru þeir hluti þeirrar næringar sem liffan fær á þessum tímipunkti og hafa góð áhrif á ónæmiskerfi þeirra og auka fæðunám.¹⁶

2.1.1.1 Umhverfisþættir

Þeir umhverfisþættir sem hafa mest áhrif á vöxt þörunga eru ljós, hitastig, sýrustig og selta. Þörungarækt þarf að vera í miklu ljósi því þaðan kemur orkan sem drífur ljóstillífun. Algengt er að ræktir séu hafðar undir ljósum allan sólarhringinn og er styrkur þeirra á bilinu 2.500-5.000 lux. Sé notast við rafmagnsljós er æskilegast að notast við fluorescent ljós sem geisla annað hvort á bláa eða rauða hluta litrófsins þar

¹⁵ Naas, K.E. o.fl., 1990:43-45.

¹⁶ Coutteau, P., 1996.

sem það eru virkasti hlutinn fyrir þörungana. Æskilegasta hitastig vatns í þörungarækt er um 18-24°C, selta þess er um 20-24 grömm/l og sýrustig er á bilinu pH 7-9.¹⁷

2.1.1.2 Næring

Þar sem sjó skortir oft hluta nauðsynlegra efna verður að bæta næringarefnum út í þörungaræktir. Helstu næringarefni sem þörungum eru nauðsynleg eru köfnunarefni, fosfat og kísill. Auk þeirra eru ýmis vítamín mikilvæg í litlum skömmtum; thíamín (B₁-vítamín), cyanocobalamín (B₁₂-vítamín) og biotín. Mögulegt er að kaupa tilbúnar blöndur til að næra þörunga með, t.d. Walne medium og Guillard's F/2 medium.¹⁸

2.1.1.3 Búnaður og aðferðir

Þörungar eru yfirleitt ræktaðir í litlum tönkum eða kerjum og stundum jafnvel plastpokum. Stærð ræktunarbúnaðarins er háð því magni sem ætlunin er að framleiða en sú leið er oft farin í loturækt að það er byrjað smátt og síðan er ræktin flutt í stærri ílát eftir því sem þörungunum fjölgar.



Mynd 2-3. Stór loturækt þörunga.

Heimild: Coutteau, P., 1996.

Ræktunaraðferðir þörunga eru margar og ólíkar en hægt er að rækta þörunga í útitjörnum sem og í flóknum, lokuðum, sterílum kerfum. Þrjár aðferðir eru þó mest notaðar til að framleiða þörunga fyrir fiskeldi en þær eru loturækt, sírækt og framhaldsrækt.¹⁹

Loturækt er einföldust en hún fer þannig fram að stofnrækt er komið fyrir í næringarríkum sjó og þar vaxa þörungarnir þar til hámarkspéttleika er náð. Sírækt er flóknasta afbrigðið en þar er stöðug framleiðsla af þörungum. Hún fer þannig fram að

¹⁷ Coutteau, P., 1996.

¹⁸ Coutteau, P., 1996.

¹⁹ Coutteau, P., 1996.

næringarríkum sjó er stöðugt dælt í ræktina en á sama tíma er tilbúinni rækt dælt út þannig að jafnvægi haldist. Segja má að framhaldsrækt sé afbrigði af hinum aðferðunum tveimur en í henni er þörungarnir aldir í stórum tönkum eða pokum. Þegar æskilegum þéttleika er náð er hluti af ræktinni tekinn og í stað hans fyllt upp með næringarríkum sjó. Þetta er endurtekið koll af kolli og er sú aðferð sem er líklega hvað víðast notuð við fiskeldi.²⁰

2.1.1.4 Þörungabykkni

Fyrir þá sem kjósa að framleiða ekki sína eigin þörungum er mögulegt að kaupa þörungabykkni sem eru þörungar sem hafa verið þéttir og mynda því einskonar leðju. Vegna þess hversu mikið þeir eru þéttir er 1 ml samsvarandi 1-4 lítrum af lifandi þörungum. Með því að kaupa þörungabykkni er hægt að spara umtalsverða vinnu og umstang við ræktun þörungum. Notkun þörungabykknis er mjög einföld en þykknið þarf aðeins að hræra í vatni og þá er það tilbúið í eldisvökvann. Mögulegt er að fá marga helstu tegundir þörungum sem notaðir eru í fiskeldi í formi þörungabykknis en þar á meðal eru *Nannochloropsis*, *Isochrysis*, *Tetraselmis* og *Chaetoceros*. Notkun þörungabykknis eykur öryggi þar sem engin hættu er til staðar að eigin rækt hrynji, ekki er þörf á fjárfestingu í ræktunarbúnaði og engin úrgangsefni er að finna í þykkninu né bakteríur.²¹

2.1.1.5 Þörungaframleiðsla

Þegar hugað er að framleiðslukostnaði skiptir auðvitað verulegu máli hvaða ræktunaraðferð er notuð en menn hafa náð hvað bestum árangri með þörungaræktir innandyra en þannig er mögulegt að hafa stjórn á öllum umhverfisþáttum. Kostnaður við þörungarækt getur verið mjög mismunandi eða allt frá 4-300\$ pr. kg þurrvigt.²² Það fer eftir stærð eldis hvaða ræktunaraðferð er hagkvæmust og eins kann að vera að fyrir ákveðnar stærðir eldis sé það hagkvæmara að kaupa tilbúið þörungabykkni, en það sparar fjárfestingu í búnaði sem og mannafl í ræktun.

Fiskeldi Eyjafjarðar framleiddi mikið af *Isochrysis* þörungum eða um 1.500 lítra á dag í þéttleikanum 4-6 milljónir pr. ml og var vinnan við þessa rækt um hálf túsund ára verk.²³

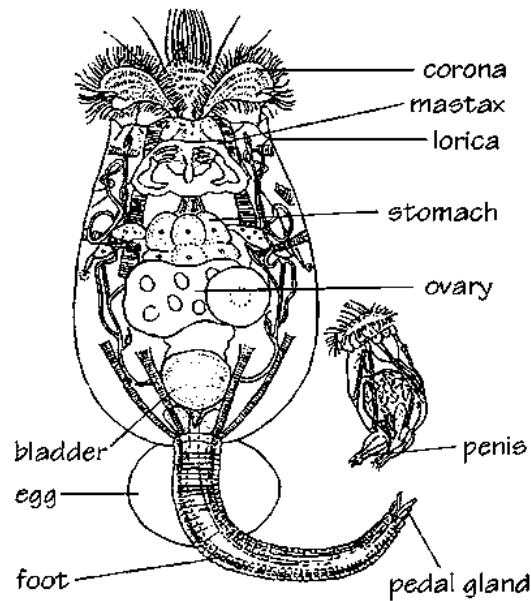
²⁰ Coutteau, P., 1996.

²¹ <http://www.instant-algae.com/microalgae/index.htm>

²² Coutteau, P., 1996.

²³ Arnar Jónsson, samtal, 2002.

2.1.2 Hjóldýr



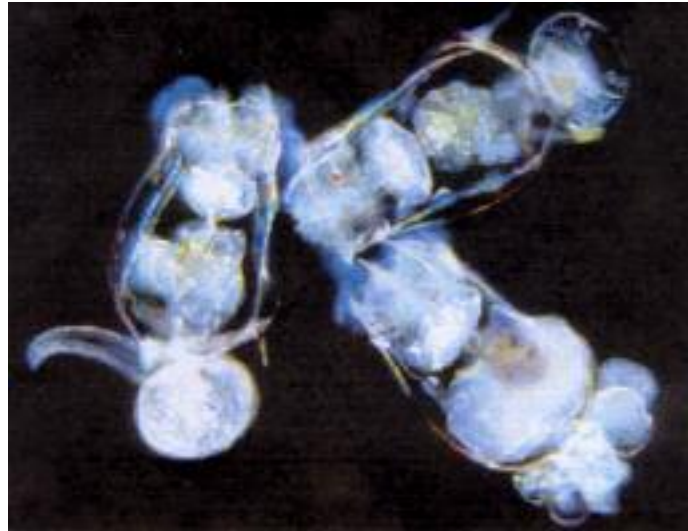
Mynd 2-4. Hjóldýr.

Heimild: Coutteau, P., 1996.

Á sjötta og sjöunda áratug síðustu aldar kom hjóldýrið *Brachionus plicatilis* upp sem óæskilegt aðskotakvikindi í álaeldi. Það liðu hins vegar ekki mörg ár þar til að japanskir vísindamenn uppgötvuðu að þetta hjóldýr hentaði vel til fóðrunar á frumstigum lirfueldis sjávarfiska. Nú er svo komið að hjóldýr eru víða notuð í seiðaeldi en skýringarmynd af hjóldýri er að finna á mynd 2-4 hér að ofan.

Ástæður þess að hjóldýr henta vel á frumstigum lirfueldis eru margar. Lítil sundhraði og smá stærð hjóldýranna, 100-340 μm , gera þau að þægilegri bráð fyrir þorsklirfur sem enn eru ekki nægilega þroskaðar til að éta stærri bráð. Eins telst það ótvíræður kostur að hægt er að framleiða hjóldýr í miklum þéttleika. Þau þola vítt svið umhverfisskilyrða og fjölga sér hratt, eða um 0,7-1,4 afkvæmi á hvert kvendýr á dag að meðaltali, háð hitastigi. Æxlun hjóldýra getur verið með tvennu móti, kynæxlun og kynlaus æxlun. Þau verða fullorðin eftir 0,5-1,5 dag og er talið að hvert kvendýr geti alið 10 kynslóðir afkvæma.²⁴

²⁴ Dhert, P., o.fl., 2001.



Mynd 2-5. Hjóldýr.

Heimild: Agnar Steinarsson, 2002.

Aðeins örfáar undirtegundir hjóldýra af ættinni *Brachionus* eru notaðar sem fæðudýr í fiskeldi. Þær tegundir sem langmest eru notaðar eru *Brachionus plicatilis*, eða stór hjóldýr (L-type), og *Brachionus rotundiformis*, eða lítil hjóldýr (S-type). Helsti munurinn á þessum tveimur tegundum er stærðin auk þess sem litlu hjóldýrin vaxa betur við hærra hitastig, eða 28-35°C, á móti 18-25°C fyrir stóru hjóldýrin. Í töflunni hér að neðan gefur að líta hvernig líftími hjóldýra er við mismunandi hitastig.²⁵

Tafla 2-1. Áhrif hitastigs á lífsferil hjóldýra.

Heimild: Dhert, P., 1996.

Hitastig	15°C	20°C	25°C
Þroskun fósturvísis (dagar)	1,3	1,0	0,6
Fyrsta got (dagar)	3,0	1,9	1,3
Tími milli gota (klst)	7,0	5,3	4,0
Líftími (dagar)	15	10	7
Fjöldi eggja gotið yfir líftíma	23	23	20

2.1.2.1 Umhverfisþættir

Æskilegasta hitastig fyrir hjóldýr getur verið örlítið mismunandi eftir undirtegundum en er þó yfirleitt um 22°C. Hjóldýr geta lifað í vatni sem er með allt niður í 2 mg/l af uppleystu súrefni en magn súrefnis í vatni fer þó eftir hitastigi og seltu, en í hjóldýrarækt með miklum þéttleika er nauðsynlegt að bæta súrefni í ræktina til að

²⁵ Dhert, P., 1996.

nægilegt súrefni sé til staðar fyrir hjóldýrin sem og til að lofta út kolsýru. Þess verður þó að gæta að loftun sé ekki of öflug þar sem slíkt getur skaðað hjóldýrin. Hjóldýr geta lifað við sýrustig yfir 6,6 pH en einna bestur árangur hefur fengist í ræktun við pH-gildi sem eru um og yfir 7,5. Mögulegt er að stilla sýrustig ræktunarvökvans með sóða, t.d. vítissóða. Þó svo að hjóldýr þoli mikla seltu vaxa þau best við seltustig undir 35 ppt.²⁶

2.1.2.2 Fóður og auðgunarefni

Hjóldýr vaxa hvað best á þörungum. Það er hins vegar erfitt að halda uppi nægilegri fóðrun með þörungum og því eru þeir oft notaðir aðeins til að koma ræktinni af stað og síðan aftur til auðgunar. Hjóldýr eru því yfirleitt fóðruð á tilbúnu fóðri, geri, þörungum eða blöndu af þessu. Hjóldýr eru auðguð m.a. vegna þess að þau innihalda lítið magn af fjölómettuðum fitusýrum, EPA (eikósapentaensýra) og DHA (dókósaheksaensýra). Mögulegt er að auðga hjóldýr af þessum fitusýrum með þörungum, lýsi eða tilbúnu fóðri eins og *Culture Selco*[®] og *DHA Culture Selco*[®]. Einnig er fánlegt tilbúið fóður sem er sérstaklega ætlað til próteinauðgunar og sem dæmi um það má nefna *Protein Selco*[®]. Hjóldýr eru gjarnan auðguð með C-vítamíni en það dregur úr stressi og vansköpun lirfa.²⁷

Hjóldýr eru auðguð í 24 tíma og er fóðurgjöfin um 0,5-1,0 g á hver milljón dýr en það er þó misjafnt eftir auðgunarefnum. Þegar auðgun er lokið er lausnin kæld niður í sama hitastig og er í frumfóðrunarkarínu en þá eru dýrin tilbúin.²⁸ Þau eru því næst síuð úr eldisvökvannum, skoluð með hreinum eða jafnvel sterilum sjó, böðuð til að drepa bakteríur og loks hreinsuð, en þá eru þau tilbúin til fóðurgjafar. Notast hefur verið við 80 micron dúk hjá Hafrannsóknastofnun við síun hjóldýra.²⁹

2.1.2.3 Ræktunaraðferðir

Eins og með þörungana er hægt að rækta hjóldýr í loturækt, sírækt og framhaldsrækt. Loturækt er sú aðferð sem mest er notuð við hjóldýraræktun en hún er framkvæmd þannig að hjóldýrum er komið fyrir í eldisíláti og á 3-4 dögum eru þau ræktuð upp í hámarkspéttleika en þá eru þau notuð og nýrri rækt komið af stað. Góðri rækt er haldið til haga og er hún notuð til að koma nýrri rækt af stað. Hjóldýr eru ræktuð í

²⁶ Dhert, P., 1996.

²⁷ Dhert, P. o.fl., 2001:129-133.

²⁸ Kjørnes, A., 1990:68.

²⁹ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

kerjum eða sílóum sem eru allt frá 100 lítrum upp í 10 tonn en þéttleiki í hjóldýrarækt er á bilinu 200-2000 hjóldýr/ml. Hjá Hafrannsóknastofnun hefur verið notast við 150 lítra og 800 lítra síló undir hjóldýr.³⁰

Mikil þróun hefur verið á undanförunum árum í hjóldýrarækt. Ný endurnýtingarkerfi með biofilterum eru komin á markaðinn en þau gefa möguleika á því að framleiða mikið magn hjóldýra á hverja rúmmálseiningu með auknum gæðum og hagkvæmni. Eins eru komin á markaðinn nýjar gerðir hjóldýrafóðurs sem gera mönnum kleift að ala hjóldýr í loturækt í mun meiri þéttleika en áður var mögulegt.³¹

³⁰ Agnar Steinarsson, 2002:10.

³¹ Dhert, P., o.fl., 2001:135-136.

2.1.3 Artemía

Lirfustig (náplíur) saltvatnsrækjunnar *Artemia salina* eru mest notaða lifandi bráðin í seiðaeldi fiska. Árlega eru meira en 2.000 tonn af dvalareggjum artemíu seld um allan heim.³² Árleg framleiðsla sveiflast nokkuð og á síðasta ári var magnið 7.000 tonn, sem er gríðarlegt magn þar sem um 230.000-320.000 dvalaregg eru í hverju g. Mikill meirihluti dvalareggjanna kemur úr The Great Salt Lake í Utah í Bandaríkjunum. Artemía er 0,4 mm við klak en er orðin 10 mm eftir 8 daga ræktun.³³ Artemía er gríðarlega þolin fyrir salti og finnst því yfirleitt á stöðum þar sem rándýr þrífast ekki.



Mynd 2-6. Saltvatnsrækjan artemía.

Heimild: Agnar Steinarsson, 2002.

Kvendýr geta bæði fætt lifandi lirfur sem og myndað dvalaregg, en það gera þau ef umhverfisaðstæður eru neikvæðar. Öll efnaskipti eru stopp í dvalareggjum og fósturvísirinn liggur í dvala þar til umhverfisaðstæður batna á nýjan leik. Þegar aðstæður batna hefjast efnaskipti að nýju og eftir um 20 tíma rofnar egghimnan og náplían klekst út.³⁴

2.1.3.1 Umhverfispættir

Ræktunarhitastig artemíu er á bilinu 25-28°C, selta 15-35 ppt og æskilegt er að sýrustig sé yfir pH 8 en það er hægt að stilla með matarsóða eða vítissóða. Vatnið á að vera mettað af súrefni (yfir 3 mg/l), lýsing á að vera um 2.000 lux og þéttleiki

³² Van Stappen, G., 1996.

³³ Agnar Steinarsson, samtal 12.03.2002.

³⁴ Van Stappen, G., 1996.

dvalareggja á ekki að vera meiri en 2 g/l þó svo að mögulegt sé að vera með meiri þéttleika í litlum ræktum (<20 lítrar).³⁵

2.1.3.2 Ræktunarbúnaður

Mögulegt er að nota hverskyns kör við artemíurækt svo lengi sem loftun og næringarefni dreifast vel um kerid. Körin sem dvalareggjin eru ræktuð í eiga helst að vera með keilulaga botni og loftun að neðan en þannig næst góð loftun án þess að skaða artemíurnar. Ef hvöss horn myndast í botni kerjanna er hætt við því að egg safnist þar saman og drepist.³⁶

2.1.3.3 Afskurnun og sóttþreinsun

Fisklirfum getur stafað umtalsverð hættu af bakteríum sem upp geta komið í fæðudýraeldi. *Vibrio* sp. er sú tegund sem er hvað algengust í artemíuklaci en flestar *vibrio* eru tækifærissinnaðar bakteríur sem geta valdið sjúkdómum eða jafnvel dauða hjá fisklirfum, sér í lagi ef fiskurinn er undir álagi. Til að koma í veg fyrir sýkingar er artemían afskurnuð en stærsti hluti bakteríuflórunnar er á ysta lagi hennar. Skurn dvalareggisins er fjarlægð með því að baða það í hypokloríði en við það losnar skurnin. Þessi aðferð fjarlægir ekki allar bakteríur en minnkar fjölda þeirra verulega.³⁷

2.1.3.4 Klak og uppskera

Að lokinni afskurnun klekjast eggin út á 24 tímum. Eftir að megnið af úrganginum hefur verið fjarlægð úr karinu er artemían sigtuð með finum möskva (<150 µm) og síðan skoluð með vatni til að fjarlægja lífræn efni klaksins burt. Ef artemía er ekki auðguð er hún notuð sem fyrst þar sem nýklakin artemía (artemía á fyrsta stigi) þrífst eingöngu á eigin orkuforða og mikilvægt að nota hana til fóðrunar meðan hún er sem orkuríkust. Það tekur artemíuna aðeins fáeinar klukkustundir að komast á annað stig. Þá hefur hún þegar notað hluta orku sinnar og er orkuinnihald hennar um 25-30% lægra 24 tímum eftir klak. Auk þess er hún hraðsyndari og illsjáanlegri þannig að fisklirfurnar eiga erfiðara með að éta hana.³⁸

Ef ætlunin er að nota artemíuna nýklakta er hægt að koma í veg fyrir þetta orkutap með því að kæla hana niður í 4°C en við það hægir verulega á efnaskiptum.

³⁵ Sorgeloos, P. o.fl. 2001:149.

³⁶ Van Stappen, G., 1996.

³⁷ Van Stappen, G., 1996.

³⁸ Van Stappen, G., 1996.

Hægt er að geyma artemíu í miklum þéttleika, eða 8 milljónir náplía í líter, í 24 tíma með þessari aðferð en það hefur í för með sér að nægilegt er að uppskera aðeins einu sinni á dag sem er mjög vinnusparandi.³⁹

2.1.3.5 Auðgun

Líkt og með hjóldýr er nauðsynlegt að auðga artemíuna til að hún sé sem best næring fyrir sjávarfiska. Eftir klak er artemían sett í nýtt kar þar sem hún er auðguð. Nauðsynlegt er að hún sé auguð af fjölómettuðum fitusýrum, EPA og DHA, en hún er einnig auðguð með phospholípíðum og C-vítamíni. Algengast er að artemía sé auðguð í um 24-48 tíma við þéttleika á milli 100-300 náplíur/ml áður en hún er notuð. Artemían er auðguð í 25°C heitum sjó og er auðgunarefnum bætt út í á 12 tíma fresti, um 0,3 g/l í hvert skipti.⁴⁰

Misjafnt er hvaða fóður menn nota til að auðga artemíu. Til eru á markaðnum sérstakar blöndur sem eru til þess gerðar að auðga artemíu fyrir fisklirfur en sem dæmi má nefna blöndur eins og *Selco*® og *Algamac*®. Jafnframt notast menn við ger, fiskimjöl og sumir útbúa jafnvel sínar eigin leyniblöndur. Fiskeldi Eyjafjarðar hefur þróað sína eigin blöndu til að auðga artemíu þar sem þau auðgunarefni sem voru á markaðnum fyrir hentuðu illa til að auðga artemíu fyrir lúðuseiði. Blandan byggir á því að þarfir kaldsjávarfiska fyrir fjölómettaðar fitusýrur er meiri heldur en hlýsjávarfiska og því er blandan auðgri af fjölómettuðum fitusýrum.⁴¹

2.1.3.6 Artemíuframleiðsla

Framleiðslukostnaður við artemíurækt getur sveiflast mikið, bæði eftir því hversu mikið er framleitt og ekki síður vegna sveiflakennds framboðs á artemíu. Í dag kostar kg af dvalareggjum um 3.500 kr. en árið 2001 var verðið um 12.000 kr. en þetta háa verð var sökum uppskerubrests sem varð tvö ár í röð.⁴²

Fiskeldi Eyjafjarðar ræktar verulegt magn artemíu árlega eða að jafnaði úr um 500 kg hrogna. Ræktað er í kerjum og er vinnan við það um 1-1,5 ársverk að jafnaði.⁴³

³⁹ Sorgeloos, P. o.fl. 2001:150.

⁴⁰ Sorgeloos, P. o.fl. 2001:150-154.

⁴¹ Arnar Jónsson, samtal, 2002.

⁴² Arnar Jónsson, samtal, 2002.

⁴³ Arnar Jónsson, samtal 2002.

2.2 Hrognaframleiðsla

2.2.1 Hrygning þorsks

Þorskur í náttúrulegu umhverfi hrygnir einu sinni á ári. Hér við land hefst hrygning hans í síðari hluta mars og stendur fram í maíbyrjun en hápunkturinn er í apríl. Hrygningin sjálf fer fram á 50-100 m dýpi miðsævis. Hrognafjöldi hrygna getur verið mjög mismunandi en almennt er hrognafjöldinn meiri eftir því sem hrygnan er stærri. Þannig hrygnir 50 cm hrygna um hálfri milljón hrogn á meðan þær stærstu hrygna allt að 15 milljónum hrogn. Hrygnurnar hrygna ekki öllum þessum fjölda í einu heldur í minni skömmtum og yfirleitt með 2-3 daga millibili (m.v. hita á bilinu 6-8°C). Því er hver hrygna að hrygna í allt að 6-8 vikur en það er þó mismunandi eftir stærð en þær minni eru fljótari að ljúka sér af.⁴⁴

Aldur þorsks við kynþroska er mjög mismunandi. Í náttúrunni byrjar fiskurinn að koma inn í hrygningu á fjórða ári en er ekki að fullu kominn inn í hrygningu fyrr en á 7-8 ári.⁴⁵ Aftur á móti byrjar eldisþorskur að hrygna mun fyrr og er hluti fisksins farinn að hrygna eins árs gamall og nær allur fiskurinn tveggja ára.⁴⁶

2.2.2 Hrygningarfiskur

2.2.2.1 Vertíðarþorskur

Segja má að tvær leiðir séu færar í öflun hrogn en önnur þessara tveggja leiða er að nota sér vertíðarþorsk. Ef sú leið er farin að notast við vertíðarþorsk þá er það gert með þeim hætti að hann er veiddur og síðan kreistur. Kostur þess að notast við vertíðarþorsk er sá að gæði hrogn eru nokkuð örugg en gallinn er að aðeins er mögulegt að nálgast hrogn einu sinni á ári en slíkt myndi gefa mjög lélega nýtingu á seiðastöð.⁴⁷

Söfnun klakfisks verður að vera tímanlega þar sem tími verður að gefast til að kyngreina fiskinn sem og að greina ókynþroska fisk frá. Þar að auki er æskilegt að gefa fiskinum tíma til að jafna sig eftir veiðar og átta sig á nýjum aðstæðum áður en að hrygningu kemur. Margar leiðir eru mögulegar við veiðar á klakfiski, t.d. lína,

⁴⁴ Karl Gunnarsson o.fl., 1998:170.

⁴⁵ Nyttjastofnar sjávar 1999/2000:104.

⁴⁶ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

⁴⁷ Agnar Steinarsson, 2002:7.

handfæri og gildirur. Gildirur eru líklega einn besti kosturinn þar sem þær fara best með fiskinn.⁴⁸

2.2.2.2 Alinn hrygningarþorskur

Hin leiðin sem hægt er að fara í öflun hrognna er eldi á hrygningarfiski. Hyggi menn á þorskseiddaeldi er mun líklegra að þessi leið verði farin heldur en sú fyrri þar sem þorskur hrygnir auðveldlega í eldi, öfugt við margar aðrar tegundir.⁴⁹ Með því að ala hrygningarþorsk er aðgengi að hrognum mun auðveldara auk þess sem mögulegt er að nálgast hrogn á öðrum árstímum en á vorin og er það gert með ljósastýringu (sbr. kafli 2.2.2.7 Ljósastýring).

2.2.2.3 Kynbætur

Til að ná sem bestum árangri í þorskeldi er mikilvægt að stunda kynbætur á hrygningarfiski en slíkt hefur gefið góða raun með aðrar tegundir eins og t.d. lax. Það er fyrst og fremst gert með það að markmiði að fá fisk sem vex hraðar, er sterkari gagnvart sýkingum og verður síðar kynþroska.⁵⁰

Tafla 2-2. Árleg áhrif kynbóta á framleiðslukostnað 4 kg laxs.

Heimild: Jónas Jónasson o.fl., 1996:19.

Framleiðslukostnaður (kr/kg)	Án kynbóta	Lækkun v. kynbóta	% munur
Fóður til vaxtar	59,40	-	0,00%
Fóður til viðhalds	29,60	-0,51	-1,72%
Laun	56,00	-0,97	-1,73%
Rafmagn	26,00	-	0,00%
Viðhald og endurbætur	17,00	-0,29	-1,71%
Ýmis gjöld	10,00	-0,17	-1,70%
Bóluefni	8,00	-	0,00%
Fjármagnskostnaður	34,00	-0,59	-1,74%
Alls	240,00	-2,53	-1,05%

Umtalsverður árangur hefur náðst með kynbótum á laxi en á 24 árum hefur tekist að auka vaxtarhraða um 60-70%, fóðuruþptöku um 50% og seinka kynþroska um 10%.⁵¹ Meginmarkmið kynbóta er að lækka framleiðslukostnað en því er náð með hraðvaxta eldisfiski sem hefur síðbúinn kynþroska. Miðað við þann árangur sem náðst hefur í laxeldinu er árleg lækkun á framleiðslukostnaði um 1,05% sbr. töflu 2-2.

⁴⁸ Senstad, K., 1990:15.

⁴⁹ Rosenlund, G. o.fl., 1993:142.

⁵⁰ Glette, J., o.fl., 2002:85-86.

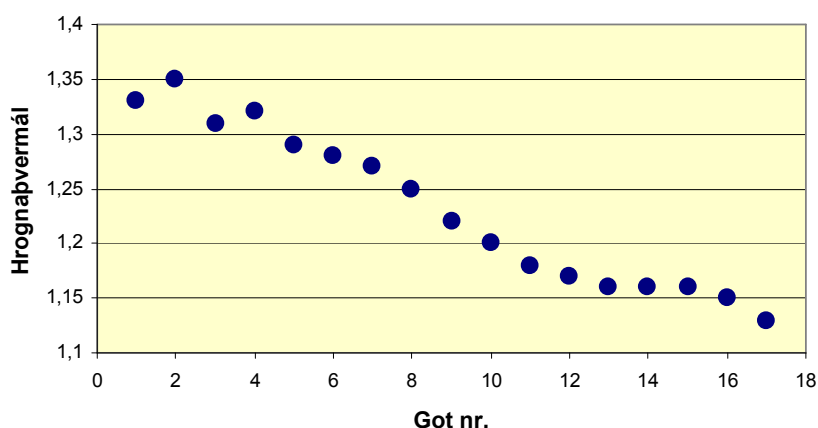
⁵¹ Jónas Jónasson, samtal, 2002.

Árangurinn er samleggjandi þannig að á 10 árum hefur framleiðslukostnaðurinn lækkað um allt að 10%.⁵²

Arfgengi þorsks er svipað og annarra fiska sem hafa verið kynbættir fyrir fiskeldi og má því reikna með áþekkingu árangri hjá þorski og raunin hefur verið hjá laxi.⁵³

2.2.2.4 Hrygningarfiskur

Margir þættir geta haft áhrif á hrognagæði hjá hrygningarfiski en þar má nefna ástand fisks, fœðurgæði og umhverfisaðstæður. Æskilegra er talið að notast við stóran hrygningarfisk þar sem stórar hrygnur gefa af sér fleiri og stærri hrogn sem síðan gefa aftur af sér betri lirlfur en sýnt hefur verið fram á jákvætt samband á milli lengdar hrygna og þvermáls hroгна.⁵⁴



Mynd 2-7. Minnkandi hrognþvermál eftir goti.

Heimild: Kjesbu, O.S., 1990.

Svo virðist sem stærð hroгна í hverju goti sé mest í byrjun hrygningartímabils en minnki síðan eftir því sem líður á tímabilið eins og gefur að líta á mynd 2-7.⁵⁵ Þvermál hroгна minnkar gjarnan úr um 1,50 mm í byrjun hrygningartímabilsins niður í það að vera um 1,15 mm við lok þess en það fer þó allt eftir stærð þess hrygningarfisks sem notast er við. Frjósemi hrygna er gjarnan mæld í fjölda hroгна á hvert g hrygnu en frjósemi þorsks er oft á bilinu 600-900 hrogn á hvert g hrygnu.

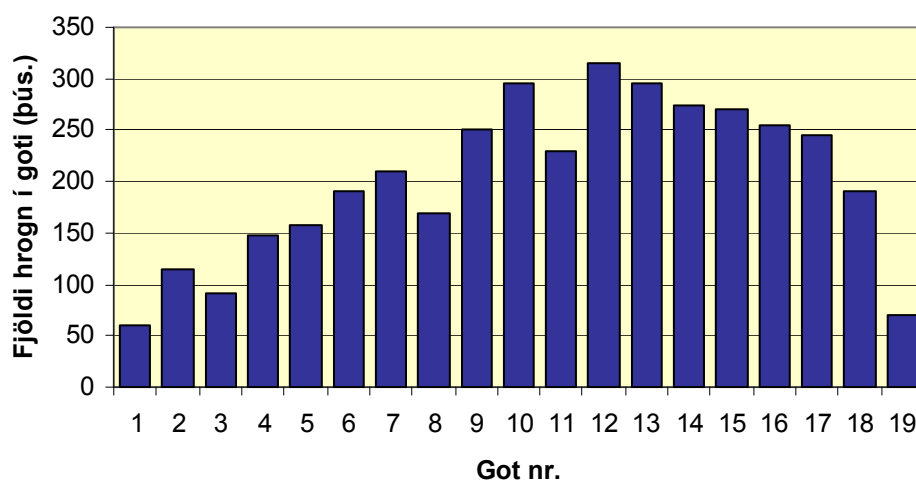
⁵² Jónas Jónasson o.fl., 1996:19.

⁵³ Jónas Jónasson, samtal, 2002.

⁵⁴ Kjesbu, O.S., 1989:204.

⁵⁵ Kjesbu, O.S., 1996:612-615.

Sterkt samband er á milli frjósemi og ástand fisksins og svo virðist vera sem eldisþorskur framleiði meira af hrognum heldur en villtur fiskur.⁵⁶



Mynd 2-8. Fjöldi hrognna í goti.

Heimild: Kjesbu, O.S., 1990.

Fjöldi hrognna í goti eykst jafnt og þétt eftir því sem að líður á hrygninguna en þegar um þriðjungur hrygningarinnar er eftir tekur hrognunum að fækka á nýjan leik eins og sést á mynd 2-8.

Stærð hrognna er mjög mikilvæg þar sem sterkt jákvætt samband er á milli stærðar hrognna annars vegar og stærðar lirfa, aldurs við fyrstu fódruun, fódurtöku, þroskunar sundmaga og vaxtar hins vegar. Þetta er sökum þess að kviðpokastigið er stutt og eftir því sem lirfurnar eru stærri hafa þær meiri forða auk þess sem þær byrja að éta fyrr.⁵⁷ Stærri hrogn eru einnig með lægri eðlisþyngd þannig að þau fljóta betur í vatnssúlunni. Auk þess eru þau með þykkari hjúp utan um sig sem veldur því að þau eru betur varin gegn loftbólum og öðru áreiti sem að þeim getur stafað.⁵⁸ Af þessum sökum fást lífvænlegri lirfur úr stærri hrognum en litlum.

Til þess að framleiða hrogn verður fiskurinn að ganga á prótein- og fitubirgðir sínar en próteinið kemur fyrst og fremst úr hvítum vöðva en fitan úr lifrinni. Eftir því sem líður á hrygningartímabilið dregur verulega úr orkubirgðum fisksins sem leiðir til þess að það dregur úr getu hans til að framleiða hrogn og því minnka þau sem aftur leiðir til þess að hrognagæði minnka.⁵⁹

⁵⁶ Van der Meeren, T. o.fl., 2001:12-13.

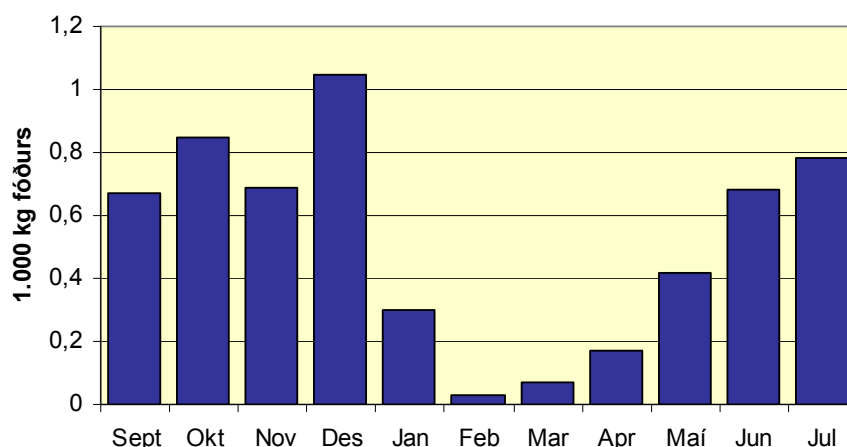
⁵⁷ Guðrún Marteinsdóttir o.fl., 1998:1253-1255.

⁵⁸ Kjesbu, O.S., 1993:41.

⁵⁹ Kjesbu, O.S. o.fl., 1991:2333-2343.

2.2.2.5 Fóðrun hrygningarfisks

Fóðurgæði eru mikilvæg í fóðrun hrygningarfisks þar sem þau geta haft umtalsverð áhrif á frjósemi hans og hrognagæði. Eldisþorskur étur yfirleitt lítið sem ekkert meðan á hrygningu stendur en þeim mun meira fyrir hrygningu. Sýnt hefur verið fram á það að vel fóðraður hrygningarfiskur hrygnir fleiri hrognum þó svo að fóðrunin virðist hafa lítil áhrif á stærð hrognanna sjálfra.⁶⁰



Mynd 2-9. Fóðuruptaka hrygningarfisks.

Heimild: Senstad, K., 1990.

Á mynd 2-9 gefur að líta hvernig dregið er úr fóðurgjöf stuttu fyrir hrygningu en það er vegna þess að fiskurinn étur yfirleitt ekki meðan á hrygningu stendur auk þess sem úrgangur úr fisknum sem og fóðurúrgangur eru ekki æskileg fyrir hrognin.

Ef lítið er á næringarinnihald fóðurs þá er mikilvægt að nægilegt magn próteins sé að finna í því. Rannsóknir hafa sýnt að ef magn próteins fer undir æskileg mörk hefur það veruleg áhrif á frjósemi. Jafnframt er mikilvægt að gæta þess að magn fjölómattaðra fitusýra sé nægilegt en sé það ekki hefur það neikvæð áhrif á fiskinn og hrygningu hans. Það hefur hins vegar sýnt sig að umfram magn af fjölómettuðum fitusýrum hefur ekki skilað neinum frekari árangri. Vítamín eru einnig mikilvæg í fóðri en þau helstu eru C- og E-vítamín.⁶¹

⁶⁰ Kjjesbu, O.S., 1989:196.

⁶¹ Lie, O. o.fl., 1993:35-36.37-39.

2.2.2.6 Umhverfispættir við eldi hrygningarfisks

Helstu umhverfispættir eru hitastig, birta og vatnsgæði. Kjörhiti hrognna er ríflega 7°C og því er mikilvægt að hitastig við hrygningu sé á bilinu 6-8°C eða sem næst kjörhitastiginu. Sé hitastigið fjarri kjörhitastiginu hefur það áhrif á þroskun hrognna og veldur því að lifurnar verða minni við klak og hafa minni næringarforða.⁶²

Vatnsgæði hafa mikið að segja því eins og hjá öðrum eldisfiski er mikilvægt að vatnsskipti séu það mikil að úrgangsefni safnist ekki upp. Það er sér í lagi mikilvægt þar sem hætta er á því að hrognin verði fyrir sýkingum séu vatnsgæðin ekki nægilega góð.⁶³ Jafnframt er æskilegt að sjóinntak fyrir klakfiskinn sé á nægilega miklu dýpi til að losna við dægursveiflur í hita og seltu og eins til að komast undir yfirborðslag sem oft er að mestu grunnvatn. Jafnframt er mikilvægt að stöðugt súrefnisinnihald sé í vatninu en það má ekki fara undir 6 mg O₂/l. Æskilegt er að selta sé yfir 32 ppt til að frjóvguð hrogn fljóti upp á yfirborðið til söfnunar.⁶⁴

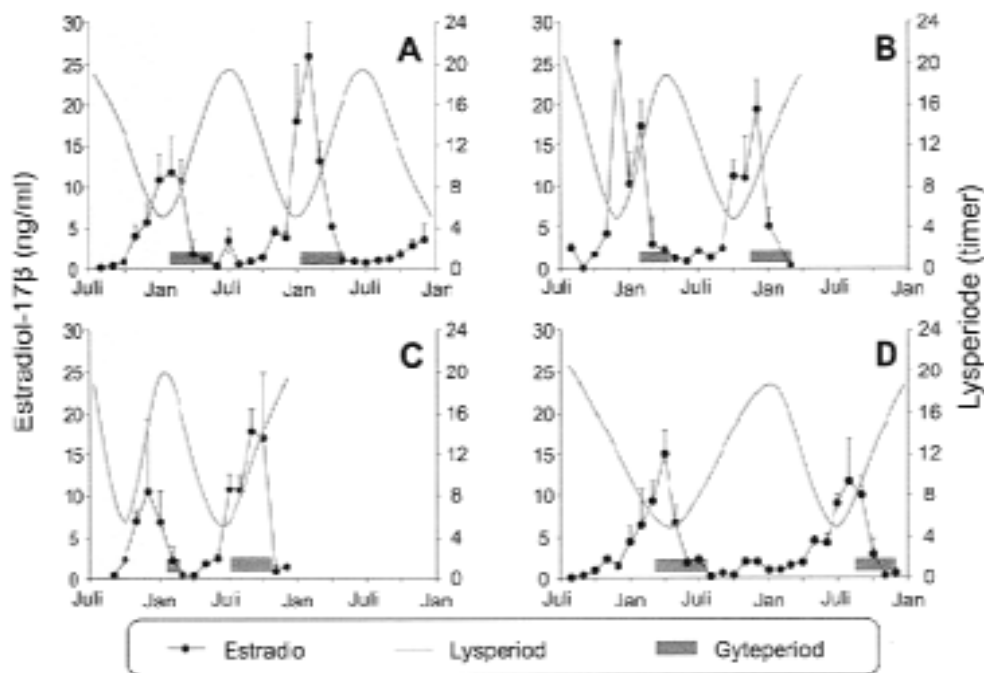
2.2.2.7 Ljósastýring

Framleiðsla hrognna og svilja í kynþroska fiski stjórnast af árstíðabundinni sveiflu sem umhverfispættir hafa sterk áhrif á, sér í lagi daglengdin. Birta hefur mikið að segja til um hvenær fiskur hrygnir en birta hefur áhrif á þessa hormónahringrás og kynfrumumyndun. Mögulegt er að hafa áhrif á þessa sveiflu með ljósastýringu og þannig kalla fram hrygningu á öðrum árstímum en venja er. Þetta hefur verið gert með margar eldistegundir og hafa tilraunir með ljósastýringu á þorski gefið góða raun.

⁶² Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

⁶³ Moksness, E., 1994:27-29.

⁶⁴ Holm, J.C., o.fl., 1990:29-42.



Mynd 2-10. Dæmi um ljósastrýringu á þorski.

Heimild: Glette, J., o.fl., 2002.

A) Viðmiðunarhópur – 12 mánaða árssveifla. B) Stytting árssveiflu í 9 mánuði og lenging í 12 mánuði. C) Stytting árssveiflu í 6 mánuði og lenging í 12 mánuði. D) Lengd árssveiflu í 18 mánuði og síðan stytting í 12 mánuði.

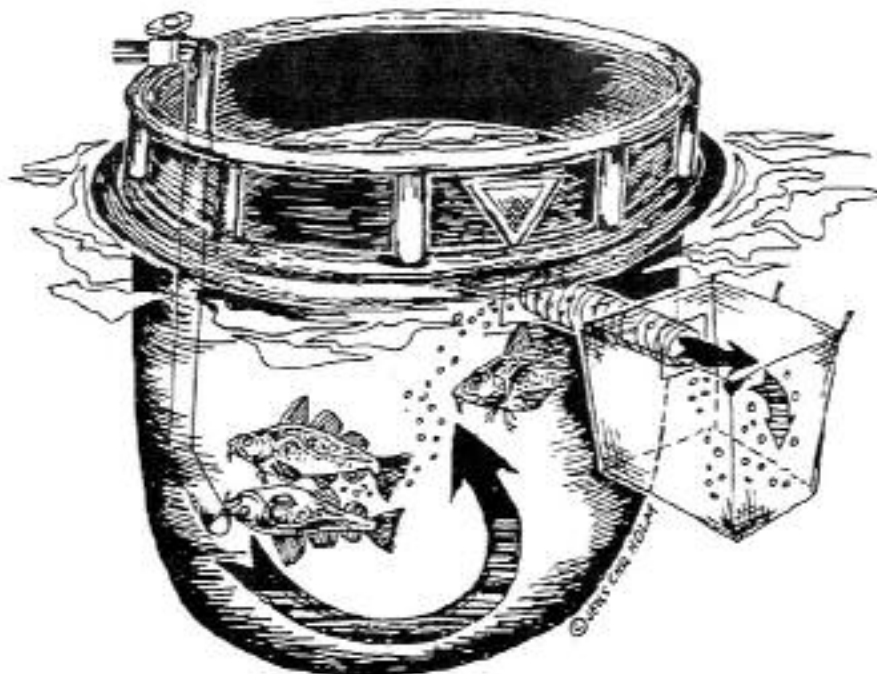
Norska hafrannsóknastofnunin hefur gert tilraunir með ljósastrýringu á þorski eins og gefur að líta á mynd 2-10. Þar gefur að líta hvernig ljósastrýring hefur áhrif á framleiðslu kynhormóna, Estradio, og hrygningu. Með því að hafa áhrif á lýsingu hefur þeim tekist að láta fiskinn hrygna á öðrum árstímum en það er mikilvægt til að hrognaframboð sé til staðar árið um kring til að tryggja betri nýtingu á seiðastöðvum. Með því að ala hrygningarfisk í 5-6 kerjum á að vera hægt að tryggja aðgang að hrognum allt árið.⁶⁵

Norskar rannsóknir hafa sýnt að mögulegt er að hliðra hrygningu þorsks með ljósastrýringu allt að 6 mánuði í fyrstu tilraun. Þessar niðurstöður hafa einnig vakið athygli manna á því að ef ljósastrýra á þorski er nauðsynlegt að hafa góða stjórn á hitastigi eldisvökva þar sem tilraunir hafa mistekist sökum þess að hitastig var mun hærra þegar þorskurinn hrygndi en vant er, eða um 13°C, og því drápu öll hrognin. Því er hitastigsstjórnun mikilvæg til að hægt sé að stilla það af í kringum 7-8°C.⁶⁶

⁶⁵ Glette, J., o.fl., 2002:62-63.

⁶⁶ Van der Meeren, T., o.fl., 2001:7-8.

2.2.2.8 Búnaður hrygningarfisks



Mynd 2-11. Eldiskví með hrognasöfnunarbúnaði.

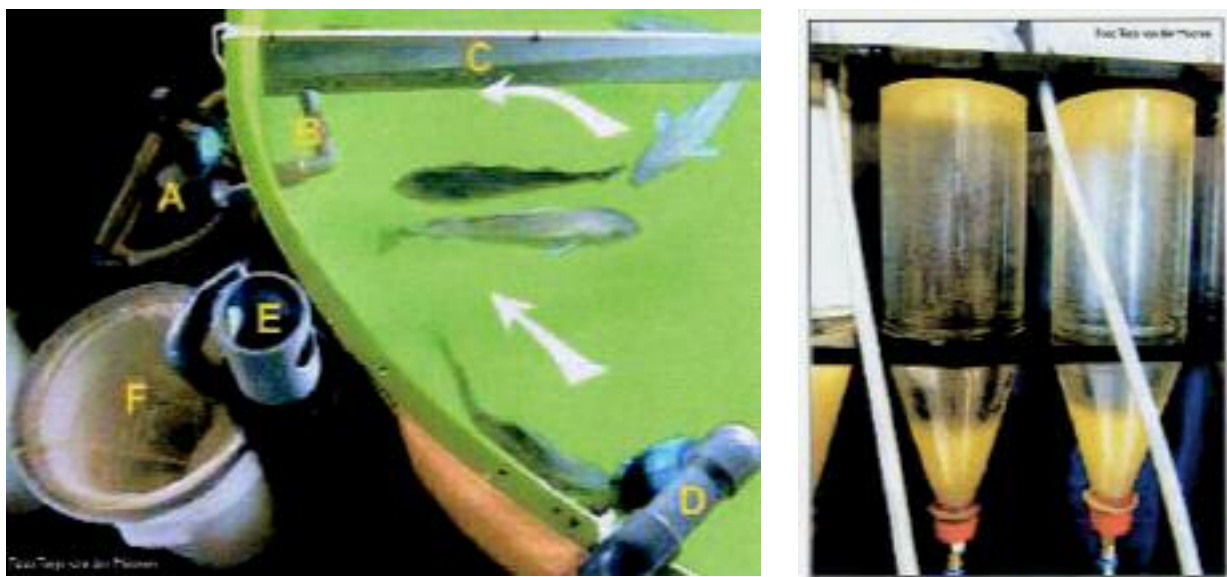
Heimild: Holm, J.C., o.fl., 1990.

Hrygning eldisþorsks getur farið fram með mismunandi hætti. Sums staðar fer hrygningin þannig fram að stuttu fyrir hrygningu er hrygningarfiskur settur í sérstakt kar eða kví, jafn stórt hlutfall af hvoru kyni, en á kerinu/kvinni er sérstakur yfirflæðisútbúnaður til að safna hrognum, eins og sést á mynd 2-11. Annars staðar hrygnir fiskurinn í sömu kerjum og hann er hafður í árið um kring og enn annars staðar er fiskurinn kreistur.

Þegar þorskurinn hrygnir þá fljóta hrognin ýmist upp á yfirborðið eða sökkva til botns. Hrognin frjóvgast í vatninu og meirihluti þeirra hroгна sem fljóta eru frjóvguð en hins vegar eru flest þeirra sem sökkva dauð. Misjafnt er hvernig hrognum er safnað saman. Mögulegt er að safna þeim saman í gegnum yfirfall, en þar er hrognunum safnað saman í þar til gerðan safnara sem síðan er tæmdur einu sinni á dag.⁶⁷ Eins er mögulegt að safna hrognunum saman með háfi eða að kreista fiskinn.⁶⁸

⁶⁷ Van der Meeren, T. o.fl., 2001:8-9.

⁶⁸ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.



Mynd 2-12. Hrognasöfnun.

A. Eggjum safnað úr hrygningarkari. B. Dauð hrogn skilin frá lifandi hrognum.

Heimild: Glette, J., o.fl., 2002.

A) Hrognasöfnun með síudúk fyrir yfirborðsvatn. B) Stillanlegt innsöfnunarrör fyrir hrogn. C) PVC plata til að safna hrognum í yfirborði. D) Vatnsdæling. E) Frárennsli. F) Hrognasöfnun með síudúk fyrir frárennslisvatn.

Algennt er að um 80% þeirra hroгна sem safnast saman við yfirfallið séu frjónvuguð. Það þýðir að þar sem hluti hrognanna sekkur ófrjónvagaður eða dauður til botns er frjónvgun allra hroгна sem gotið er aðeins um 50-60%.⁶⁹ Þessar tölur geta þó verið mismunandi eftir aðstæðum

Algennt er að hrygningarkör séu um 4-5 metrar í þvermál og a.m.k. 2 metra djúp. Til að fiskurinn hafi nægilegt pláss til hrygningar er þéttleiki á bilinu 5-10 kg/m³ æskilegur en utan hrygningartíma getur þéttleikinn verið talsvert meiri eða um 30-35 kg/m³. Hlutföll hænga og hrygna eru höfð um 1:1 en þekkt er að fleiri hængar séu um hverja hrygnu.⁷⁰

Þegar hrognum hefur verið safnað saman er nauðsynlegt að skilja dauð hrogn frá lifandi áður en þeim er komið fyrir í klakílátum. Það er gert með því að hella frjónvuguðu hrognunum ofan af eða að hleypa þeim dauðu undan. Dæmi um þetta gefur að líta á mynd 2-12 B en þar er notast við flöskur til að hleypa dauðu hrognunum undan.

⁶⁹ Glette, J., o.fl., 2002:66.

⁷⁰ Senstad, K., 1990:19-20.

2.2.3 Klak

Þegar dauð og ófrjóvuguð hrogn hafa verið skilin frá þeim frjóvuguðu er nauðsynlegt að mæla rúmmál þeirra til að hægt sé að gera sér grein fyrir fjölda hrognna. Nauðsynlegt er að sótthreinsa hrognin áður en þeim er komið fyrir í klakílátum og er það t.d. gert með glútaraldehyði eða jöði. Klakkörin eru í flestum tilfellum 25-70 lítra síló sem eru með frárennsli í miðju og uppstreymisloftun auk þess sem hringstreymi er við yfirborðið til að koma í veg fyrir uppsöfnun hrognna þar.⁷¹



Mynd 2-13. Klakílat.

Heimild: Holm, J.C., o.fl., 1990.

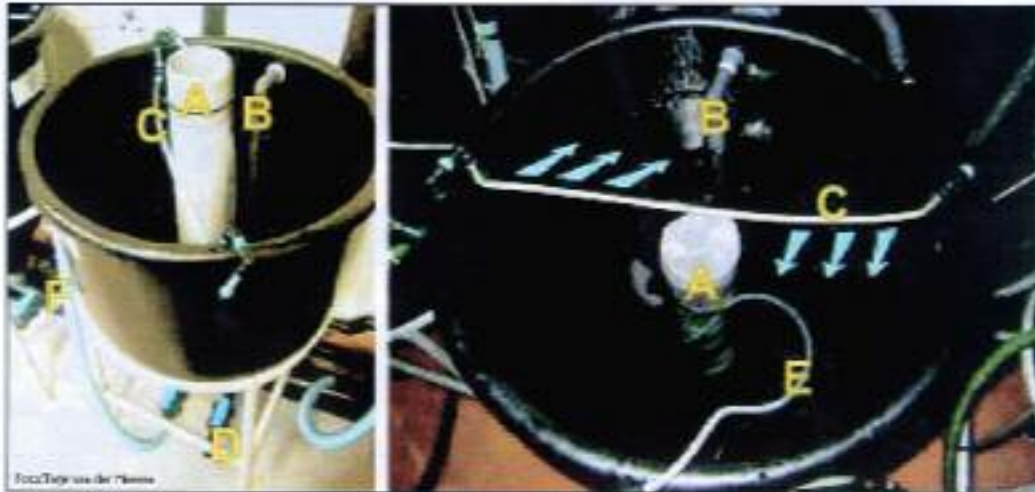
Misjafnt er við hvaða þéttleika hrogn eru höfð en hann er yfirleitt á bilinu 2.000-4.000 hrogn/l. Hitastigið er haft í kringum 7°C og eru hrognin höfð í myrkri.⁷² Rannsóknir hafa sýnt að hitastig hefur mikið að segja um þroskun hrognna og ástand kviðpoka og er því mikilvægt að það sé sem næst 7°C.⁷³ Við 7°C tekur það hrognin um 12-13 daga að klekjast. Sumstaðar eru hrognin sótthreinsuð aftur stuttu fyrir klak en það er ekki algilt.⁷⁴

⁷¹ Van der Meeren, T. o.fl., 2001:8-9.

⁷² Agnar Steinarsson, 2002:16.

⁷³ Pepin, P. o.fl., 1997:5-7.

⁷⁴ Holm, J.C. o.fl. 1990:41.



Mynd 2-14. Klakkör fyrir hrogn.

Heimild: Gjetje, J., o.fl., 2002.

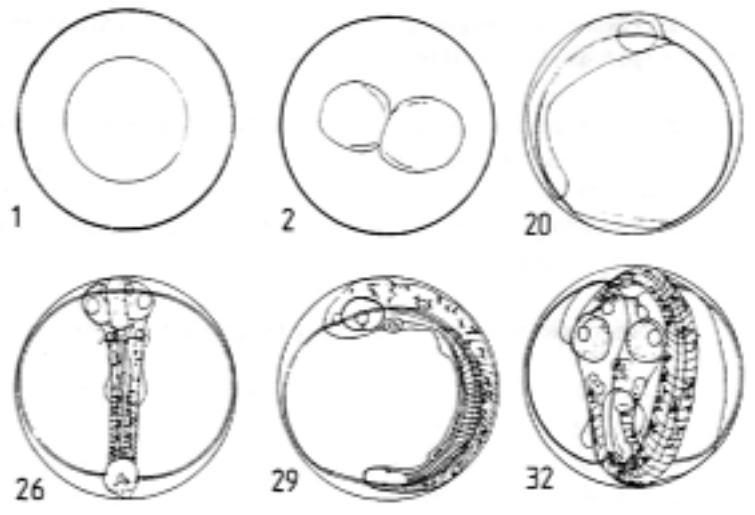
A) Frárennsli. B) Innrennsli. C) Loftdæling á yfirborði. D) Krani til að hleypa undan dauðum hrognum. E) Sílikonslanga til loftunar í kringum frárennsli. F) Frárennsslilanga til að stilla vatnsmagn í kari.

Reynslan hefur sýnt að um 50-80% frjóvgaðra hrogn sem sett eru í klakílát klekjast út. Það eru því umtalsverður fjöldi sem drepst en þau hrogn sökkva til botns og er mikilvægt að hreinsa þau burtu daglega og halda skrá yfir hversu mikið drepst. Það er gert með því að slökkva á vatns- og loftdælingu í 10-15 mínútur en á þeim tíma falla dauð hrogn til botns þaðan sem þau eru fjarlægð. Sem útgangspunkt má segja að um 600.000 hrogn séu í lítranum en í raun getur fjöldinn verið allt frá 450.000-800.000 eftir stærð hrogn. Það er því öruggara að mæla það á nákvæmari hátt og er það gert með því að mæla rúmmál og þvermál hrogn en út frá þeim upplýsingum er hægt að reikna hrognafjölda.⁷⁵

Þar sem nýklöktu lirfurnar eru talsvert viðkvæmari heldur en hrognin er mikilvægt að draga úr loftun og vatnsrennsli stuttu fyrir klak. Misjafnt er hvort nýklaktar lirfur eru fluttar yfir í frumföðrunarkör eða hvort að hrognin eru flutt í frumföðrunarkör stuttu fyrir klak og látin klekjast út þar. Nýklaktar lirfur fljóta á yfirborðinu og því er auðvelt að safna þeim saman og flytja í frumföðrunarkör. Þær eru gjarnan sóttgreinsaðar áður en þær eru fluttar yfir í föðrunarkör, hafi þær ekki verið klaktar út í þeim.⁷⁶

⁷⁵ Glette, J., o.fl., 2002:67.

⁷⁶ Agnar Steinarsson, 2002:16.



Mynd 2-15. Hrogn á mismunandi þroskastigum.

Heimild: Holm, J.C., o.fl., 1990.

Á mynd 2-15 sést hrogn á mismunandi þroskastigum. Stig 1 er hrogn tveimur tímum eftir frjóvgun en þá er fóstrið enn á einfrumustigi. Á stigi 2 hefur frumuskipting hafist og loks á stigi 32 er lirfan tilbúin fyrir klak en það gerist um 9-13 dögum eftir frjóvgun, háð hitastigi.⁷⁷



Mynd 2-16. Hrogn stuttu fyrir klak.

Heimild: Gjetje, J., o.fl., 2002.

⁷⁷ Holm, J.C., o.fl., 1990:40.

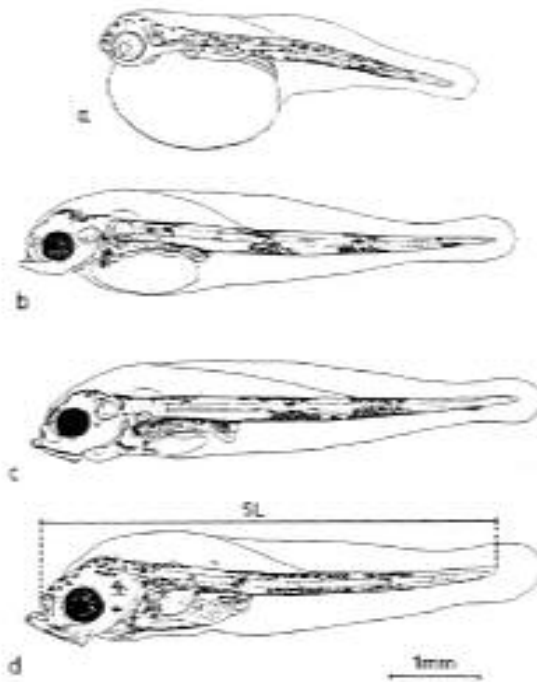
2.3 Lirfustig

Lirfustigið er skilgreint sem tíminn frá klaki fram yfir myndbreytingu en þá tekur seiðastig við. Þroskun lirfa er hægt að skipta niður í þrjú stig en þau eru kviðpokastig, vaxtarstig og myndbreyting.⁷⁸

2.3.1 Þroskun lirfa

2.3.1.1 Kviðpokastig

Nýklakin lirfa hefur aðeins 3-5 daga forða í kviðpoka. Það er henni því mikilvægt að þroskast til að hún geti synt um, aflað sér fæðu og melt hana. Fyrst eftir klak lifir lirfan eingöngu á kviðpokaförða sínum, enda er hún smá (3,5-4,0 mm að lengd) og illa búin til þess að éta þar sem kjaftur hennar er lokaður og augun ekki enn orðin starfhæf. Á fyrsta til öðrum degi eftir klak er munnur lirfunnar farinn að opnast og augun tekin að þroskast.⁷⁹



Mynd 2-17. Þorsklirfa á mismunandi stigum.

a) Nýklakin lirfa, b) þriggja daga gömul, c) fimm daga gömul, d) 15 daga gömul lirfa.

Heimild: Van der Meeren, T., 1990.

⁷⁸ Van der Meeren, T., 1990:55-57.

⁷⁹ Van der Meeren, T., 1990:55-57.

Á fjórða degi er kjaftur lirfunnar mótaður og hún getur farið að éta. Að sama skapi er meltingarvegur lirfunnar farinn að þroskast á þriðja degi. Sé lirfa svelt fer svo að meltingarvegur hennar er tiltölulega vanþroskaður og í raun svo að möguleikar lirfunnar til að melta fæðu eru verulega skertir. Því má segja að ef lirfan hefur ekki fengið neina fæðu á níunda degi kemur hún til með að drepast (point of no return). Það er því mikilvægt að lirfan nærast áður en hún hefur algerlega gengið á kviðpokaforða sinn sem er á 3-5 degi.⁸⁰

2.3.1.2 Vaxtarstig

Vaxtarstigið getur reynst krítískur fasi því þá þarf lirfan að taka til við að éta lifandi fæðu. Til þess þarf lirfan að nota augun og sundhæfileika sína. Auk þess þarf hún að hefja framleiðslu á meltingarensímum sem sjá til þess að sú fæða sem neytt er sé melt. Á þessu stigi hefur lirfan mikla vaxtarmöguleika ef hún hefur aðgengi að nægilegu fæði, enda getur hún étið eigin þyngd daglega. Fyrst eftir klak getur lirfan vaxið um 5-6% á dag. Mánuði eftir klak hefur vaxtargeta hennar aukist í 20% á dag, en upp úr því dregur úr vexti á nýjan leik.⁸¹

Fæðan samanstendur eingöngu af hjóldýrum í byrjun. Tveimur til þremur vikum eftir klak er meltingarvegur lirfunnar það þroskaður að hún getur nýtt næringu betur. Það leiðir til meiri vaxtar sem aftur leiðir til þess að lirfan getur neytt stærri fæðu sem er orkulega hagkvæmari fyrir hana, en á þessu stigi er farið að fóðra með artemíu. Á þessum tímamarki fyllist sundmaginn af lofti sem gerir lirfunni auðveldara að halda sér á floti og minnkar orkuna sem fer í sund en það gerist í kringum dag 11.⁸²

Myndun og þroskun sundmaga getur haft veruleg áhrif á afkomu lirfa. Mikil afföll og lítill vöxtur hafa verið tengd við óþroskaðan sundmaga en sé sundmagi ekki virkur veldur það því að lirfan verður að nota mun meiri orku til að draga fram lífið, sem kemur aftur niður á vexti. Eins hefur því brugðið við hjá vissum tegundum að myndist ekki virkur sundmagi valdi það mænuvansköpun. Einnig hafa fundist tengsl á milli stærðar hrogna og sundmagaproskunar og undirstrikar það enn og aftur mikilvægi stórra hrogna.⁸³

⁸⁰ Kjörsvik o.fl., 1991:8.

⁸¹ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

⁸² Van der Meeren, T., 1990:57-58.

⁸³ Guðrún Marteinsdóttir o.fl., 1998:1253-1254.

2.3.1.3 Myndbreyting

Myndbreyting þorsks er að mestu leyti lokið í kringum 12 mm lengd. Við myndbreytinguna breytist lirfan í seiði sem hefur öll mikilvæg líffæri til staðar og jafnframt taka öll ytri einkenni þorsksins að þroskast, t.d. uggar. Meltingarvegur þroskast verulega auk tálkna en fram að þessu stigi hefur lirfan tekið súrefni í gegnum húðina.⁸⁴

Mikil afföll eiga sér jafnan stað á lirfustigi. Mjög misjafnt er hver lifunin er í gegnum þetta stig en hún getur verið allt frá 0-50%. Óhætt er að fullyrða að 50% lifun á þessu stigi sé mjög góður árangur og jafnvel meira en það sem menn eru vanir að sjá í barra- og bramaeldi. Sem dæmi má nefna að lifunin hefur verið um 21% hjá Hafrannsóknastofnun.⁸⁵ Þar sem hrogn eru ekki takmarkandi þáttur í þorskseiðaeldi þá er 50% lifun í gegnum lirfustig mjög ásættanlegur árangur.

2.3.2 Umhverfisþættir

Kjörhiti hrognþroskunar er 7-8°C eins og kom fram hér að framan. Kjörhiti vaxtar hjá þorskklirfum er að sama skapi 7-8°C strax eftir klak en hann hækkar jafnt og þétt eftir því sem að líður á lirfustigið. Smám saman dregur úr hraða hækkunar þar til kjörhiti nær hámarki kringum 16-17°C, eftir u.þ.b. 2 mánuði. Eftir þetta lækkar kjörhitinn smám saman aftur þar til hann er kominn niður í 7-8°C hjá kynþroska þorski.⁸⁶

Þrátt fyrir að kjörhiti fari á ákveðnu tímabili upp í 16-17°C er sjaldnast farið upp í það hitastig þar sem það getur haft ýmsar óæskilegar afleiðingar í för með sér eins og bakteríur og sýkingar. Svo virðist sem flestir seiðaframleiðendur haldi eldisvökvanum um 2°C undir kjörhitastigi þegar það rís sem hæst því þó að vaxtarhraðinn sé meiri við hærri hita er það ekki áhættunnar virði.⁸⁷

Lengd lirfustigs er háð hitastigi en myndbreytingu er náð mun fyrr við hátt hitastig heldur en lágt. Sem dæmi um þau miklu áhrif sem hitastig hefur á vöxt lirfa, þá verður þurrvigt lirfu sem alin er við 12°C í 8 vikur 17 sinnum meiri heldur en lirfu sem alin var við 6°C í 8 vikur.⁸⁸

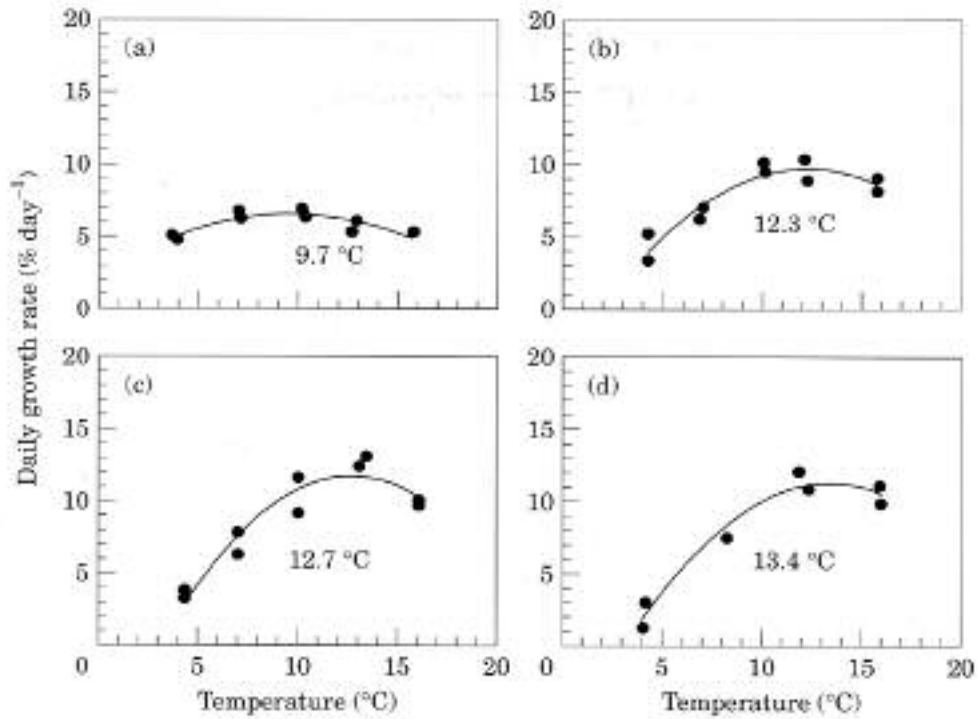
⁸⁴ Van der Meeran, T., 1990:58.

⁸⁵ Agnar Steinarsson, 2002:16.

⁸⁶ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

⁸⁷ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

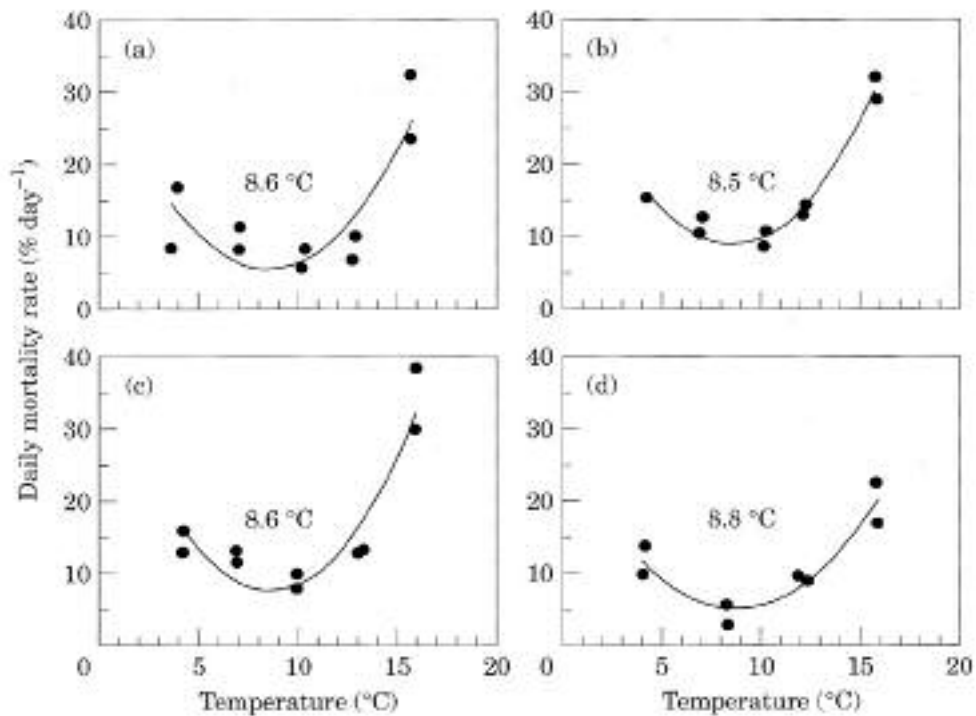
⁸⁸ Otterlei o.fl., 1999:2103.



Mynd 2-18. Dagvöxtur við mismunandi hitastig.

A) Þyngd lirfu=79 μg . B) \bar{p} =191 μg . C) \bar{p} =249 μg . D) \bar{p} =251 μg .

Heimild: Agnar Steinarsson o.fl., 1999.



Mynd 2-19. Dagleg afföll við mismunandi hitastig.

A) Þyngd lirfu=79 μg . B) \bar{p} =191 μg . C) \bar{p} =249 μg . D) \bar{p} =251 μg .

Heimild: Agnar Steinarsson o.fl., 1999.

Kjörhitastig vaxtar, $T_{opt.G}$, eykst með stærð frá $9,7^{\circ}\text{C}$ fyrir 73 μg lirfu til $13,4^{\circ}\text{C}$ fyrir 251 μg lirfu og jafnframt eykst hámarksvöxtur með stærð eins og gefur að líta á mynd 2-18. Ef litið er á kjörhitastig yfirlifunar, $T_{opt.S}$, þá fæst besta afkoman við hitastig á bilinu $8,5-8,8^{\circ}\text{C}$ eins og sést á mynd 2-19. Því má segja að kjörhitastig þorsklirfa og seiða sé afleiða af $T_{opt.G}$ og $T_{opt.S}$ sem hækkar með stærð upp að ákveðnu hámarki en lækkar síðan aftur eftir að ákveðinni stærð er náð. Jafnframt eykst vaxtargeta lirlifanna með auknum hita og nær hámarki um mánuði eftir klak.⁸⁹ Það getur verið vissum erfiðleikum háð að mæla kjörhitastig lifunar þar sem fjölmargir aðrir þættir en hiti hafa áhrif á lifun og því sýna niðurstöður þessarar tilraunar ef til vill ekki allan sannleikann. Sýnt þykir að þegar kjörhiti vaxtar rís geri kjörhiti lifunar það einnig þó svo að þessi tiltekna tilraun hafi ekki gefið það til kynna.⁹⁰

Mikilvægustu umhverfisþættirnir að hitastigi undanskyldu eru súrefni og saltstyrkur. Súrefnismettun, sem er afleiða af hitastigi og salti, ætti að vera innan 70-140% marka. Saltstyrkur á að vera á bilinu 27-34 ppt, þó svo að stærri lirlifurnar þoli minni saltstyrk en þetta. Jafnframt verður að gæta að sýrustigi en sýrustig sjávar er yfirleitt nokkuð stöðugt í kringum pH 8. Ef sýrustigið stígur yfir pH 8,7 er hætta á því að ammoníum, NH_4^+ , í vatninu breytist í ammoníak-gas, NH_3 , sem er eitrad fyrir lirlifurnar. Ljós er yfirleitt haft slökkt þar til 2-3 dögum eftir klak en þá er höfð 24 tíma lýsing á eldinu.⁹¹

Mjög mismunandi er við hvaða þéttleika lirlifur eru aldar. Algengt er að lirlifur séu aldar við 50-70 lirlifur/l en sá þéttleiki hefur gefist nokkuð vel. Menn binda hins vegar vonir við að hægt verði að ala lirlifur við umtalsvert meiri þéttleika heldur en þetta í framtíðinni og hafa rannsóknir gefið það til kynna.⁹²

Flestar rannsóknir sem gerðar hafa verið á þorskseiðaeldi hafa verið gerðar við tiltölulega lítinn þéttleika, en eigi að ala þorskseiði á arðbæran máta er mikilvægt að hann sé sem mestur. Niðurstöður rannsókna sýna að aukning þéttleika úr 50 lirlifum/l í 300 lirlifur/l hefur ekki marktæk áhrif á vöxt og afkomu fram að degi 40. Með því að auka fóðurmagn er hægt að halda uppi vexti þrátt fyrir aukinn þéttleika þannig að nánast enginn munur sé á afkomu og vexti á 50 lirlifum/l og 300 lirlifum/l. Gæta ber að þegar þéttleiki er aukinn jafn mikið og hér um ræðir með tilsvareandi fóðrun verður að gæta þess að magn lífrænna efna verði ekki of mikið í eldisvökvanum þar sem það

⁸⁹ Agnar Steinarsson o.fl., 1999:102-107.

⁹⁰ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

⁹¹ Van der Meeren, T., 1990:59-60.

⁹² Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

getur leitt til dauða, m.a. vegna þvagefnis. Mögulegt er að mæta þessum vanda með aukinni vatnsdælingu.⁹³

2.3.3 Fóðrun

Fóðrun lirfanna hefst í flestum tilfellum tveimur til þremur dögum eftir klak og þá með hjóldýrum, t.d. *Brachionus plicatilis*. Þörungar eru mikið notaðir samhliða, t.d. *Isochrysis galbana*, en menn hafa náð góðum árangri án þeirra þannig að þeim er nú oft sleppt. Þörungar eru fyrst og fremst notaðir til að skyggja í kerjum og eins til að viðhalda næringargildi hjóldýra í frumfóðrunarkerjum. Þrátt fyrir að góður árangur hafi náðst án þörungara eru þeir enn víða notaðir og taldir til bóta.⁹⁴

Þéttleiki hjóldýra í eldisvökva er háður þéttleika lirfa og tímabili. Í byrjun er þéttleiki hjóldýranna fremur lítill en eykst stöðugt eftir því sem líður á eldistímann og orkuþörf lirfanna eykst. Sumir seiðaframleiðendur notast við yfirþéttleika hjóldýra í byrjun til að koma ræktinni af stað en það er ekki algilt. Þéttleiki hjóldýra er oft á bilinu 4-22 hjóldýr/ml en þar hefur þéttleiki lirfanna mest að segja. Í byrjun étur hver lirfa aðeins nokkra tugi hjóldýra á dag en þegar mest er étur hún um 2.500 hjóldýr á dag. Hjá Hafrannsóknastofnun hefur raunin verið sú að það þarf 40.000 hjóldýr á hverja lirfu sem lifir lirfustigið.⁹⁵ Norðmenn hafa fundið út að hver lirfa þarf 100-1.000 hjóldýr daglega eftir því hvar á eldistímanum lirfan er.⁹⁶

Rannsóknir hafa gefið til kynna að æskilegt magn hjóldýra á lítra liggur á milli 1.000 og 4.000 miðað við að 40 lirfur séu í hverjum lítra. Ef magn bráðar væri minna en 1.000 lifðu lirfurnar vart fram að myndbreytingarskeiði. Eftir því sem lirfan vex eykst þörf hennar fyrir orku og því þarf hún að éta meira. Jafnframt eykst hæfileiki lirfunnar til að fanga fæðu og hún getur farið að éta stærri fæðu sem er orkulega hagkvæmari fyrir hana.⁹⁷

Í tilraun sem gerð var á þorsklirfum sem aldar voru við slæmar fóðuraðstæður kom í ljós að lirfurnar geta lifað í allt að þrjár vikur á “lágmarksskammti” fóðurs, þ.e. skammtur sem rétt dugur þeim til að halda lífi en við þær aðstæður er vöxtur mjög lítill. Þegar lítill fæða er til staðar fyrir lirfurnar éta þær það sem að kjafti kemur þó svo að um orkulega óæskilega fæðu sé að ræða. Með þeim hætti ná þær að draga fram

⁹³ Baskerville-Bridges o.fl., 2000:61-68.

⁹⁴ Van der Meeren o.fl., 2001:9-18.

⁹⁵ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

⁹⁶ Glette, J., o.fl., 2002:71.

⁹⁷ Puvanendran o.fl., 1999:86-90.

lífið en síðan þegar æskileg fæða er til staðar ná þær að vaxa. Við aðstæður sem þessar er nánast enginn vöxtur en lirfurnar eiga hins vegar möguleika á því að vaxa komist þær í aukið fóður.⁹⁸

Komist lirfur í gnægð fæðis eru þær mun vandfýsnari á þá fæðu sem þær éta og leggja sig frekar eftir orkuríkari fæðu sem leiðir af sér aukinn vöxt. Eftir því sem lirfan vex getur hún étið enn stærri orkulega hagkvæma fæðu þar til að þær breytingar hafa átt sér stað á meltingu lirfunnar að hún kemst af með minna magn fæðu miðað við þyngd vegna bættrar nýtingar orkunnar. Því hefur það mikið að segja fyrir lirfuna að hún geti étið mikið strax til að taka út vöxt sem fyrst en það eykur lífslíkur hennar til muna.⁹⁹

Við náttúrulegar aðstæður eru helstu ástæður dauða þorsklirfa sultur og afrán. Ein af meginorsökum dauða þorsklirfa í stríðeldi eru vandamál sem tengjast frumfóðrun. Ef þéttleiki hjóldýra fer undir 2 hjóldýr/ml kemur það niður á vexti og afkomu. Þéttleiki hjóldýra þarf þó ekki að vera yfir þessum mörkum allan sólarhringinn þar sem rífleg fóðrun á daginn getur vegið upp á móti lítilli sem engri fóðrun á næturnar.¹⁰⁰

Misjafnt er á hvaða tímamarki farið er að fóðra með artemíu. Hjá Hafrannsóknastofnun er farið að fóðra með nýklakinni artemíu á 15. degi eftir klak. Víða annarsstaðar er byrjað mun seinna, eða á degi 25-30. Þá eru lirfurnar orðnar stærri og eru farnar að ráða við stærri fæðu. Artemíugjöfin er aukin eftir því sem orkuþörf lirfanna eykst með aukinni stærð og á sama tíma er dregið úr og hætt fóðrun með hjóldýrum. Margt bendir til þess að hreyfing eldisvökva sé mikilvæg vegna þess að því meiri sem hreyfingin er því oftar verður fæða á vegi lirfunnar. Þessi hreyfing má þó aldrei verða það mikil að lirfan verði fyrir hnjaski.¹⁰¹

Lifun í lirfustigi hefur fram til þessa verið mjög misjöfn milli tilrauna og hafa afföll víða verið mikil. Hjá Hafrannsóknastofnun hefur lifun á lirfustigi verið ríflega 20%¹⁰² en niðurstöður annarra tilrauna hafa gefið bæði betri og verri niðurstöður. Sem dæmi um betri niðurstöður má nefna norskar niðurstöður en þar hefur yfirlifun á lirfustigi verið á bilinu 9-63%.¹⁰³

⁹⁸ Van der Meeren, T., o.fl., 1993:643-645.

⁹⁹ Van der Meeren, T., o.fl., 1993:643-645.

¹⁰⁰ Puvanendran o.fl., 1999:78.

¹⁰¹ Sundby o.fl., 1994:393-394.

¹⁰² Agnar Steinarsson, 2002:16.

¹⁰³ Glette, J., o.fl., 2002:70.

2.3.4 Búnaður og umhirða



Mynd 2-20. Frumfóðrunarkar.

C) Vatnsdæling. F) Loftun. G) Skyggni til að skyggja í karinu.

Heimild: Gjetje, J., o.fl., 2002.

Misjafnt er hvers konar búnaður er notaður við lirlueldi. Jafnt er notast við ker og síló en sem dæmi má nefna að hjá Hafrannsóknastofnun er notast við 150 lítra síló.¹⁰⁴ Loftun er yfirleitt í karinu við botninn. Vatnsrennsli er háð þéttleika en það er aukið eftir því sem líður á eldistímann. Sem dæmi má nefna að hjá Hafró er rennsli í byrjun 0,5 lítrar/mínútu en hefur verið aukið í 1,5 lítra/mínútu eftir 5-6 vikur. Daglega er vatnsyfirborðið hreinsað af fitu- og úrgangsefnum og eftir að farið er að fóðra með artemíu er nauðsynlegt að þrifa karið daglega.¹⁰⁵

Sýklalyf eru gjarnan notuð í lirlueldi til að halda bakteríuflóru niðri. Misjafnt er í hversu miklu magni sýklalyf eru notuð en sumstaðar eru þau notuð jafn og þétt en annars staðar er reynt að nota þau sem minnst.¹⁰⁶

¹⁰⁴ Agnar Steinarsson, 2002:16.

¹⁰⁵ Van der Meeren o.fl., 2001:9-10.

¹⁰⁶ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

2.4 Seiðastig

Seiðastig hefst þegar myndbreytingu er að mestu lokið, en það er um 30 dögum eftir klak en þá er seiðið 12 mm að stærð. Seiðastigi telst lokið í kringum dag 60, en þá hafa seiðin verið vanin á þurrfóður og eru hæf til frekara eldis annars staðar, hvort sem það er í annarri eldistöð eða í sjókvíum.¹⁰⁷

2.4.1 Þroskun seiða og afkoma

Þegar seiðastig hefst eru seiðin um 12 mm löng en þegar því líkur eru þau um 35 mm að lengd, en það er í kringum dag 60 eftir klak.¹⁰⁸ Lífun á seiðastigi er mjög misjöfn og getur hún sveiflast talsvert eftir því hvernig tekst í hvert skipti. Hjá Hafrannsóknatofnun hefur fengist um 50% lífun á seiðastigi¹⁰⁹ en erlendis hefur jafnt fengist betri sem verri útkoma og hafa afföllin jafnvel farið yfir 80%.¹¹⁰ Helstu orsakir affalla eru sýkingar og sjálfrán en sjálfráns verður yfirleitt vart í kringum dag 45. Ef mikil afföll eru á seiðastigi hafa sýkingar yfirleitt meira með það að gera heldur en sjálfrán en séu hins vegar tiltölulega lítil afföll á seiðastigi getur sjálfrán verið helsti orsakavaldur þeirra. Menn hafa leitt líkum að því að ein af meginorsökum sjálfráns sé sú að þegar verið er að venja seiði á þurrfóður, og af artemíu, greini þau ekki þurrfóðrið sem fæðu og þar af leiðandi myndast hungur. Það leiðir síðan til aukinnar árásargirni sem síðan verður að sjálfráni.¹¹¹ Vanfóðrun auk misjafnra lírfugæða veldur því að stærðarmunur eykst sem aftur leiðir til þess að hluti seiðanna verður mun stærri og étur þau minni. Minni seiði eru orkulega hagkvæmari fæða fyrir seiðin heldur en minni fæða eins og artemía. Ef seiði eru flokkuð og gætt er að fóðurgjöf sé nægileg á að vera mögulegt að halda sjálfráni undir 10-20%.¹¹²

2.4.2 Umhverfispættir

Þegar komið er á seiðastig er hitastigið yfirleitt haft um 13-14°C og er því hitastigi haldið út seiðastigið, eða það jafnvel hækkað þegar eingöngu er farið að fódra með þurrfóðri.¹¹³ Seiðin eru alin við ljós 24 tíma á sólarhring en athuganir hafa sýnt að það

¹⁰⁷ Agnar Steinarsson, 2002:16.

¹⁰⁸ Agnar Steinarsson, 2002:16.

¹⁰⁹ Agnar Steinarsson, 2002:16.

¹¹⁰ Glette, J., o.fl., 2002:73.

¹¹¹ Arild Folkvord, 1991:41-42.

¹¹² Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

¹¹³ Agnar Steinarsson, 2002:16.

gefur betri vöxt heldur en að hafa ljós í aðeins 16 tíma á sólarhring.¹¹⁴ Mikilvægt er að hafa mikil og góð vatnsskipti í karinu en mjög misjafnt er hversu mikil þau eru en það er háð aldri seiða, þéttleika og stærð kerja. Í Noregi hafa verið gerðar tilraunir við mikinn þéttleika þar sem vatnsskipti hafa verið allt að 50 sinnum rúmmál eldiskersins á sólarhring¹¹⁵ en hjá Hafró í Grindavík hafa vatnsskipti á sólarhring verið nær því að vera af stærðargráðunni 3-6 sinnum rúmmál eldiskersins á sólarhring.¹¹⁶

2.4.3 Fóðrun

Í byrjun seiðastigs er fóðrað annars vegar með auðgaðri artemíu og hins vegar með þurrfóðri, en dregið er úr artemíufóðruninni þar til aðeins er fóðrað með þurrfóðri. Undanfarin ár hafa umtalsverðar tilraunir verið gerðar með þurrfóður fyrir þorsk en menn hafa haft það að markmiði að draga verulega úr eða hætta artemíufóðrun og lækka þurrfóðuraldur verulega. Þeir þættir sem fóðrið verður að hafa jákvæð áhrif á eru lifun og vaxtarhraði, auk þess sem það verður að vera meltanlegt, með æskilegt efnainnihald, rétt flot o.s.fr.¹¹⁷

Stóru fóðurframleiðendurnir eru komnir með fóður á markaðinn, bæði fyrir lirfur, seiði og matfisk, en enn sem komið er hefur þetta fóður ekki gefið jafngóða raun og fóðrun með fæðudýrum. Þróunin í fóðurgerð eru engu að síður mjög ör og er verið að vinna að nýjum tegundum fóðurs. Nýtt mjúkfóður frá Nutreco, Gemma Micro, lofar góðu en því er ætlað að koma í stað artemíu. Jafnframt er BioMar að vinna að nýju þorskafóðri.¹¹⁸

Þurrfóðrið sem er ætlað að koma í stað artemíu er mjög dýrt og kostar það á bilinu 15.000-20.000 kr/kg. Þurrfóðurverð lækkar hins vegar mjög fljótt með aukinni kornastærð og kostar þurrfóður sem nú er notast við í byrjun seiðastigs um 1.500-2.000 kr/kg og lækkar það smám saman niður í 75-100 kr/kg með enn aukinni agnastærð.¹¹⁹

¹¹⁴ Folkvord o.fl., 1993:258.

¹¹⁵ Gjetje, J., o.fl., 2002:73.

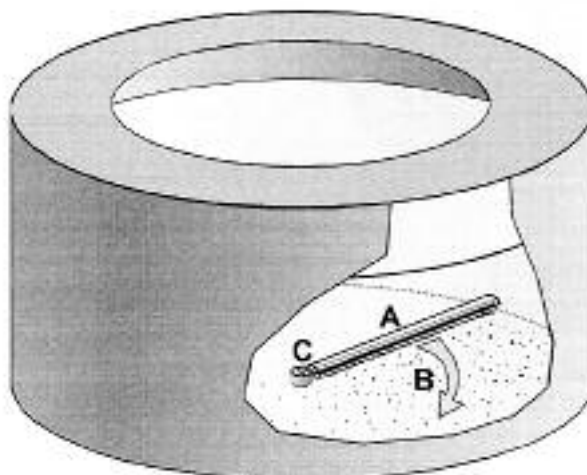
¹¹⁶ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

¹¹⁷ Jón Árnason, samtal, 2002.

¹¹⁸ Agnar Steinarsson, 2002:12.

¹¹⁹ Jón Árnason, samtal, 2002.

2.4.4 Búnaður og umhirða



Mynd 2-21. Eldisker með hreinsibúnaði.

A) Hreyfanlegur armur með bursta og gúmmí. B) Lifrænar leifar.

C) Tenging við mótör.

Heimild: Gjetje, J., o.fl., 2002.

Þegar komið er yfir á seiðastig er farið að notast við stærri eldisker og er algengt að notast sé við 5.000 lítra ker. Líkt og áður er búnað til vatns- og loftdælingar að finna í kerinu. Reyndar er loftdælingu ekki alltaf að finna þar sem hún fer ekki alltaf saman við þurrfóðurgjöf. Mikilvægt er að góður hreinsibúnaður sé í kerjunum þar sem seiði þurfa mikla fæðu á þessum tíma og því mikil fóðrun. Eins og gefur að líta á mynd 2-21 hér að framan er mögulegt að vera með sjálfvirkan hreinsibúnað í kerjunum en allt eins er hægt að vera með nokkurs konar ryksugur eða sköfur til að hreinsa kerin.¹²⁰

Mjög misjafnt er hvernig fóðurgjöf fer fram. Artemíugjöf fer bæði fram handvirkt og eins notast sumir við skammtadælur sem dæla fyrirfram ákveðnum skömmtum af artemíu í eldiskerin á tilteknum tímum. Þurrfóður er bæði handfóðrað sem og sett í sjálfvirka fóðrara. Þar sem þurrfóðrið sem notast er við í fyrstu er mjög smágert getur verið óhagstætt að setja það í fóðrara auk þess sem skammtarnir sem gefnir eru í einu eru smáir. Notast er við sjálfvirka fóðrara hjá stærri seiðum en jafnframt er handfóðrað til að fylgjast með hvort fóðrun sé ekki eins og hún á að vera.¹²¹

¹²⁰ Gjetje, J., o.fl., 2002:72.

¹²¹ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

3 Helstu vandamál í seiðaframleiðslu

Segja má að flöskuhálsinn í þorskeldi sé sjálft seiðastigið en þar eru flestu og mestu hindranirnar í veginum. Helstu vandamálín í þorskseiðaeldi eru annars vegar mikil afföll á lirfu- og seiðastigi, en þau stafa af þroskunargöllum, fæðuskorti, sýkingum eða sjálfráni, og hins vegar lítil framleiðsla á rúmmálseiningu, sem tengist fyrst og fremst þéttleika og vaxtarhraða.

Vissir kostir sem og ókostir einkenna þorsk í seiðaframleiðslu. Kostir hans eru þeir að hann hrygnir auðveldlega í eldi og því er aðgangur að hrognum ekkert vandamál. Ókostirnir eru hins vegar þeir að þorsklirfur eru óþroskaðar við klak og því hafa þær sérstakar næringarþarfir sem leiða til þess að frumfóðrunartími verður langur og afföll mikil.

3.1 Mikil afföll á lirfu- og seiðastigi

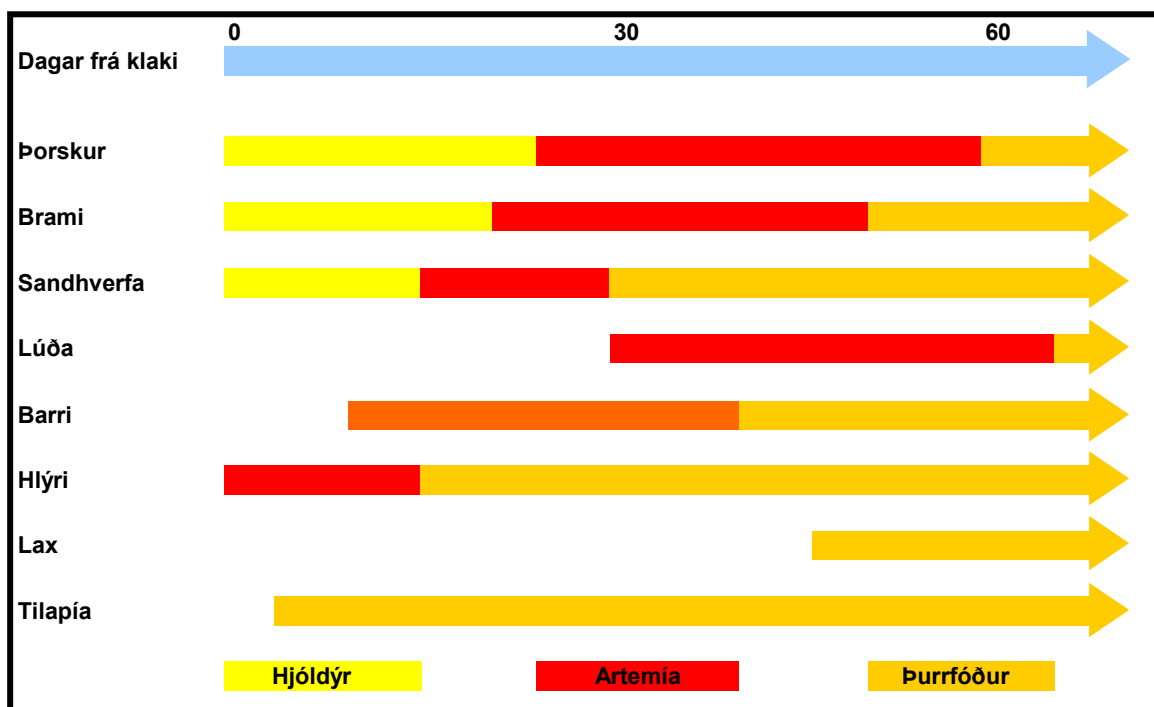
3.1.1 Þroskunargallar

Umtalsverður fjöldi vanskapaðra seiða hefur verið vandamál í þorskseiðaeldi. Vítamínskortur getur valdið vansköpun, t.d. beinkröm og beinagrindarvansköpun.¹²² Talsverður fjöldi seiða hefur jafnframt verið með vanþroskaðan sundmaga en þroskist sundmagi ekki eðlilega veldur það því að seiðið þarf að eyða mun meiri orku í það að halda sér á floti sem kemur verulega niður á vexti. Eins getur skortur á virkum sundmaga leitt til mænuvansköpunar og vansköpunar í stoðgrind. Helstu orsakir sundmagavansköpunar eru fitubrák á yfirborði eldisvökva sem og röng birtuskilyrði, en mikil birta á seiðunum getur valdið sundmagavandamálum. Þar að auki hefur verið sýnt fram á að mögulegt er að draga úr vansköpun með því að framleiða stærri og betri hrogn en sterkt jákvætt samband er á milli stærðar hrogna og þroskunar sundmaga.¹²³

¹²² Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

¹²³ Guðrún Marteinsdóttir o.fl., 1998:1253-1254.

3.1.2 Fóður og fæðuskortur



Mynd 3-1. Samanburður á frumfóðrun ýmissa eldisfiska.

Heimild: Agnar Steinarsson, 2002.

Eins og sést á mynd 3-1 þá er frumfóðrun þorsks almennt mun lengri heldur en margra algengra eldisfiska og auk þess í marga staði flóknari. Þorskur er almennt ekki vaninn á þurrfóður fyrr en á degi 50-70 eftir klak en umtalsverð vinna og fjármunir fara í að framleiða fæðudýr handa honum fram til þess tíma.

Næringarríkt fóður er lykilþáttur til að ná árangri í eldi sjávarfiska. Fram til þessa hefur verið notast við lifandi fóður á fyrstu stigum fóðrunar í flestum tilfellum og er það enn sem komið er talin nauðsyn. Stærsti gallinn við notkun lifandi fóðurs, eins og hjóldýra og artemíu, er hins vegar sá að það er tiltölulega dýrt og vinnufrekt í samanburði við notkun á þurrfóðri. Sem dæmi um mikinn kostnað fæðudýra má nefna að í tiltekinni tilraun innihélt lifandi fóður aðeins 1,6% þess þurrefnis sem neytt var fyrstu 3 mánuðina en var 50% af kostnaði. Þar vóg artemía þyngst en kostnaður vegna hennar var 40% af heildarfóðurkostnaði og 80% af fóðurkostnaði lifandi fóðurs.¹²⁴ Þess ber þó að gæta að ef sama reikningsdæmi væri reiknað tveimur mánuðum síðar, eða eftir fimm mánuði, þegar seiðin eru farin að neyta þurrfóðurs fengist önnur niðurstaða þar sem kostnaður vegna fæðudýra væri mun lægra hlutfall kostnaðar.¹²⁵

¹²⁴ Baskerville-Bridges o.fl., 2000:110.

¹²⁵ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

Þorsklirfur eru enn sem komið er ekki vandar á þurrfóður fyrr en um eða eftir myndbreytingu. Reynt hefur verið að gefa þurrfóður fyrr en það hefur haft neikvæð áhrif á vöxt og afkomu. Þessi slaki árangur getur stafað af:

- Lélegri fæðuupptöku, sem getur stafað af aðstæðum í kari, t.d. ef lirfur hafa ekki nægilegan góðan aðgang að fóðri eða að fóður sé ekki nægilega dreift í eldiskari.
- Lélegrar meltingar þar sem lirfan hefur enn ekki fullþroskað meltingarensím sín.
- Léleg næringarsamsetning fóðurs. Flestar gerðir fóðurs eru mjög næringarríkar en tapi fóðrið fljótt næringu í eldisvökvanum getur svo brugðið við að það hafi tapað stórum hluta næringarinnar þegar það er loks étið.
- Fóðrun með þurrfóðri getur haft neikvæð áhrif á vatnsgæði sem aftur leiðir til dauða.¹²⁶

Það er stefna eldismanna að mæta vandanum um langan frumfóðrunartíma með bættu þurrfóðri þannig að hægt sé að minnka verulega eða jafnvel hætta fóðrun með lifandi fóðri.

3.1.2.1 Mikil fæðudýraþörf

Með núverandi eldisaðferðum er þörf á gríðarlega miklu magni hjóldýra og artemíu sem hefur í för með sér mikinn kostnað og umstang. Undanfarin ár hefur verið mikil þróun í hjóldýrarækt og er nú svo komið að hægt er að rækta hjóldýr í mun meiri þéttleika en áður. Tæknin, sem byggir á sírækt og ættuð er frá Japan, gefur möguleika á þéttleika á bilinu 20.000-35.000 hjóldýr/ml sem er um 10 sinnum meira en áður hefur þekkt. Þessi mikli þéttleiki er mögulegur vegna meiri vatnsgæða sem eru fengin með ósonmeðhöndlun, líffilterum og próteinfleytum. Ef hjóldýraþörf er mikil getur þessi nýja tækni komið sér vel og dregið verulega úr vinnu við hjóldýrarækt.¹²⁷

Það sama er hins vegar ekki uppi á teningnum með artemíu en framleiðsla á henni byggir á því að kaupa dvalaregg erlendis frá. Verð á dvalareggjum sveiflast mjög mikið ár frá ári sökum mismunandi uppskeru og því er óhætt að áætla að verð á artemíu verði áfram nokkuð hátt.

¹²⁶ Baskerville-Bridges o.fl., 2000:110.

¹²⁷ Dhert, P., o.fl., 2001:135-136.

Fjöldi artemía á hvert framleitt seiði er um 40.000 artemíur/seiði hjá þorski en vonir manna eru að þessi tala geti lækkað nokkuð, ekki síst með tilkomu nýrra þurrfóðurtegunda. Til samanburðar má nefna að það þarf um 15.000 artemíur/seiði hjá barra¹²⁸, 20.000 artemíur/seiði hjá sandhverfu¹²⁹ og um 180.000 artemíur/seiði hjá lúðu.¹³⁰

3.1.2.2 Þurrfóðurrannsóknir

Næringarþörf lirfa sjávarfiska er talsvert önnur en fiskanna sjálfra og því er sérstakra rannsókna þörf. Mikilvægt er að þurrfóður uppfylli öll næringarskilyrði lirfa og seiða en enn sem komið er virðist sem auðgað lifandi fóður uppfylli þessi skilyrði betur, en næringarsamsetningu þess má sjá í töflu 3-1.

Tafla 3-1. Næringarsamsetning hjóldýra, artemíu og dýrasvifs.

Heimild: Waagbø, R., o.fl., 2001.

Næringarefni	Artemía	Hjóldýr	Dýrasvif
Prótein (% af þurrvigt)	33-41	40-57	55-58
Fríar aminosýrur (% af prót.)	10		20
Nauðsynlegar fitusýrur (% af fitus.)	10-20		45
Fita (% af þurrvigt)	24-32	7-11	9-10
Mettuð fita (% af fitu)	36	-	66
Ómettuð fita (% af fitu)	63	-	35
DHA (% af fitusýrum)	5-20	18-27	38-45

Eins og gefur að líta í töflunni hér að ofan er dýrasvif næringarríkasta föðrið fyrir þorsklirfur enda er það bæði ríkt af próteinum sem og DHA fitusýrum. Ívið meira prótein er að finna í hjóldýrum en í artemíu og sama gildir með DHA fitusýrum. Prótein- og fitusýruinnihald hjóldýra og artemíu getur þó verið mismunandi eftir því hvernig dýrin eru auðguð. Þessi næringarsamsetning er í takt við tilraunir sem gerðar hafa verið með dýrasvifi en þar hefur fengist góður vöxtur og jafnvel betri en í tilraunum þar sem aðeins hefur verið notast við hjóldýr og artemíu.¹³¹

Rannsóknir hafa verið gerðar til að kanna áhrif þess að gefa lirfum þurrfóður fljótlega eftir klak sem og áhrif þess að sleppa artemíu. Svo virðist að þegar lirfum voru gefin hjóldýr og þurrfóður samtímis (co-feeding), snertu þær vart við þurrfóðrinu fyrr en magn hjóldýra var orðið verulega lítið. Niðurstöðurnar gáfu einnig til kynna að af þeim lirfuhópum sem gefið var þurrfóður (8, 15, 22 og 29 dögum eftir klak) var

¹²⁸ Guðmundur Örn Ingólfsson, samtal, 2002.

¹²⁹ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

¹³⁰ Arnar Jónsson, samtal, 2002.

¹³¹ Van der Meeren, T., o.fl., 2001:5.

hópurinn sem fékk þurrfóður á áttunda degi með mestu meðallengd og hæstu meðalþyngd 71 degi eftir klak. Hins vegar var samanburðarhópur sem alinn var á artemíu og þurrfóðri frá 29. degi eftir klak með áberandi meiri meðallengd og hærri meðalþyngd en hóparnir sem fengu enga artemíu. Það undirstrikar því mikilvægi artemíu á þessum tímamarki en mun betri vöxtur fæst ef notast er við hana.¹³²

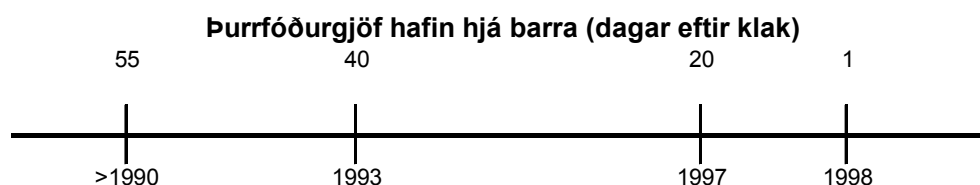
Tekist hefur að venja lirfur á þurrfóður aðeins 22 dögum eftir klak (þ.e. hjóldýr voru gefin frá byrjun fram til dags 22 og þurrfóður frá 8. degi) sem minnkar verulega kostnað við frumfóðrun þar sem engin artemía er notuð. Menn leiða líkum að því að lirfurnar þekki þurrfóðrið fyrr sem fóður því fyrr sem þess verður vart í vatninu eftir klak, auk þess sem svo virðist sem vöxturinn verði meiri því lengur sem samfóðrað er með hjóldýrum og þurrfóðri. Þess ber þó að gæta að þegar þessi leið er farin vaxa lirfurnar mun hægar og eru því mun minni heldur en lirfur sem fá einnig fæðudýr.¹³³

Því hefur verið haldið fram að ein af ástæðum þess að illa gengur að venja þorsklirfur snemma á þurrfóður sé sú að þorsklirfur séu það óþroskaðar fyrst eftir klak að þær séu illa til þess gerðar að éta og melta þurrfóður. Ástæður þess munu vera að lirfurnar hafi ekki þau meltingarensím sem til þarf og því sé nauðsynlegt að fóðra þær með fóðurdýrum sem hafa verið auðguð sérstaklega til að lirfurnar geti mellt þær. Þessu hafa norskir vísindamenn andmælt og segja að öll meltingarensím sé að finna í lirfunni við startfóðrun og í raun fái lirfan minna en 6% af heildarensímum sínum í gegnum fæðudýr. Þó svo að virkni ensíma lirfunnar séu ekki mikil í byrjun þá eykst hún hratt og er nægileg til að melta þurrfóður. Ástæða dræms árangurs með þurrfóður er fyrst og fremst að leita í næringarþörf lirfanna en hún hefur ekki verið rannsökuð nægilega.¹³⁴ Þegar betri þekking hefur fengist á næringarþörfum þeirra verður hægt að venja þær mun fyrr á þurrfóður og eru fóðurframleiðendur þegar farnir að bjóða fóður sem þeir telja það gott að hægt sé að sleppa artemíu.

¹³² Baskerville-Bridges o.fl., 2000:114-115.

¹³³ Baskerville-Bridges o.fl., 2000:114-115.

¹³⁴ Kjorsvik, E. o.fl., 2002:1-12.



Mynd 3-2. Yfirlit yfir framþróun í eldi á barraseiðum.

Heimild: Kjorsvik, E. o.fl., 2002.

Sem dæmi um þróun tilbúins startfóðurs er hægt að nefna barra. Fyrir 1990 var hann ekki vaninn á þurrfóður fyrr en 55 dögum eftir klak. Árið 1993 var þessi tími kominn niður í 40 daga, 1997 20 daga og nú er farið að gefa fisknum þurrfóður á fyrsta degi.¹³⁵ Þetta á hins vegar fyrst og fremst við um tilraunir, en raunin í iðnaðinum er sú að barri er fóðraður fram til dags 30-40 með artemíu en eftir þann tíma er hann fóðraður með þurrfóðri. Mikil framþróun hefur þó verið í þróun á þurrfóðri sem getur að einhverju leyti komið í stað artemíunnar og því má reikna með að barri verði á komandi árum vaninn enn fyrr á þurrfóður en nú.

Tafla 3-2. Yfirlit yfir eldi á brama.

Heimild: Cachelou, F., 2002

Brami	2002	1982
Æxlun	Milljón hrogn/hrygnu	0,2-0,6 milljónir hrogn/hrygnu
Klak	80% lifun	0-60% lifun
Lirfustig	50% lifun	0-10% lifun
Vansköpun	< 5%	30%
Seiðastig	95% lifun	75% lifun
Tími í 350 g	12 mánuðir	16 mánuðir

Svipaða sögu er að segja um brama en þar hefur árangur náðst á um 20 árum með bættri eldistækni. Sem dæmi má nefna var fyrir 20 árum lifun í gegnum klak á bilinu 0-60% en nú er hún stöðug um 80%. Áður var aðeins 0-10% lifun í gegnum lirfustig en nú er hún 50% og með mun minni vansköpun en áður. Sömu sögu er að segja um seiðaeldið en það tekur styttri tíma og er með mun betri lifun en áður. Allt þetta leiðir til aukinna afkasta og minni framleiðslukostnaðar, en nú kostar bramaseiði 13 kr/stk pr. 2 g seiði.¹³⁶

3.1.2.3 BioKyowa þurrfóður

Athyglisverður árangur hefur náðst á síðustu árum með þurrfóður en enn sem komið er fæst betri vöxtur og lifun með lifandi fóðri. Tilraunir með BioKyowa

¹³⁵ Kjorsvik, E. o.fl., 2002:4.

¹³⁶ Cachelou, F., 2002:4-5.

þurrfóðri hafa gefið athyglisverðar niðurstöður en fóðrun var hafin á degi 17 eftir klak. Lifun eftir 39 daga eldi var 22,9% með BioKyowa en 36,5% með lifandi fóðri. Vöxtur var einnig umtalsvert betri með lifandi fóðri en BioKyowa. Þrátt fyrir þetta virðist BioKyowa gefa betri árangur en annað þurrfóður sem notast var við til samanburðar.¹³⁷

Við frumfóðrun eru lirlurnar ágætlega búnar til að melta lifandi fæðu en öðru máli gegnir um þurrfóður. Vegna vanþroskunar meltingarfæra geta lirlurnar ekki melta þurrfóður og náð eins mikilli orkunýtingu úr fóðrinu og mögulegt ætti að vera. Sé þurrfóður hins vegar fýsilegt hafa tilraunir sýnt að lirlur geta farið að nýta sér það frá 16. degi eftir klak en það var einmitt gert með BioKyowa fóðrinu og náðist með því 20-35% lifun í gegnum myndbreytingu. Það er einmitt sá tími sem meltingarkerfi lirlunnar þroskast verulega og hún getur melta og étið meira magn fæðu en áður.¹³⁸

3.1.2.4 Gemma Micro þurrfóður

Miklar vonir eru bundnar við nýtt þurrfóður sem ætlað er að koma í stað artemíu í lirlueldi. Þetta fóður er frá Skretting-fóðurverksmiðjunni og heitir Gemma Micro og kemur á markað í apríl 2002. Gemma Micro er mjúkt fóður sem á að vera auðmeltanlegt fyrir þorsklirlur og er meðhöndlað á þann máta að næringarefni eiga ekki að fara til spillis í framleiðslunni.¹³⁹

Tilraunir á þessu nýja fóðri gefa góð fyrirheit en það á að koma í stað artemíunnar þannig að aðeins þarf að fóðra með hjóldýrum auk þess. Fóðrið er fánlegt í þremur stærðum sem eru 75 micron, 150 micron og 300 micron og er mælt með því að fóðrað sé stöðugt 18 tíma á dag með sjálfvirkum fóðrurum. Gemma Micro á að uppfylla öll næringarskilyrði lirla og á auk þess að stuðla að auknu öryggi og hreinlæti í lirlueldi.¹⁴⁰

3.1.2.5 Gemma þurrfóður

Skretting er einnig komið með á markaðinn fóður fyrir seiði sem eru komin í gegnum myndbreytingu en það heitir Gemma. Það er fánlegt í fimm stærðum frá 0,3-1,2 mm.

¹³⁷ Baskerville-Bridges o.fl., 2000:171-180.

¹³⁸ Baskerville-Bridges o.fl., 2000:171-180.

¹³⁹ Jón Árnason, 2002.

¹⁴⁰ Jón Árnason, 2002.

Það hefur gefið betri lifun og vöxt heldur en eldri fóðurgerðir sem eru á markaði. Fóðrið á að vera fýsilegt fyrir seiðin og á að uppfylla öll næringarskilyrði.¹⁴¹

3.1.3 Sjálfrán

Sjálfrán hefur reynst vera mikið vandamál í þorskseiðaeldi. Oft er rætt þannig um sjálfrán að það verði sökum þess að seiðin hafi engin önnur ráð til að draga fram lífið en raunin er sú að seiðunum er fátt eðlilegra og orkulega hagkvæmara en að éta hvert annað. Því verður alltaf eitthvað sjálfrán þó svo að allar aðstæður séu eins og best verður á kosið. Hins vegar ýta þættir eins og breytileiki í stærð og hungur undir sjálfrán og því er mikilvægt að flokka seiðin reglulega og sjá til þess að aðgengi að fóðri sé sem best.¹⁴²

Þegar dregið er úr artemíugjöf og þurrfóður er kynnt til sögunnar er talið að seiðin þekki ekki þurrfóðrið sem fæðu í fyrstu en það leiðir til hungurs. Þegar seiðin eru orðin hungruð er gjarnan lítið annað á boðstólnum en félagarnir og því verður sjálfrán (sbr. kafla 2.4.1 Þroskun seiða).¹⁴³

Til að fyrirbyggja sjálfrán er mikilvægt að vera með góð lírfugæði, sem gefa sem jafnastan vöxt sem lengst, því breytileiki veldur stærðarmun sem leiðir til sjálfráns. Jafnframt er mikilvægt að fyrirbyggja fæðuskort til að koma í veg fyrir hungur. Þrátt fyrir að þessum skilyrðum sé fullnægt er alltaf einhver náttúrulegur breytileiki til staðar og þegar hann er orðinn visst mikill verður að flokka seiðin og er það gert reglulega eftir það, t.d. einu sinni í viku, þar til sjálfránshætta er afstaðin. Algengt er að flokkun hefjist um dag 45 eftir klak en flokkað er með grindum sem skipta seiðunum í tvo hópa. Byrjað er t.d. með grindur með 2 mm götum en síðan verða þau stærri eftir því sem fram líður.¹⁴⁴

Hlutfallslegur stærðarmunur í eldi hefur mikil áhrif á sjálfrán þar sem hámarksstærð bráðar er talið vera fall af munnstærð. Líkamshlutföll seiða breytast með stærð þar sem 20 mm seiði eru hæst um höfuðið en stærri seiði eru hæst um magann. Í kringum 20 mm lengd er hlutfall rándýra:bráðar hvað minnst eða um 1,3. Í tilraunum hefur sjálfráns orðið vart hjá 40 mm seiðum þegar hlutfall stærsta:minnsta fisks var komið yfir 1,5:1 og sjálfrán var orðin megin dánarorsök þegar þetta hlutfall var komið yfir 2:1. Athuga ber að þó svo að þessi hlutföll geti orðið svipuð hjá 100

¹⁴¹ Jón Árnason, 2002.

¹⁴² Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

¹⁴³ Folkvord, A., 1991:53-55.

¹⁴⁴ Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

mm seiðum þá var sjálfráns ekki vart hjá þeim. Þar sem sjálfrán seiða er að hluta til útskýrt vegna breytinganna frá lifandi fœðri yfir á þurrfœður þá er hluta skýringarinnar sá að þorskseiði eru sérstaklega viðkvæm fyrir sjálfráni vegna breytinga á byggingu þeirra á þessu stigi.¹⁴⁵

Það þarf ekki að koma á óvart að sjálfrán sé minnst í seiðahópum þar sem hlutfallslegur stærðarmunur er lítill. Hópar þar sem max:min lengdarhlutfallið er lítið hafa að jafnaði mestu lifunina. Því má leiða líkum að því að hægt sé að draga úr sjálfráni með því að flokka seiðin fyrr og gæta þess að lengdarhlutfall innan hópa skekkist ekki um of.¹⁴⁶

3.1.4 Sjúkdómar

Sjúkdómar hafa komið upp í velflestum eldistegundum og þar er þorskurinn engin undantekning. Segja má að þrír megin sjúkdómsvaldar herji á þorsk en þeir eru bakteríur, vírusar og sníkjudýr.

Tafla 3-3. Yfirlit yfir bakteríu- og vírussjúkdóma í þorski.

Heimild: Rødseth, O.M., 2002.

Bakteríusjúkdómar			Vírussjúkdómar		
Sjúkdómar	Tilvist í eldi	Tilvist í náttúru	Sjúkdómar	Tilvist í eldi	Tilvist í náttúru
Víbríósi			VER		
Flexibakteríósi			IPN		
Vibrio spp.			VHS		
Kaldsjávar víbríósi			VEN		
Kýlaveikibróðir					
Fiskberklar					

Í töflu 3-3 gefur að líta lista yfir helstu bakteríur sem valda sjúkdómum í þorski. Sú sem hefur valdið mestum usla er bakterían *Vibrio anguillarum* en hún finnst í sjó og getur sýkt fisk ef ónæmiskerfi hans veikist af einhverjum ástæðum. Þróað hefur verið bóluefni gegn þessari bakteríu og er fiskurinn baðaður í bóluefninu við 0,5-5 g þyngd. Þetta er síðan endurtekið við 20 g þyngd eða þá að hann er sprautaður í kviðarhol með bóluefni. Þessum aðferðum fylgir mikið rót á seiðunum og því er nauðsynlegt að þróa nýtt bóluefni sem hægt er að gefa fiskinum með fœðri en slíkt bóluefni er í þróun. Jafnframt þyrfti slíkt bóluefni að vera fjölvirkt til að hægt sé að mynda ónæmi fyrir sem flestum sjúkdómum.¹⁴⁷

¹⁴⁵ Otterå, H., o.fl., 1993:643-645.

¹⁴⁶ Folkvord, A., 1991:55-57.

¹⁴⁷ Rødseth, O.M., 2002.

Lista yfir vírusa sem finnast í þorski er að finna í töflu 3-3. Mun erfiðara er að eiga við vírusa en bakteríur og er enn sem komið er ekki til nein meðhöndlun við þeim vírusum sem hrjá þorsk. Það eina sem hægt er að gera til verja þorskseiði gegn vírussýkingum er að viðhafa gott hreinlæti og reyna að gæta þess að sýktur hrygningarfiskur sé ekki tekinn inn í seiðastöðina.¹⁴⁸

Alls er búið að greina 107 tegundir sníkjudýra sem leggjast á þorsk en ekki leggjast þau þó öll á seiði. Í seiðaeldi geta þau sníkjudýr sem almennt eru talin meinlaus valdið miklum usla en seiði þola almennt færri sníkjudýr heldur en stærri fiskar. Mestar líkur eru á því að sníkjudýr smitist í gegnum fóður en mörg þeirra hafa dýrasvif sem hýsil. Ef vel er staðið að almennu hreinlæti eiga sníkjudýr ekki að vera vandamál í seiðaeldi.¹⁴⁹

3.2 Lítil framleiðsla á rúmmálseiningu

Fram til þessa hafa lirfur og seiði verið alin við frekar lítinn þéttleika en möguleiki er á því að draga verulega úr framleiðslukostnaði með auknum þéttleika lirfa og seiða. Niðurstöður rannsókna gefa til kynna að mögulegt sé að auka þéttleika í 300 lirfur/l án þess að það hafi áhrif á vöxt og afkomu fram að degi 40, eins og kom fram í kafla 2.3.2, en það er ríflega sexföldun á þéttleika eins og hann er nú víða.

Allir möguleikar eru á því að hægt sé að auka þéttleika á seiðastigi eftir því sem að menn ná betri árangri með að venja seiði á þurrfóður og ná meira valdi á sýkingum sem vilja koma upp þegar þéttleiki verður mikill.

Aukinn þéttleiki lirfa og seiða getur haft verulega mikið að segja um afkomu seiðastöðva en því meiri sem þéttleikinn er, því lægri verður kostnaður á hvert seiði. Jafnframt kemur vöxtur til með að aukast eftir því sem eldistækni og fóður verður betri og árangur kynbóta skilar sér.

¹⁴⁸ Rødseth, O.M., 1990.

¹⁴⁹ Nilsen, F., 2002.

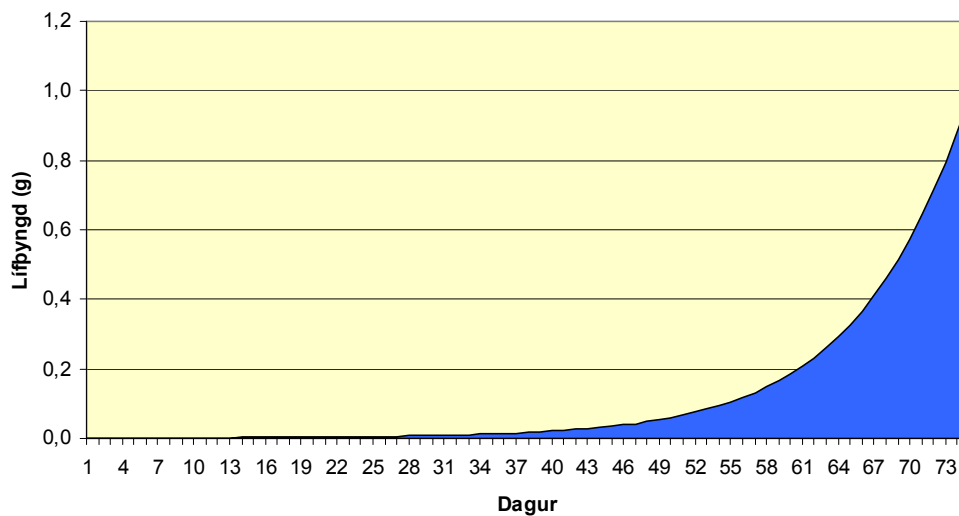
4 Greining framleiðslukostnaðar

Þar sem verkefni þetta hefur fyrst og fremst tekið á lirfum og seiðum á frumfóðrunarstigi verður aðaláherslan lögð á það í þessum kafla að meta framleiðslukostnað 1 g seiða en eftir að seiði hafa náð þeirri stærð er erfiðasti hjallinn að baki. Minni áhersla verður lögð á að meta framleiðslukostnað sjókvíarklárra seiða þó svo að lauslega verði rýnt í þær tölur.

4.1 Lítil seiði (1 g)

4.1.1 Líffræðilegar forsendur

Dæmið sem hér fer á eftir er reiknað fyrir seiðastöð sem framleiðir 4 milljónir 1 g seiða árlega úr fjórum hrygningarhópum sem með ljósastýringu hrygna á ólíkum árstímum. Reiknað er með því að seiðin nái 1 g stærð á um 75 dögum og gefur að líta vaxtarferilinn á myndinni hér að neðan.



Mynd 4-1. Vaxtarferill þorskseiðis (klak-1 g).

Ýmsar forsendur liggja að baki útreikningum sem þessum og eru þær helstu tilteknar í töflu 4-1.

Tafla 4-1. Helstu forsendur fyrir útreikningi á seiðaverði.

Forsendur:

Ársframleiðsla stöðvar	4 milljónir seiða
Fjárfesting alls	85 milljónir kr. ¹⁵⁰
Starfsmenn	7

Líffræðilegar forsendur:

Hrygningarhópar/ári	4
Frjóvnguð hrogn í klaki	60% ¹⁵¹
Afföll hroгна	50% ¹⁵²
Afföll á lirfustigi	75%
Afföll á seiðastigi	50% ¹⁵³
Fjöldi hjóldýra á lirfu	40.000 ¹⁵⁴
Fjöldi hjóldýra á seiði	110.000 ¹⁵⁴
Fjöldi artemía á seiði	25.000 ¹⁵⁴

Kostnaðarforsendur:

Heitavatnsverð	35 kr/m ³ ¹⁵⁵
Stjórnunarkostnaður/ári	4 milljón kr.

Fóðurstofurkostnaður:

Gemma Micro	17.500 kr/kg ¹⁵⁶
Gemma 0,3	1.735 kr/kg ¹⁵⁷
Gemma 0,5	521 kr/kg ¹⁵⁷
Gemma 0,75	419 kr/kg ¹⁵⁷
Gemma 1,0	373 kr/kg ¹⁵⁷

Reiknað er með því að starfsmenn verði 7, 2 við fýðurdýraframleiðslu og 5 í eldisdeild sem sjá um fýðrun, flokkun og önnur verk er lúta að eldinu. Reiknað er með því að afföll á lirfustigi verði 75%, en fram til þessa hafa þau verið á bilinu 50-100%, eins og kom fram í kafla 2.2.3 Klak. Reiknað er með því að einn stjórnandi sé yfir verksmiðjunni og er kostnaður við hann á ársgrundvelli 4 milljónir. Reiknað er með 85% endurnýtingu vatns. Nánari útlistanir á útreikningum gefur að líta í viðauka 1.

¹⁵⁰ Rosenlund, G., o.fl., 1993:145.

Agnar Steinarsson, samtal, 2002.

¹⁵¹ Glette, J., o.fl., 2002:66.

¹⁵² Glette, J., o.fl., 2002:67.

¹⁵³ Agnar Steinarsson, 2002:16.

¹⁵⁴ Agnar Steinarsson, 2002:16.

¹⁵⁵ Björgvin Harri Björgvinsson, 2001:69.

¹⁵⁶ Arnar Jónsson, samtal, 2002.

¹⁵⁷ Jón Árnason, samtal, 2002.

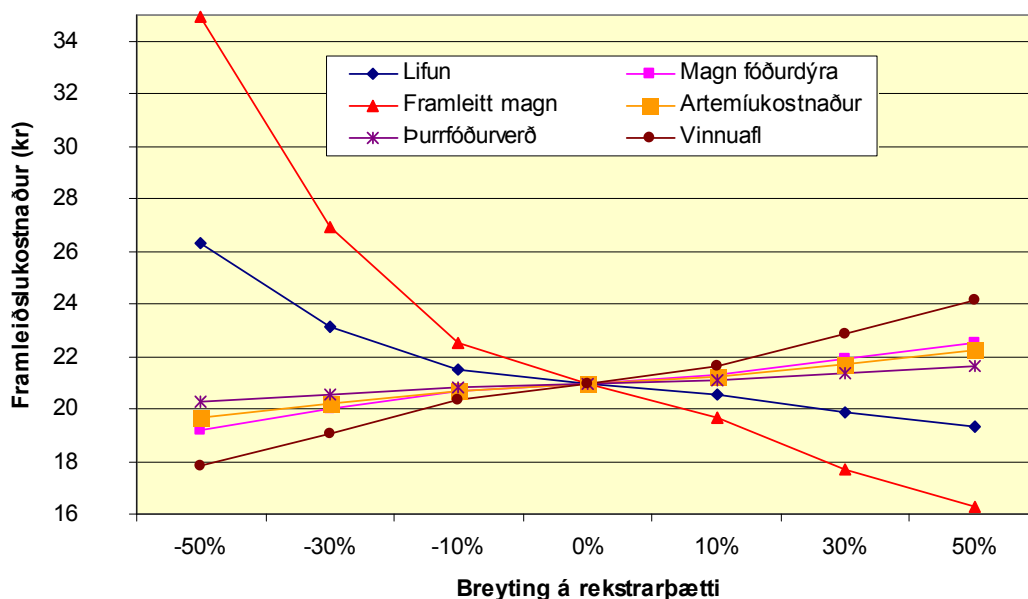
4.1.2 Útreikningar

Að gefnum forsendum í töflu 4-1 fást eftirfarandi niðurstöður sem eru reiknaðar út fyrir einn hrygningarhóp. Nánari skilgreiningar og útreikninga gefur að líta í viðauka 1.

Tafla 4-2. Framleiðslukostnaður 1 g seiða.

Framleiðslukostnaður 1 g seiða	Alls/hóp	Pr.seiði	% pr.seiði
Breytilegur kostnaður:			
Laun og launat. gjöld	5.250.000	5,09	24,3%
Fóður	2.832.264	2,75	13,1%
Hiti	365.918	0,35	1,7%
Rafmagn	289.080	0,28	1,3%
Ýmis kostnaður	6.000.000	5,82	27,7%
Fastur kostnaður			
Stjórnunarkostnaður	1.050.000	1,02	4,9%
Fjármagnskostnaður	3.931.250	3,81	18,2%
Afskriftir	1.250.000	1,21	5,8%
Samtals	20.968.512	20,97	100,0%

Eins og gefur að líta í töflu 4-2 þá er framleiðslukostnaður 1 g seiðis 20,97 kr miðað við að 4 milljónir seiða séu framleidd árlega í fjórum hópum. Hafa ber í huga að þetta er aðeins útreiknað verð frá gefnum forsendum. Helstu kostnaðarliðir breytilegs kostnaðar eru ýmis kostnaður, laun og fóður en saman eru þessir kostnaðarliðir um 65% af framleiðslukostnaði seiðisins. Langhæsti kostnaðarliður fasts kostnaðar er fjármagnskostnaður en hann er um 18% heildarkostnaðar og alls er fastur kostnaður um 29% af heildarkostnaði seiðisins.



Mynd 4-2. Næmnigreining framleiðslukostnaðar 1 g seiðis.

Ef helstu breytur eru næmnigreindar, eins og gefur að líta á mynd 4-2, sést að framleitt magn er sú breyta sem hefur hvað mest áhrif á framleiðslukostnað, fyrst og fremst vegna þess að hún dreifir fasta kostnaðinum á fleiri seiði, þó svo að hann hækki lítillega með aukinni framleiðslu. Því myndi framleiðslukostnaður hækka verulega ef framleitt magn væri minna í hverjum seiðahóp og að sama skapi myndi framleiðslukostnaður lækka verulega ef framleitt magn ykist. Aukning framleiðslu um 50% lækkar seiðaverð niður í 16 kr. en dragist framleiðsla aftur saman um 50% hækkar verðið í 35 kr.

Sú breyta sem kemur næst er lifun en framleiðslukostnaður getur sveiflast nokkuð með lifun. Það er fyrst og fremst sökum þess að það er dýrt að ala seiði sem síðan drepst áður en að uppskeru kemur og því tapast minna fé eftir því sem lifun er betri. Ef lifun á seiðastigi eykst um 50%, úr 50% í 75%, þá lækkar kostnaður á hvert seiði niður í 19 kr. en ef lifun minnkar hins vegar niður í 25% hækkar framleiðslukostnaðurinn í 26 kr.

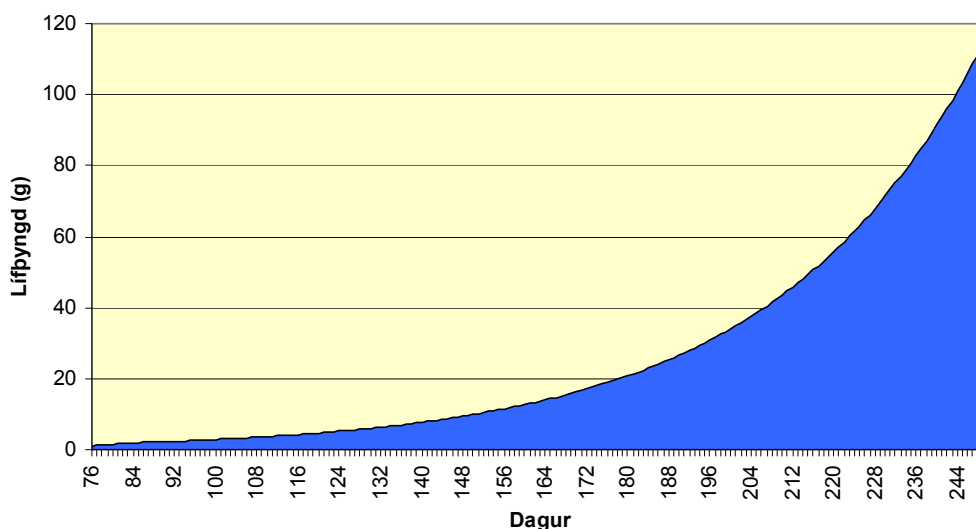
Magn fæðudýra sem notast er við á lirfu- og seiðastigi hefur einnig umtalsverð áhrif á kostnað en dragist notkun þeirra saman um 50% lækkar framleiðslukostnaðurinn niður í 19 kr. en aukist hann um 50% hækkar kostnaðurinn í

tæpar 23 kr. Kostnaður að baki fôðurdyrum liggur að miklu leyti í artemíuframleiðslunni en þar er verð artemíuhroga helsti kostnaðarliðurinn. Verð artemíuhroga getur haft veruleg áhrif á kostnað seiða eins og gefur að líta í næmnigreiningunni og eru áhrifin áþekkt og áhrif af magni fæðudýra.

Þurrfóðurverð er sú breyta sem hefur hvað minnst áhrif á seiðaverð 1 g seiða. Ef hins vegar fer sem stefnir að farið verði að gefa þurrfóður fyrr og jafnvel í stað artemíu þá er þetta breyta sem getur haft talsverð áhrif á framleiðslukostnað. Ekki er víst að framleiðslukostnaður lækki í fyrstu þó farið verði að nota þurrfóður í stað artemíu þar sem þurrfóður sem mögulegt er að gefa á lirlustigi er dýrt og jafnvel dýrara heldur en artemía. Það kemur hins vegar eflaust til með að lækka í framtíðinni auk þess sem umtalsvert öryggi fylgir því að notast við þurrfóður fram yfir rækt lifandi fæðudýra.

4.2 Sjókvíaklár seiði (115 g)

Dæmið sem hér fer á eftir er reiknað á þann máta að 1 g seiði eru alin á sama hátt og seiðin í kaflanum hér á undan en í stað þess að láta staðar numið í 1 g eru seiðin alin áfram í 115 g og er gengið út frá því að það sé sjókvíarstærð. Reiknað er með því að seiðið nái þessari stærð 250 dögum eftir klak. Hér að neðan gefur að líta vaxtarferilinn frá 75. degi.



Mynd 4-3. Vaxtarferill þorskseiðis (1-115 g).

Helstu forsendur gefur að líta í töflu 4-3.

Tafla 4-3. Helstu forsendur fyrir útreikningi á seiðaverði 115 g seiða.

Forsendur:	
Ársframleiðsla stöðvar	4 milljónir seiða
Fjárfesting alls	270 milljónir kr. ¹⁵⁸
Starfsmenn	11
Líffræðilegar forsendur:	
Hrygningarhópar/ári	4
Afföll	0,5% pr. mán.
Kostnaðarforsendur:	
Heitavatnsverð	35 kr/m ³
Stjórnunarkostnaður/ári	4 milljón kr.
Fóðurkostnaður^B:	
Gemma 1,2	410,0 ¹⁵⁹
Þurrfóður A	165,0 ¹⁵⁹
Þurrfóður B	100,0 ¹⁵⁹
Þurrfóður C	90,0 ¹⁵⁹
Þurrfóður D	85,0 ¹⁵⁹

Reiknað er með því að fjórir starfsmenn bætist við eldisdeildina.

4.2.1 Útreikningar

Að gefnum þessum forsendum fást eftirfarandi niðurstöður sem eru reiknaðar út fyrir einn hrygningarhóp.

Tafla 4-4. Framleiðslukostnaður 115 g seiða.

Framleiðslukostnaður 115 g seiða			
	Alls/hóp	Pr.seiði	% pr.seiði
Breytilegur kostnaður:			
Laun og launat. gjöld	8.250.000	8,25	14,0%
Fóður	11.754.652	11,75	20,0%
Hiti	2.073.853	2,07	3,5%
Rafmagn	1.156.320	1,16	2,0%
Súrefni	346.934	0,35	0,6%
Bóluefni	2.500.337	2,50	4,3%
Ýmis kostnaður	15.000.000	15,00	25,5%
Fastur kostnaður			
Stjórnunarkostnaður	1.050.000	1,05	1,8%
Fjármagnskostnaður	12.487.500	12,49	21,3%
Afskriftir	4.125.000	4,12	7,0%
Samtals	58.744.596	58,74	100,0%

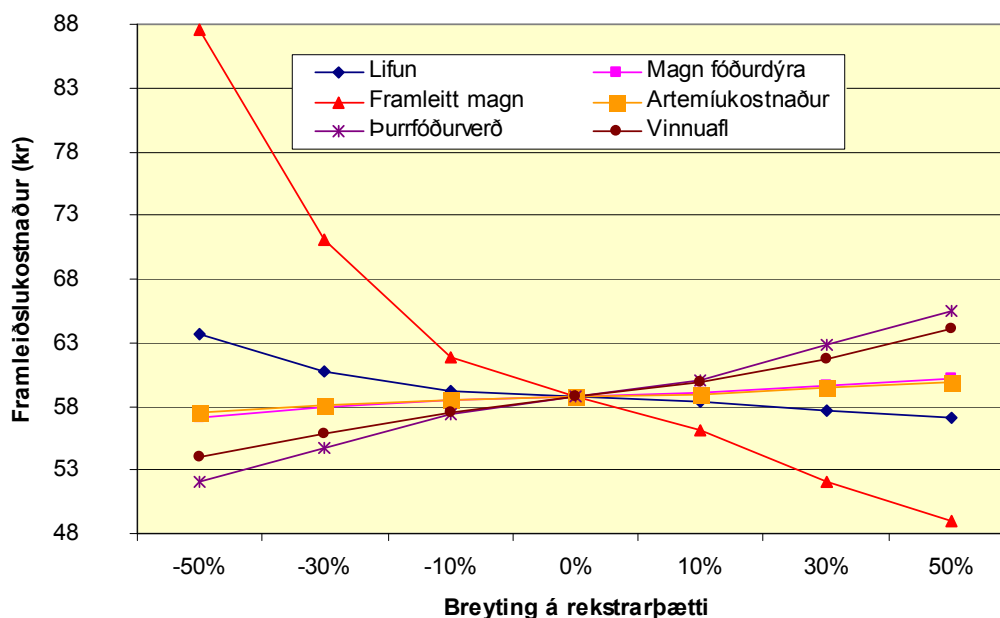
¹⁵⁸ Björgvin Harri Björgvinsson, 2001:51.

¹⁵⁹ Jón Arnason, samtal, 2002.

Þegar seiði eru alin upp í 115 g stærð eru aðrir þættir farnir að hafa áhrif á kostnaðarmyndunina en þegar seiðin voru aðeins alin í 1 g. Almennir eldisþættir eru farnir að hafa meiri áhrif eins og hiti og rafmagn. Fóður og laun eru enn meðal hæstu útgjaldaliða breytilegs kostnaðar auk ýmis kostnaðar. Fastur kostnaður er um 30% heildarkostnaðar og þar er fjármagnskostnaður hæstur.

Útreiknað verð 115 g seiða reyndist vera 58,74 kr. eins og gefur að líta í töflu 4-5. Helsti kostnaðarliður breytilegs kostnaðar eru ýmis kostnaður sem er tæp 26%, fóður sem er 20% framleiðslukostnaðar og laun sem eru 14%. Helsti kostnaðarliður fasts kostnaðar er eftir sem áður fjármagnskostnaður en hann er 21% af framleiðslukostnaði.

Reiknað er með því að bólusetningarkostnaður sé 2,5 kr. á hvert seiði.¹⁶⁰ Ástæða þess að bólusetning þorsks er mun lægri heldur en t.d. laxs er sú að þorskur er aðeins bólusettur fyrir víbríósa. Lax er hins vegar bólusettur fyrir fleiri sjúkdómum og kostar bólusetning hans um 8 kr. á hvert seiði.¹⁶¹ Reikna má með því að bólusetningarkostnaður hjá þorski komi til með að hækka nokkuð þegar fjölvirkt bóluefni verður komið á markaðinn.



Mynd 4-4. Næmnigreining framleiðslukostnaðar 115 g seiða.

¹⁶⁰ Björgvin Harri Björgvinsson, 2001:71.

¹⁶¹ Økonomiske Analyser Fiskoppdrett, 2001:56.

Þegar litið er á næmnigreiningu 115 g seiða, á mynd 4-4, sést að líkt og hjá 1 g seiðum er það framleitt magn sem hefur hvað mest áhrif á framleiðslukostnaðinn. Ef framleiðsla eykst um 50% lækkar verðið í 49 kr. en dragist framleiðslan saman um 50% hækkar verðir í 88 kr. Þar sem þurrfóður er orðinn stór hluti framleiðslukostnaðar skiptir verð þess verulegu máli en lækki þurrfóðurverð um 50% lækkar framleiðslukostnaðurinn í 52 kr., hækki þurrfóðrið hins vegar um sömu prósentutölu verður kostnaðurinn 65 kr.

Lifun hefur eftir sem áður umtalsverð áhrif á kostnað og er framleiðslukostnaðurinn á bilinu 57-64 kr. eftir því hvort lifun eykst eða minnkar um 50%. Magn fóðurdýra og kostnaður á artemíuhrognum hefur minna að segja nú en áður og eru áhrif þessara breyta minni en áður.

Eins og sést á næmnigreiningunni eru það margir þættir sem hafa áhrif á framleiðslukostnað seiða og því erfitt að segja til um hvert framtíðarverð verður hvort sem um er að ræða 1 g eða 115 g seiði. Það sem virðist hins vegar hafa mest að segja er framleitt magn, sem og stærðarhagkvæmni, og því verður framtíðar seiðaeldisstöð að framleiða verulegt magn til að kostnaður náist niður. Jafnframt er mikilvægt að ásættanleg lifun náist til að jafnvægi fái stöð í framleiðsluna og eins til að halda kostnaði niðri. Aðrir þættir hafa vissulega áhrif en ekki að sama skapi og þeir fyrrnefndu.

5 Umræður og ályktanir

5.1 Þorskseiðaframleiðsla

Miðað við þann áhuga sem er hérlandis um þessar mundir á þorskeldi má líklegt telja að komið verði á fót þorskseiðaeldisstöð áður en langt um líður. Ekki er gott að segja til um á þessari stundu með hvaða móti rekstur slíkrar stöðvar verður en líklegt er að þau sjávarútvegsfyrirtæki sem hyggja á þorskeldi sameinist um þorskseiðaframleiðslu í einni stöð til að dreifa áhættunni.

Eins og rakið var hér að framan er þorskseiðaframleiðsla margþætt ferli og því líklegt að talsverður tími verði þar til að menn hafa náð góðum tókum á því. Fram til þessa hafa þorskseiði aðeins verið alin í tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar í Grindavík og hefur þar verið unnið mikið og gott starf. Það er hins vegar eitt að framleiða seiði í smáum skala og annað að gera það í stórum og því er líklegt að það gæti tekið okkur tíma að ná tókum á þorskseiðaeldi, ekki síst þar sem rannsóknarumhverfi á sviði fiskeldis er jafn lítið og raun ber vitni hérlandis.

Þó svo að þorskur geti hentað íslenskum aðstæðum vel er nokkuð ljóst að eldistími í sjó verður lengri hér heldur en víðast hvar í Noregi þar sem aðstæður okkar eru talsvert aðrar en þar. Norðmenn stefna á að fara þá leið að ala 5-50 g seiði og setja í sjókvíar en þar verða þau alin í 3-4 kg þorsk á 16-18 mánuðum þar sem eldisaðstæður eru góðar.¹⁶²

Raunveruleiki okkar Íslendinga er hins vegar talsvert annar þar sem góðir eldisstaðir og hitastig fara sjaldnast saman hér við Ísland þar sem firðir okkar eru flestir kaldir og hlýjan sjó er aðeins að finna við opna strönd. Því verður aðeins möguleiki fyrir okkur að ala 4 kg fisk á 16-18 mánuðum fyrir sunnan land en annars staðar verður nauðsyn að ala fiskinn yfir tvo vetur sem lengir eldistímamann í ca. 30 mánuði.¹⁶³

Að sama skapi hefur hiti sjávar þau áhrif að á flestum stöðum við Ísland verður aðeins mögulegt að setja seiði í sjó á ákveðnum árstímum og þá helst á vorin þegar sjór er farinn að hlýna. Á öðrum árstímum er hitastig sjávar einfaldlega það lágt að vöxtur seiða verður of hægur til að það borgi sig að hafa þau í sjó og að sama skapi

¹⁶² Glette, J., o.fl., 2002:74.

¹⁶³ Birkir Hrannar Hjálmarsson o.fl., 2000:39.

er hætta á miklum afföllum. Hvar þessi mörk liggja er spurning í sjálfu sér og verður ekki svarað hér.

Þar sem mikil fjármagnsbinding er í seiðaeldisstöð af því tagi sem þarf fyrir þorskseiði eru menn almennt sammála um að notast verði við fleiri en einn hrygningarhóp til að nýta stöðina sem best og minnka þannig fastan kostnað á hvert seiði, en slíkt hefur verið gert í þeim arðsemismötum sem gerð hafa verið jafnt hér á Íslandi sem og í Noregi.¹⁶⁴

5.2 Vandamál í seiðaeldi

Vandamálín sem eru í veginum fyrir hagkvæmu þorskseiðaeldi eru kannski fyrst og fremst stöðugleiki. Það hefur náðst góður árangur víða en svo virðist að enn sem komið er megi lítið útaf bregða til að illa fari. Það sem helst hefur verið að gera mönnum erfitt fyrir eru afföll en ástæður þeirra eru margar. Afföll á hrogna- og lirfustigi eru þolanleg, þó auðvitað sé æskilegt að þau séu sem minnst, þar sem aðgangur að hrognum hjá þorski er ekki takamarkandi þáttur í framleiðslunni. Afföll á seiðastigi getur hins vegar verið erfiðara að þola þar sem það getur verið dýrt að missa seiði sem búið er að eyða dýrmætum tíma og peningum í að ala.

Lykillinn að árangri á lirfustigi eru hrognagæði en margoft hefur verið sýnt fram á sterk jákvæð tengsl á milli stórra hrogna og stærðar lirfa við klak. Stór hrogn fást úr stórum hrygnum og stórar lirfur eru lífvænlegri heldur en smáar þannig að mikilvægi stórra hrogna er mikið. Eins er frekari rannsókna þörf á næringarþörfum lirfa en menn eru ekki á eitt sáttir um hverjar þær eru. Vísindamenn hafa deilt um hvenær lirfur eru nægilega þroskaðar til að éta þurrfóður en miklar vonir eru bundnar við að minnka fæðudýranotkun með aukinni þurrfóðurgjöf.

Ástæður affalla á seiðastigi geta verið margþættar en sú helsta er sjálfrán sem oftast en ekki er tengd fóðrun með þurrfóðri. Ástæður sjálfráns liggja í breytileika í stærð þar sem hluti seiða er orðinn það stór að það getur étið minni seiði og eins er talið að seiðin þekki ekki þurrfóðrið í fyrstu og leiti því á félagana.

Mikil vinna hefur verið unnin undanfarin ár í þróun þurrfóðurs fyrir þorskseiðaeldi og er sífellt að koma nýtt fóður á markaðinn. Með bættu fóðri á að vera hægt að hefja þurrfóðrun fyrr, með því móti er hægt að draga úr fæðudýrabörfum sem ætti þegar fram líða stundir að draga úr kostnaði. Bætt fóður, bættar eldisaðferðir og

¹⁶⁴ Björgvin Harri Bjarnason, 2001.
Rosenlund, G., o.fl., 1993.

kynbætur ættu einnig að leiða til aukins vaxtar þegar fram líða stundir en aukin vöxtur ásamt auknum þéttleika ætti að lækka kostnað í framtíðinni.

5.3 Greining framleiðslukostnaðar

Ef niðurstöður útreikninga fyrir 1 g seiði (tafla 4-2) eru borin saman við niðurstöður norskrar úttekta á framleiðslukostnaði 5 g seiða (tafla 5-1) sést að framleiðslukostnaður 5 g seiða er umtalsvert hærri heldur en 1 g seiða. Samkvæmt forsendum ættu stöðvarnar að vera áþekkar af stærð en fjárfesting að baki norsku stöðinni er þó mun meiri og liggur sá munur fyrst og fremst í byggingu sem er mjög dýr.

Tafla 5-1. Framleiðslukostnaður 5 g seiða skv. norskrri úttekt.

Heimild: Rosenlund, G., o.fl., 1993

Framleiðslukostnaður 5 g seiða				
Fjárfestingar				
Byggingar	131.078.150			
Búnaður	33.031.694			
Framleitt magn	1 milljón	2 milljónir	Pr.seiði	% pr.seiði
Laun	11.534.877	11.534.877	5,77	16,1%
Hiti og rafmagn	3.670.188	5.243.126	2,62	7,3%
Fæðudýr	3.670.188	7.864.689	3,93	10,9%
Þurrfóður	6.291.751	13.107.815	6,55	18,2%
Viðhald o.fl.	7.864.689	13.107.815	6,55	18,2%
Afskriftir	9.437.627	9.437.627	4,72	13,1%
Stjórnunarkostnaður	3.670.188	3.670.188	1,84	5,1%
Fjármagnskostnaður	7.864.689	7.864.689	3,93	10,9%
Kostn pr. seiði	54,00	35,92	35,92	100,0%

Niðurstöður norsku úttekta gefa til kynna að framleiðslukostnaður 5 g seiða sé um 36 kr. en skv. útreikningunum hér að framan er framleiðslukostnaður 1 g seiða um 21 kr. Munurinn liggur eflaust að miklu leyti í kostnaðnum við að ala seiði um 4 g til viðbótar en flestir aðrir kostnaðarliðirnir eru áþekkir.

Eins og gefur að líta í töflunni þá kemur einnig bersýnilega í ljós í norsku úttektinni að stærðarhagkvæmni hefur gríðarlega mikið að segja um seiðakostnað þar sem fasti kostnaðurinn hækkar hlutfallslega lítið við aukna framleiðslu. Fastur kostnaður er talsvert hærri í norsku niðurstöðunum, eða tæpar 11 kr. pr. seiði á móti 6 kr. pr. seiði hér að framan. Líklega er skýringuna að vissu leyti að finna í

framleiðslumagni en fjöldi framleiddra seiði er helmingi meira hér að framan en í norsku úttektinni.

Báðar úttektirnar gefa það til kynna að launa- og fóðurkostnaður eru þættir sem hafa mikið að segja um kostnaðarmyndunina. Því má með bættum eldisaðferðum fækka ársverkum við framleiðsluna en eins og kom fram í næmigreiningunni hér að framan getur það lækkar kostnað verulega. Sömu sögu er að segja um fóðurkostnað en með aukinni framleiðslu þorskeiðafóðurs er líklegt að verð þess lækki er fram líða stundir, en sér í lagi er fóður með smáa agnastærð dýrt.

Brama- og barraseiðaeldi eiga mikið sameiginlegt með þorskeiðaeldi þar sem frumfóðrunartími fiskanna er að mörgu leyti líkur og eldistæknin svipuð. Ef útreiknaður seiðakostnaður er borin saman við framleiðslukostnað 5 g bramaseiða þá kostar um 13 kr. að framleiða bramaseiðið¹⁶⁵ á móti 21 kr. sem kostar að framleiða þorskeiðið. Bramaseiðin fara fyrr á þurrfóður og eldistæknin er þróaðri en hjá þorski og skýrir það að stórum hluta kostnaðarmuninn.

Barraseiði eru alin hjá Máka hf. hérlendis og er framleiðslukostnaður á 2 g seiðum hjá þeim um 25 kr. Helstu ástæður fyrir háu verði eru að stöðin framleiðir aðeins 2 milljónir seiða árlega. Hún framleiðir ekki eigin hrogn og því þarf að kaupa þau erlendis frá og er nauðsynlegt að ala fiskinn á smárri og dýrri artemíu á fystu stigum eldisins.¹⁶⁶

Tafla 5-2. Framleiðslukostnaður 120 g seiða skv. íslenskri úttekt.

Heimild: Björgvin Harri Björgvinsson, 2001.

Framleiðslukostnaður 120 g seiða		
Söluverð seiða	70,00	
Breytilegur kostnaður:	Pr. seiði	% pr.seiði
Laun og launat. gjöld	8,10	23,2%
Fóður	17,92	51,2%
Hiti	3,41	9,7%
Rafmagn	0,91	2,6%
Súrefni	0,14	0,4%
Bóluefni	2,50	7,1%
Ýmis kostnaður	2,00	5,7%
Samtals	34,98	100,0%

¹⁶⁵ Cachelou, F., 2002.

¹⁶⁶ Guðmundur Örm Ingólfsson, samtal, 2002.

Gert hefur verið arðsemismat hérlendis fyrir seiðaeldisstöð sem framleiðir 10 milljón 120 g seiði árlega úr fjórum hrygningum. Niðurstöður þess gáfu til kynna að breytilegur kostnaður slíks seiðis er um 35 kr. en þar veða fóður- og launakostnaður langsamlega þyngst. Ef það er borið saman við niðurstöðurnar sem fengust hér að framan sést að breytilegur kostnaður í því dæmi var umtalsvert hærri, eða 41 kr. á seiði. Mestu munar þar um ýmsan kostnað sem er mun hærri í dæminu sem reiknað var hér að framan. Tölur um fastann kostnað voru ekki aðgengilegar en reikna má með því að fastur kostnaður sé mun lægri á seiði í úttektinni hér að ofan þar sem ársframleiðslan er mun meiri, eða 10 milljón seiði á móti 4 milljónum.

Kostnaðarsamsetningin er með svipuðu móti en þeir þættir breytilegs kostnaðar sem mest áhrif hafa á framleiðslukostnaðinn eru laun og fóður sem er sambærilegt við útreikningana hér að framan. Talsvert ber þó á milli í ýmsum kostnaði en hann er mun lægri í íslensku úttektinni heldur en útreikningunum hér að framan.

Tafla 5-3. Framleiðslukostnaður 80 g laxaseiða í Noregi 2000.

Heimild: Økonomiske Analyser Fiskeoppdrett nr. 2/2001.

Framleiðslukostnaður 80 g laxaseiða		
	Pr. seiði	% pr.seiði
Hrognakostnaður	12,20	16,7%
Fóður	9,30	12,7%
Tryggingar	1,90	2,6%
Bólusetning	8,20	11,2%
Laun	13,80	18,9%
Afskriftir	5,80	7,9%
Rafmagn	2,80	3,8%
Annað	16,20	22,1%
Fjármagnskostnaður	3,00	4,1%
Samtals	73,20	100,0%

Ef framleiðslukostnaður 115 g þorskseiða er borin saman við framleiðslukostnað 80 g laxaseiða þá sést að framleiðslukostnaður laxaseiðanna er umtalsvert hærri, eða 73,20 kr. á móti 59 kr. Þessar tölur eru þó ekki samanburðarhæfar en framleiðslukostnaðurinn á laxaseiðunum er í herra lagi þar sem kostnaðurinn er meðaltal laxaseiðaframleiðenda í Noregi og því margar litlar stöðvar sem skekkja myndina. Kostnaðarliðir sem eru hærri hjá laxaseiðunum eru hrognakostnaður, sem er verulegur í laxeldi, launakostnaður og bólusetning. Líklegt má þó telja að bólusetningakostnaður hjá þorski nálgist lax þegar fram líða stundir.

Afskriftir eru einnig háar en fjármagnskostnaður er mun lægri en í dæminu hér að framan.

Þegar niðurstöður þessa verkefnis eru skoðaðar er nauðsynlegt að hafa það í huga að framleiðslukostnaður seiða er mjög svo háður aðstæðum hverju sinni. Eins og niðurstöðurnar gefa til kynna þá er mikilvægt að nýta sér stærðarhagkvæmni til að framleiða sem mest í hverri stöð til að minnka hlutfall fasts kostnaðar á hvert seiði. Jafnframt er mikilvægt að framleiða sem flest seiði á hvert ársverk því launakostnaður er hlutfallslega hár í seiðaeldi. Reikna má með að í framtíðinni lækki fóðurkostnaður nokkuð eftir því sem framboð eykst af þurrfóðri og eldistækni fleytir fram. Á móti kemur hins vegar að líklegt er að bólusetningakostnaður aukist til muna.

Fjármagnskostnaður er hátt hlutfall kostnaðar en í útreikningum þessa verkefnis var ekki gert ráð fyrir veltufé. Á fyrstu rekstrarárum seiðaeldisstöðvar er líklegt að stöðin verði að mestu að fjármagna rekstur sinn með hlutafé og lánsfjármagni, en það hækkar fjármagnskostnað verulega miðað við það sem reiknað var út hér að framan. Því má gera ráð fyrir að framleiðslukostnaður þorskseiða verði hár, og jafnvel hærri en niðurstöður þessa verkefnis gefa til kynna, framan af.

Norðmenn hafa reiknað með því að verð sjókvíarklárna seiða verði um 80-90 kr.¹⁶⁷ framan af og tel ég það vera raunhæft mat þegar stöðvarnar eru komnar í fullan rekstur. Miðað við að framleiðslukostnaður sjókvíarklárna seiða sé um 60 kr. eins og niðurstöður þessa verkefnis gefa til kynna er raunhæft að með sköttum og álagningu verði söluverðið um 80-90 kr. Möguleikar eru hins vegar fyrir hendi til að lækka framleiðslukostnað nokkuð en ekki er þó fyrirsjáanlegt að það gerist á allra næstu árum.

¹⁶⁷ Kvenseth, P.G., o.fl., 2000:84.

6 Heimildaskrá

6.1 Skriflegar heimildir

Agnar Steinarsson og Björn Björnsson. 1999. The effects of temperature and size on growth and mortality of cod larvae. *Journal of Fish Biology* 55 (Supplement A):100-109.

Baskerville-Bridges, B. og L.J.Kling. 2000a. Development and evaluation of microparticulate diets for early weaning of Atlantic cod *Gadus morhua* larvae. *Aquaculture Nutrition* 2000, 6:171-182.

Baskerville-Bridges, B. og L.J.Kling. 2000b. Early weaning of Atlantic cod (*Gadus morhua*) larvae onto a microparticulate diet. *Aquaculture* 189:109-117.

Baskerville-Bridges, B. og L.J.Kling. 2000c. Larval culture of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. *Aquaculture* 181:61-69.

Birkir Hrannar Hjálmarsson, Björgvin Harri Bjarnason og Erlendur Steinar Friðriksson. 2000. *Hagnýtt þorskeldi – Rannsóknarverkefni haustönn 2000*. Jón Örn Pálsson, leiðbeinandi. Sjávarútvegsdeild Háskólans á Akureyri.

Björgvin Harri Bjarnason. 2001. *Þorskeiðaeldi – Mat á stofnkostnaði og arðsemi þorskeiðaeldisstöðvar*. Lokaverkefni í sjávarútvegsdeild Háskólans á Akureyri.

Cachelou, F. 2002. *What can we learn from bream?* Fyrirlestrarglærur frá ráðstefnunni Sats på torsk 14.-15. febrúar. Bergen.

Dhert, Philippe, Geert Rombaut, Gede Suantika og Patrick Sorgeloos. 2001. Advancement of rotifer culture and manipulations techniques in Europe. *Aquaculture* 200:129-146.

Folkvord, Arild. 1991. Growth, survival and cannibalism of cod juveniles (*Gadus morhua*): effects of feed type, starvation and fish size. *Aquaculture* 97:41-59.

Folkvord, Arild og Håkon Otterå. 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.

Glette, J., T. van der Meeren, R.E. Olsen og O. Skilbrei (ritstj.). 2002. Havbruksrapport 2002. *Fisken og havet* 3-2002. Bergen, Havforskningsinstituttet.

Guðrún Marteinsdóttir og 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.

- Holm, Jens Chr. og Ewa Andersen. 1990. Produksjon av egg og larver. *Håndbok i torskeoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon* (ritsj. Jens Christian Holm, Terje Svåsand og Vildar Wennevik), bls. 29-42. Bergen, Havforskningsinstituttet.
- Jónas Jónasson, Emma Eyþórdóttir og Vigfús Jóhannsson. 1996. Kynbætur í laxeldi – Áhersla á aukinn vaxtarhraða og minni holdfitu laxa. *Eldisfréttir* (12,1):16-21.
- Karl Gunnarsson, Gunnar Jónsson og Ólafur Karvel Pálsson. 1998. *Sjávarnyttjar við Ísland*. Reykjavík, Mál og menning.
- Kjesbu, O.S. 1988. *Aspects of the reproduction in cod (Gadus morhua L.): oogenesis, fecundity, spawning in captivity and stage of spawning*. Dr. Scient. Thesis. Department of fisheries biology, University of Bergen.
- Kjesbu, O.S. 1989. The spawning activity of cod, *Gadus morhua* L. *Journal of Fish Biology* 34:195-206.
- Kjesbu, O.S. 1990. Torskens gytebiologi. *Håndbok i torskeoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon* (ritsj. Jens Christian Holm, Terje Svåsand og Vildar Wennevik), bls. 22-27. Bergen, Havforskningsinstituttet.
- Kjesbu, O.S., J. Klungsøyr, H. Kryvi, P.R. Witthames og M. Greer Walker. 1991. Fecundity, Atresia, and Egg Size of captive Atlantic Cod (*Gadus morhua*) in Relation to Proximate Body Composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 48:2333-2343.
- Kjesbu, O.S. 1993. Egg production in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Fish farming technology* (ritstj. Helge Reinertsen, Lars André Dahle, Leif Jørgensen og Kåre Tvinnereim). A.A.Balkema, Rotterdam.
- Kjesbu, O.S. og J.C. Holm. 1994. Oocyte Recruitment in First-Time Spawning Atlantic Cod (*Gadus morhua*) in Relation to Feeding Regime. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 51:1893-1898.
- Kjesbu, O.S., P. Solemdal, P. Bratland og M. Fonn. 1996. Variation in annual egg production in individual captive Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 53:610-620.
- Kjørsvik, E., T. van der Meeren, H. Kryvi, J. Arnfinnsson og P.G. Kvenseth. 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, Elin og Katja Hoehne-Reitan. 2002. *Formulert startfôr til marine fiskalarver*. Fyrirlestrarglætur frá ráðstefnunni Sats på torsk 14.-15. febrúar. Bergen.
- Kjøsnes, Arne. 1990. Rotatorier som levendefôr for marine fisklarver. *Norsk Fiskeoppdrett* nr. 2-90:26-27,68.
- Kvenseth, P.G., Ulf Winther, Erik Hempel og Arnhild Foseide Fagerholt. 2000. *Torskutredning for SND*. KPMG, Þrándheimur.

- Lie, Ø. og A. Mangor-Jensen. 1993. Importance of broodstock nutrition for optimal production in aquaculture. *Fish farming technology* (ritstj. Helge Reinertsen, Lars André Dahle, Leif Jørgensen og Kåre Tvinnereim). A.A.Balkema, Rotterdam.
- Moksness, Erlend. 2000. Kultivering av marin fisk. *Kennsluheftið Seiðaeldi – Hagnýtt þorskeldi*. Háskólinn á Akureyri.
- Naas, K.E., og T.H. Næss. 1990. Biologiske forutsetninger for oppdrett av torskyngel – Planktonproduksjon. *Håndbok i torskeoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon* (ritsj. Jens Christian Holm, Terje Svåsand og Vildar Wennevik), bls. 43-54. Bergen, Havforskningsinstituttet.
- Nilsen, Frank. 2002. *Mulige parasittproblem hos torsk i oppdrett*. Fyrirlestrarglærufrá ráðstefnunni Sats på torsk 14.-15. febrúar. Bergen.
- Nytjastofnar sjávar 1999/2000*. 2000. Aflahorfur fiskveiðiárið 2000/2001. Fjölrit 75. Reykjavík, Hafrannsóknastofnun.
- Olsen, Yngvar. 1997. Larval-rearing technology of marine species in Norway. *Hydrobiologia* 358:27-36.
- Oppdrett av torsk. 2001. *Strategi for koordinert satsing fra SND og Norges Forskningsrad 2001-2010*. Leif Jørgensen stýrði verkefninu. Tromsø, Norges forskningsrad og SND.
- Otterå, H. og A. Folkvord. 1993. Allometric growth in juvenile cod (*Gadus morhua*) and possible effects on cannibalism. *Journal of Fish Biology* 43:643-645.
- Otterlei, Erling, Gunnar Nyhammer, Arild Folkvord og Sigurd O. Stefansson. 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 Science* 56:2099-2111.
- Pepin, P., D.C.Orr og J.T.Anderson. 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.
- Puvandendran, Velmurugu og Joseph A. Brown. 1998. Effect of light intensity on the foraging and growth of Atlantic cod larvae: interpopulation difference? *Marine Ecology Progress Series* 167:207-214.
- Puvandendran, Velmurugu og Joseph A. Brown. 1999. Foraging, growth and survival of Atlantic cod larvae reared in different prey concentrations. *Aquaculture* 175:77-92.
- Rakitin, Ana, Moira M. Ferguson og Edward A. Trippel. 1999. Sperm competition and fertilization success in Atlantic cod (*Gadus morhua*): effect of sire size and condition factor on gamete quality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 56:2315-2323.

Rosenlund, G., I. Meslo, R. Rødsjø og H. Torp. 1993. Large scale production of cod. *Fish farming technology*, (ritstj. Helge Reinertsen, Lars André Dahle, Leif Jørgensen og Kåre Tvinnereim), bls. 141-146. A.A.Balkema, Rotterdam.

Rosenlund, Grethe. 2001. *General biology and life-cycle of cod & Current status of international cod farming operations*. Þorskeldisráðstefna NAFC, Scalloway, Shetland. 1.-2. febrúar. [Óútgefið handrit].

Rødseth, O.M. 1990. Sykdomer hos torsk. *Håndbok i torskeoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon* (ritsj. Jens Christian Holm, Terje Svåsand og Vildar Wennevik), bls. 121-152. Bergen, Havforskningsinstituttet.

Rødseth, O.M. 2002. *Vaksine til torsk*. Fyrirlestrarglærur frá ráðstefnunni Sats på torsk 14.-15. febrúar. Bergen.

Senstad, Knut. 1990. Innsamling av stamtorsk. *Håndbok i torskeoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon* (ritsj. Jens Christian Holm, Terje Svåsand og Vildar Wennevik), bls. 15-21. Bergen, Havforskningsinstituttet.

Sorgeloos, P., P. Dhert og P. Candreva. 2001. Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture. *Aquaculture* 200:147-159.

Sundby, S., Ellertsen, B., og Fossum, P. 1994. Encounter rates between first-feeding cod larvae and their prey during moderate to strong turbulent mixing. *ICES mar. Sci. Symp.* 198:393-405.

Van der Meeren, Terje. 1990. Torskelarvens økologi og utvikling. *Håndbok i torskeoppdrett. Stamfiskhold og yngelproduksjon* (ritsj. Jens Christian Holm, Terje Svåsand og Vildar Wennevik), bls. 55-65. Bergen, Havforskningsinstituttet.

Van der Meeran, T. og T. Næss. 1993. How does cod (*Gadus morhua*) cope with variability in feeding conditions during early larval stages? *Marine Biology* 116:637-647.

Van der Meeren, Terje og Kjell Emil Naas. 1997. Development of Rearing Techniques Using Large Enclosed Ecosystems in the Mass Production of Marine Fish Fry. *Reviews in Fisheries Science* 5(4):367-390.

Van der Meeren, Terje og Vladimair Ivannikov. 2001. Yngelproduksjon av gadoider: Utvikling av intensiv oppdrettsmetode for torsk og hyse. *Fisken og havet* nr. 2. Bergen, Havforskningsinstituttet.

Van der Meeren, Terje. 2002. *Effects of light intensity and algae on larval survival and growth in intensive rearing of Atlantoc cod (Gadus morhua L.)*. Fyrirlestrarglærur frá ráðstefnunni Sats på torsk 14.-15 febrúar. Bergen.

Waagbø, Rune, Marit Espe, Kristin Hamre og Øyvind Lie (ritstj.) 2001. *Fiskeernæring*. Bergen, Kystnæringen Forlag og Bokklubb AS.

Lønnsomhetsundersökelse for settefiskproduksjon laks og ørret. 2000. *Økonomiske Analyser Fiskoppdrett* nr. 2/2001.

6.2 Munnlegar heimildir

Agnar Steinarsson, sérfræðingur Hafrannsóknastofnunar. 2002. Samtöl um þorskseiðaframleiðslu á tímabilinu febrúar-apríl.

Arnar Jónsson, líffræðingur hjá Fiskeldi Eyjafjarðar. Samtal um framleiðslu fæðudýra. 14.03.2002.

Guðmundur Örn Ingólfsson, framkvæmdarstjóri Máka. Samtal um seiðaframleiðslu barra. 12.04.2002.

Jón Árnason, fódurfræðingur hjá fódurverksmiðjunni Laxá. Samtal um þurrfóður fyrir lirfur og seiði þorsks. 15.03.2002.

Jónas Jónasson, líffræðingur hjá Stofnfiski. Samtal um kynbætur á þorski. 18.04.2002.

Kristján Jóakimsson, framleiðslustjóri Hraðfrystihússins Gunnvarar, Hnífsdal. Samtal um þorskseiðaeldi. 18.04.2002.

Óttar Már Ingvarsson, verkefnisstjóri fiskeldis hjá Útgerðarfélagi Akureyringa. Samtal um seiðaeldisstöð ÚA. 06.03.2002.

6.3 Heimildir af veraldarvefnum

Agnar Steinarsson. 2002. *Þorskseiðaeldi*. Fyrirlestrarglærur af ráðstefnu um þorskeldi á Akureyri 11.01.2002. Sjávarútvegur.is.
Vefslóð: <http://www.sjavarutvegur.is/pds/agnar.pdf>

Coutteau, Peter. 1996. *Micro-Algae*. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. Ritstj. Patrick Lavens og Patrick Sorgeloos. FAO, Róm.
Vefslóð: <http://www.fao.org/DOCREP/003/W3732E/W3732E00.HTM>

Dhert, Philippe. 1996. *Rotifers*. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. Ritstj. Patrick Lavens og Patrick Sorgeloos. FAO, Róm.
Vefslóð: <http://www.fao.org/DOCREP/003/W3732E/W3732E00.HTM>

Heimsíða Búnaðarbanka Íslands. Upplýsingar um gengi og lánskjör. 10.04.2002.
Vefslóð: <http://www.bi.is>

Heimasíða Reed Mariculture. Upplýsingar um þörungabykkni. 15.03.2002.
Vefslóð: <http://www.instant-algae.com/microalgae/index.htm>

Heimasíða verkefnisins AkvaTorsk. Upplýsingar um þorskeldi á Danmörku.
17.04.2002. Vefslóð: <http://www.akvatorsk.difres.dk>

Heimasíða verkefnisins Þorskeldi á Íslandi. Upplýsingar um verkefnið. 17.04.2002.
Vefslóð: <http://www.thorskeldi.is>

Van Stappen, Gilbert. 1996. *Artemia*. Manual on the Production and Use of Live Food for Aquaculture. Ritstj. Patrick Lavens og Patrick Sorgeloos. FAO, Róm.
Vefslóð: <http://www.fao.org/DOCREP/003/W3732E/W3732E00.HTM>

Viðauki 1 – Framleiðslukostnaður 1 g seiða

Launakostnaður:	Fjöldi ársverka	Mánaðar-laun	Árslaun	Laun/ Seiðahóp
Hjöldýrarækt	1	250.000	3.000.000	750.000
Artemíurækt	1	250.000	3.000.000	750.000
Eldisdeild	5	250.000	15.000.000	3.750.000
		Samtals	21.000.000	5.250.000

Þurrfóður:	Aldur við byrjun fóðr.	Stærð seiða g	Fjöldi seiða	Vaxtar-aukning	Fóður-stuðull	Heildar fóðurn. kg	Fóðurverð kr/kg	Fóður-kostnaður
Gemma Micro	30	0,01	2.062.500	0,03	1,20	61,9	17.500	1.082.813
Gemma 0,3	40	0,02	1.833.333	0,15	0,75	206,3	1.735	357.885
Gemma 0,5	60	0,20	1.375.000	0,20	0,60	165,0	521	85.924
Gemma 0,75	67	0,40	1.214.583	0,20	0,60	145,8	419	61.011
Gemma 1,0	71	0,60	1.122.917	0,40	0,60	269,5	373	100.577
						Samtals		1.688.210

Fóður alls:	
Hjöldýr	375.146
Artemía	768.908
Þurrfóður	1.688.210
Samtals	2.832.264

Fjárfestingar:	Afskriftir		
Byggingar	50.000.000,00	3%	1.500.000,00
Búnaður	35.000.000,00	10%	3.500.000,00
Samtals	85.000.000,00		5.000.000,00

Ávöxtunarkrafa hlutfjár	20,0%
Vextir af lánum	15,0%
Hlutfall hlutfjár/lána	70/30
WACC	18,5%
Fjármagnskostnaður/ári	15.725.000,00
Fjárm.kostn./ári pr. hrygnh.	3.931.250,00

100% mettun	Dagur	Súrefnis-	Lif- massi kg	O ₂	Nýting mg/ltr	Affall mg/ltr	Rennsli	Rennsli	Heildar-
		þörf mg/min/ kg fisk		innihald mg/ltr			ltr/min/ kg fisk	m ³ /klst/ kg fisk	vatnsþörf m ³ /klst
Lirfur	0-30	14,00	5,8	8,15	2,15	6,00	6,51	0,391	2,3
Seiði	31-75	14,00	92,2	8,15	2,15	6,00	6,51	0,391	36,0

200% mettun	Dagur	Súrefnis-	Lif- massi kg	O ₂	Nýting mg/ltr	Affall mg/ltr	Rennsli	Rennsli	Heildar-
		þörf mg/min/ kg fisk		innihald mg/ltr			ltr/min/ kg fisk	m ³ /klst/ kg fisk	vatnsþörf m ³ /klst
Lirfur	0-30	14,00	5,8	16,30	10,30	6,00	1,36	0,082	0,5
Seiði	31-75	14,00	92,2	16,30	10,30	6,00	1,36	0,082	7,5

Forsendur:

85% endurnýting
Meðalsjárhitni 3,65°C
Hiti endurnýtt vatns 11,5°C
200% súrefnismettun

Kostnaður vegna heits vatns:

T2 72 °C
T1 3,65 °C

	Dagur	Meðal-	Klsta alls	Heildar-	mT1	mT2	Heitt vatn	Kost. heitt	Kostn. kr
		hitastig °C		vatnsþörf m ³			alls m ₃	vatn kr/m ₃	
Lirfur	0-30	12	720	342,5	0,878	0,122	6	35	220
Seiði	31-75	17	1.080	8.124,1	0,805	0,195	238	35	8.331
							244		8.550

Kostnaður vegna hitunar endurnýtt vatns:

T2 72 °C
T1 11,5 °C

	Dagur	Meðal-	Klsta alls	Heildar-	mT1	mT2	Heitt vatn	Kost. heitt	Kostn. kr
		hitastig °C		vatnsþörf m ³			alls m ₃	vatn kr/m ₃	
Lirfur	0-30	12	720	342,5	0,992	0,008	2	35	84,22
Seiði	31-75	17	1.080	8.124,1	- 0,478	1,478	10.208	35	357.283,39
							10.211		357.368

Samt.kostn. 365.918

Súrefniskostnaður	Dagur	0-30	31-75
Súrefnisbæting mg/ltr		8,15	8,15
Heildarmagn. O ₂ kg/hóp		2,79	66,21
Verð kr/kg		20,0	20,0
Kostnaður kr		55,83	1.324,23
		Samtals	1.380,1

Viðauki 2 – Framleiðslukostnaður 115 g seiða

Launakostnaður:	Fjöldi ársverka	Mánaðar-laun	Árslaun	Laun/Seiðahóp
Hjöldýrarækt	1	250.000	3.000.000	750.000
Artemíurækt	1	250.000	3.000.000	750.000
Eldisdeild	9	250.000	27.000.000	6.750.000
		Samtals	33.000.000	8.250.000
Stjórnunarkostnaður	1	350.000	4.200.000	1.050.000

Purrfóður:	Aldur við byrjun fóðr.	Stærð seiða g	Fjöldi seiða	Vaxtaraukning	Fóðurstuðull	Heildar fóðurn. kg	Fóðurverð kr/kg	Fóðurkostnaður
Gemma Micro	30	0,01	2.062.500	0,03	1,20	61,9	17.500	1.082.813
Gemma 0,3	40	0,02	1.833.333	0,15	0,75	206,3	1.735	357.885
Gemma 0,5	60	0,20	1.375.000	0,20	0,60	165,0	521	85.924
Gemma 0,75	67	0,40	1.214.583	0,20	0,60	145,8	419	61.011
Gemma 1,0	71	0,60	1.122.917	0,40	0,60	269,5	373	100.577
						Samtals		1.688.210

Purrfóður:	Aldur við byrjun fóðr.	Stærð seiða g	Fjöldi seiða	Vaxtaraukning	Fóðurstuðull	Heildar fóðurn. kg	Fóðurverð kr/kg	Fóðurkostnaður
Gemma 1,2	76	1	1.031.072	2,0	0,6	1.237,3	410	507.288
Purrfóður A	100	3	1.026.805	1,8	0,7	1.293,8	165	213.473
Purrfóður B	130	6	1.021.471	3,2	0,8	2.615,0	100	261.497
Purrfóður C	183	22	1.012.047	16,3	0,9	14.846,7	90	1.336.206
Purrfóður D	244	100	1.001.202	77,6	1,0	77.693,2	85	6.603.925
						Samtals		8.922.388

Fóður alls:	
Hjöldýr	375.146
Artemía	768.908
Purrfóður	10.610.598
Samtals	11.754.652

Fjárfestingar:		Afskriftir	
Byggingar	150.000.000,00	3%	4.500.000,00
Búnaður	120.000.000,00	10%	12.000.000,00
Samtals	270.000.000,00		16.500.000,00

Ávöxtunarkrafa hlutfjár	20%
Vextir af lánum	15%
Hlutfall hlutfjár/lána	70/30
WACC	19%
Fjármagnskostnaður/ári	49.950.000,00
Fjárm.kostn./ári pr. hrygnh.	12.487.500,00

100% mettun	Dagur	Súrefnis- þörf mg/min/ kg fisk	Lif- massi kg	O ₂ innihald mg/ltr	Nýting mg/ltr	Afall mg/ltr	Rennsli ltr/min/ kg fisk	Rennsli m ³ /klst/ kg fisk	Heildar- vatnsþörf m ³ /klst
Lirfur	0-30	14,00	5,8	8,15	2,15	6,0	6,51	0,391	2,3
Seiði	31-75	14,00	92,2	8,15	2,15	6,0	6,51	0,391	36,0
	76-100	10,73	1.742,5	8,15	2,15	6,0	4,99	0,299	521,8
	101-150	7,55	5.435,3	8,59	2,59	6,0	2,92	0,175	950,7
	151-200	4,83	18.512,2	8,69	2,69	6,0	1,80	0,108	1.994,4
	201-250	2,80	62.538,4	8,81	2,81	6,0	1,00	0,060	3.739,0

200% mettun	Dagur	Súrefnis- þörf mg/min/ kg fisk	Lif- massi kg	O ₂ innihald mg/ltr	Nýting mg/ltr	Afall mg/ltr	Rennsli ltr/min/ kg fisk	Rennsli m ³ /klst/ kg fisk	Heildar- vatnsþörf m ³ /klst
Lirfur	0-30	14,00	5,8	16,30	10,30	6,0	1,36	0,08	0,5
Seiði	31-75	14,00	92,2	16,30	10,30	6,0	1,36	0,08	7,5
	76-100	10,73	1.742,5	16,30	10,30	6,0	1,04	0,06	108,9
	101-150	7,55	5.435,3	17,18	11,18	6,0	0,68	0,04	220,2
	151-200	4,83	18.512,2	17,38	11,38	6,0	0,42	0,03	471,4
	201-250	2,80	62.538,4	17,62	11,62	6,0	0,24	0,01	904,2

Forsendur:
85% endurnýting
Meðalsjávarhiti 3,65°C
Hiti endurnýtt vatns 11,5°C
200% súrefnismettun

Kostnaður vegna heits vatns:

T2 72 °C
T1 3,65 °C

Dagur	Meðal- hitastig °C	Klst alls	Heildar- vatnsþörf m ³	mT1	mT2	Heitt vatn alls m ³	Kost. heitt vatn kr/m ³	Kostn. kr	
Lirfur	0-30	12	720	342,5	0,878	0,122	6	35	220
Seiði	31-75	17	1080	8.124,1	0,805	0,195	238	35	8.331
	76-100	17	600	65.350,5	0,805	0,195	1.915	35	67.012
	101-150	15	1200	264.279,2	0,834	0,166	6.583	35	230.398
	151-200	12	1200	565.713,2	0,878	0,122	10.367	35	362.830
	201-250	11	1200	1.085.004,2	0,892	0,108	17.501	35	612.547
							36.603		1.281.118

Kostnaður vegna hitunar endurnýtt vatns:

T2 72 °C
T1 11,5 °C

Dagur	Meðal- hitastig °C	Klst alls	Heildar- vatnsþörf m ³	mT1	mT2	Heitt vatn alls m ³	Kost. heitt vatn kr/m ³	Kostn. kr	
Lirfur	0-30	12	720	342,5	0,992	0,008	2	35	84
Seiði	31-75	17	1080	8.124,1	0,909	0,091	628	35	21.972
	76-100	17	600	65.350,5	0,909	0,091	5.050	35	176.744
	101-150	15	1200	264.279,2	0,942	0,058	12.996	35	454.844
	151-200	12	1200	565.713,2	0,992	0,008	3.974	35	139.091
	201-250	11	1200	1.085.004,2	1,008	0,008	7.622	35	266.768
							22.650		792.735
Samt.kostn.								2.073.853	

Súrefnikostnaður	0-30	31-75	76-100	101-150	151-200	201-250
Súrefnisbæiting mg/ltr	8,15	8,15	8,15	8,59	8,69	8,81
Heildarmagn. O ₂ kg/hóp	2,79	66,21	532,61	2.270,16	4.916,05	9.558,89
Verð kr/kg	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Kostnaður kr	55,8	1.324,2	10.652,1	45.403,2	98.321,0	191.177,7
Samtals						346.934,1

Viðauki 3 – Næmnigreining

Næmnigreining framleiðslukostnaðar 1 g seiða.

Breytur	-50%	-30%	-10%	0%	10%	30%	50%
Lifun	26,31	23,13	21,48	20,97	20,52	19,87	19,31
Magn fóðurdýra	19,17	20,02	20,66	20,97	21,28	21,90	22,52
Framleitt magn	34,96	26,96	22,51	20,97	19,67	17,70	16,25
Artemíukostnaður	19,70	20,21	20,71	20,97	21,22	21,73	22,24
Þurrfóðurverð	20,30	20,57	20,83	20,97	21,09	21,37	21,64
Vinnuafli	17,82	19,08	20,34	20,97	21,60	22,86	24,12

Næmnigreining framleiðslukostnaðar 115 g seiða.

Breytur	-50%	-30%	-10%	0%	10%	30%	50%
Lifun	63,72	60,76	59,20	58,74	58,31	57,69	57,14
Magn fóðurdýra	57,07	57,87	58,45	58,74	59,02	59,61	60,19
Framleitt magn	87,51	71,06	61,90	58,74	56,06	52,02	49,05
Artemíukostnaður	57,55	58,02	58,50	58,74	58,98	59,46	59,92
Þurrfóðurverð	52,02	54,71	57,39	58,74	60,07	62,77	65,45
Vinnuafli	54,04	55,80	57,57	58,74	59,91	61,68	64,03