

Hafrannsóknir nr. 161

Þorskeldiskvótaverkefnið 2011

Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2010

Sjávarhiti á eldissvæðum þorskeldisfyrirtækja

Skarfar og sjókvíaeldi

Reykjavík 2012

Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2010

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Gísli J. Kristjánsson, Hallgrímur Kjartansson, Ketill Eliasson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur Helgi Haraldsson, Sverrir Haraldsson og Þór Magnússon

Efnisyfirlit

ÁGRIP	4
ABSTRACT	5
1. INNGANGUR	7
1.1 ÞORSKELDISKVÓTAVERKEFNIÐ.....	7
1.2 SKIL Á GREINARGERÐUM OG ÚTHLUTUN AFLAHEIMILDA.....	7
1.3 ÚTHLUTUN AFLAHEIMILDA.....	8
1.4 ÁHERSLUR OG AFMÖRKUN VERKEFNA.....	8
2.0 FÖNGUN	9
2.1 FANGAÐ MAGN OG EFTIRSTÖÐVAR.....	9
2.2 FJÖLDI BÁTA OG AFLI Á BÁT.....	9
2.3 FÖNGUNARTÍMI OG SVÆÐI.....	9
3. ELDI	10
3.1 ÞORSKELDISSTÖÐVAR OG TJÓN Á BÚNAÐI.....	10
3.2 FÓÐUR OG FÓÐRUN.....	10
3.3 VÖXTUR.....	11
3.4 AFFÖLL, SLYSASLEPPINGAR OG SJÚKDÓMAR.....	12
4. REKSTUR OG MARKAÐSSETNING	13
4.1 FRAMLEIÐSLUTÖLUR.....	13
4.2 LÍFFRÆÐILEGAR LYKILTÖLUR.....	14
4.3 REKSTRARKOSTNAÐUR.....	15
4.4 AFURÐAVERÐ OG MARKAÐSSETNING.....	16
5. HEIMILDIR	16

ÁGRIP

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Gísli J. Kristjánsson, Hallgrímur Kjartansson, Ketill Eliasson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur Helgi Haraldsson, Sverrir Haraldsson og Þór Magnússon 2012. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2010. Hafrannsóknastofnunin *Hafrannsóknir* 161: 3-17.

Þessi skýrsla gefur yfirlit yfir starfsemi fyrirtækja með áframeldi á þorski á árinu 2010, ásamt samantekt af föngun og eldi þorsks árin 2002-2010. Í mars 2010 sóttu 9 aðilar um úthlutun aflaheimilda til þorskeldis á fiskveiðiárinu 2010/2011, en til ráðstöfunar voru 500 tonn, sem 8 fyrirtæki fengu úthlutað.

Á árinu 2010 var slátrað um 960 tonnum af þorski úr áframeldi sem er minnkun frá árinu 2009 en þá var slátrað um 1.215 tonnum. Gerður er greinarmunur á slátruðu magni og framleiðslu. Með framleiðslu er átt við lífþungaaukningu í eldinu. Á árinu 2010 er framleiðslan áætluð um 220 tonn en var um 290 tonn árið 2009. Á árinu 2010 voru fönguð um 530 tonn af þorski til áframeldis sem er minnkun frá árinu 2009 en þá nam aflinn 740 tonnum. Mest var fangað í dragnót um 255 tonn, 215 tonn í botnvörpu, 45 tonn í leiðigildru og 70 tonn á króka. Alls stunduðu 11 bátar föngun á þorski, þar af fönguðu fjórir þessara báta um 73% af aflanum.

Á árinu 2010 var áframeldi á þorski stundað á 8 stöðum við landið. Heildareldisrými stöðvanna var um 105.000 rúmmetrar. Heildarfóðurnotkun á árinu var um 1.800 tonn, af því var 57% gulldepla, 18% síld og 8% loðna. Líffræðilegur fóðurstuðull hækkaði úr um 6,3 árið 2009 og upp í 8,1 árið 2010. Að meðaltali var fóðurstuðullinn 5,1 fyrir árin 2004-2010. Á árinu 2010 var dagvöxtur á ómerktum 1,5-3 kg þorski sem fangaður var sama ár um 0,35%. Á undanförunum árum hefur eldistími styst og þyngdaraukning því minnkað úr 3,0 kg hjá þorski sem fangaður var árin 2003-2004 niður í 1,75 kg hjá þorski sem fangaður var árið 2009. Á árinu 2010 voru afföll á áframeldisþorski í eldiskvíum rúm 23%. Kýlaveikibróðir og víbríuveiki greindust í áframeldisþorski. Engar slyasleppingar voru skráðar á árinu.

Slátrað magn á hvern rúmmetra eldisrýmis hefur aukist úr 4 kg/m³ árið 2003 upp í um 9 kg/m³ 2010. Árið 2010 er föngunarkostnaður um 155 kr/kg og fóðurkostnaður um 485 kr/kg. Vegið meðaltal árána 2003 – 2010 er 155 kr/kg fyrir föngun og fóðurstofnaður er 255 kr/kg fyrir hvert framleitt kíló á verðlagi ársins 2010. Framleiðslan á hvert ársverk var aðeins um 30 tonn árið 2010, en vegið meðaltal árána 2003-2010 er 40 tonn á ársverk. Slátrað magn á ársverk var rúm 110 tonn árið 2010, en vegið meðaltal árána 2003-2010 er 97 tonn á ársverk. Meðalþyngd sláturfisks hefur lækkað úr 5,0 kg árið 2004 í 3,4 kg árið 2010. Á verðlagi ársins 2010 hefur verð á óslægðum áframeldisþorski hækkað úr 230 kr/kg árið 2005 í 330 kr/kg árið 2010.

ABSTRACT

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Gísli J. Kristjánsson, Hallgrímur Kjartansson, Ketill Eliasson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur Helgi Haraldsson, Sverrir Haraldsson og Þór Magnússon 2012. Cod quota for on-growing: results for the year 2010. Marine Research in Iceland 161: 3-17.

This report shows the results for the on-growing trials with cod in Iceland for the year 2010 and summarizes the results for the years 2002-2009. For the fishing year 2010/2011 500 tons cod quota was allocated to 8 fish farms but 9 applications were received in Mars 2010.

In the year 2010 total amount of slaughtered cod was around 960 tons, decreasing from 1.215 tons in the year 2009. Estimated production of wild farmed cod was 220 tons in the year 2010 and decreased from 290 tons in 2009. The fish farmers caught 530 tons of cod for on-growing in the year 2010, decreasing from 740 tons in 2009. About 255 tons were caught with Danish seine, 215 tons with trawl, 45 tons in Newfoundland traps and 70 tons with long line and jigging. A total of 11 vessels captured cod for on-growing in 2010.

In the year 2010 on-growing of wild cod took place in 8 locations in Iceland with total cage volume of around 105,000 m³. The cod were mainly fed with frozen pearlside (57%), herring (18%) and capelin (8%) and the total amount of feed was about 1,800 tons. The estimated average feed conversion factor was 8.1 in the year 2010 increasing from 6.3 in the year 2009. The average feed conversion factor in 2004-2010 was 5.1. Average daily growth rate of untagged wild farmed cod (1.5-3 kg) in the year 2010 for year-class 2010 was 0.35%. In the last few years the cod farmers have shortened the on-growing time and the total weight gain per fish has decreased from 3.0 kg for cod captured in 2003-2004 to 1.75 kg for cod captured in 2009. In 2010 mortality of wild farmed cod was 23%. Two species of pathogenic bacteria was isolated in wild farmed cod *Aeromonas salmonicida* ssp. *achromogenes* and *Vibrio anguillarum*. No escapes by wild farmed cod were reported in the year 2010.

Slaughtered volume of wild farmed cod per cubic meter of the sea cages increased from 4 kg/m³ in the year 2003 to 9 kg/m³ in 2010. In 2010 cost of capture was 155 ISK/kg and feed cost 485 ISK/kg. Weighted means in 2003-2010 were 155 ISK/kg for cost of capture and 255 ISK/kg for cost of feed at the price level of 2010. Productivity, calculated as average production in tons per man-year was 30 tons in 2010, weighted means for the years 2003-2010 were 40 tons. The average slaughtering volume in tons per man-year was in excess of 110 tons in 2010 and weighted means for the years 2003-2010 were 97 tons. Average slaughtering size of wild farmed cod decreased from 5.0 kg in the year 2004 to 3.4 kg in the year 2010. The price of un-gutted wild farmed cod to cod farmers increased from 230 ISK/kg in the year 2005 to 330 ISK/kg in 2010 at the price level of 2010.

1. INNGANGUR

1.1 Þorskeldiskvótaverkefnið

Þann 15. maí 2002 voru samþykktar breytingar á lögum nr. 38/1990 um stjórnun fiskveiða þar sem fram kemur að sjávarútvegsráðherra hefur til sérstakrar ráðstöfunar aflaheimildir sem nema 500 lestum af óslægðum þorski á fiskveiðiárunum 2001/2002 til og með 2005/2006. Alþingi hefur nú samþykkt að framlengja heimild sjávarútvegsráðherra á árlegri 500 tonna úthlutun aflaheimilda tvisvar sinnum eða til og með fiskveiðiárinu 2014/2015 (Lög um stjórn fiskveiða nr. 116/2006). Þessum aflaheimildum skal ráðstafað til tilrauna með áframeldi á þorski í samráði við Hafrannsóknastofnunina sem fylgist með tilraununum og birtir niðurstöður um gang þeirra. Markmiðið með vinnu Hafrannsóknastofnunar er að:

- Samræma söfnun og úrvinnslu gagna aðila sem fengu úthlutað þorskeldiskvóta.
- Gefa árlega út skýrslu til að tryggja að sú þekking sem hefur aflast varðveitist.
- Stuðla að þekkingarmiðlun á milli þorskeldisfyrirtækja.
- Fá fram tillögur um mikilvæg rannsókn- og þróunarverkefni.

Nánar er kveðið á um framkvæmd í reglugerð nr. 736/2009 um úthlutun aflaheimilda á þorski vegna tilrauna við föngun fisks til áframeldis og framkvæmd þess. Gefin hefur verið út handbókin „Þorskeldiskvóti: Handbók um skýrslugerð aðila sem fá úthlutað aflaheimildum til áframeldis á þorski“ sem endurnýjuð var á árinu 2009 (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2009c). Í þessari handbók eru teknar saman leiðbeiningar um hvernig standa eigi að mælingum, skráningum, úrvinnslu og birtingu á niðurstöðum.

Á hverju ári er haldinn fundur með verkefnistjórum þorskeldisfyrirtækja sem fengið hafa úthlutun á þorskeldiskvóta. Á árinu 2010 var haldinn fundur í Hópinu í Tálknafirði dagana 21.-22. september. Á fundinn mættu rúmlega 25 manns, verkefnistjórar og starfsmenn þorskeldisfyrirtækja, sjómenn, fulltrúar úr stjórnslunni og vísindamenn. Meginþema fundarins var fóður og fóðrun áframeldisþorsks og einnig var tekin fyrir föngun og afföll á áframeldisþorski.



Mynd 1.1. Þátttakendur á þorskeldiskvótafundi, 21.-22. september 2010 í Hópinu í Tálknafirði (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 1.1. Meeting of cod farmers in September 21-22, 2010 at Hópid, Tálknafjordur (Photo: Valdimar Ingi Gunnarsson).

1.2 Skil á greinargerðum og úthlutun aflaheimilda

Skýrslan byggist á upplýsingum frá þorskeldisfyrirtækjum sem hafa fengið úthlutun á þorskeldiskvóta (tafla 1.1). Sérfræðingar á Hafrannsóknastofnuninni hafa síðan unnið þessa samantekt í samvinnu við verkefnisstjóra einstakra þorskeldisfyrirtækja. Í skýrslunni er að finna frekari úrvinnslu, samanburð á milli fyrirtækja, ásamt ítarlegri túlkun gagna.

Níu þorskeldisfyrirtæki fengu úthlutað kvóta á fiskveiðiárinu 2009/2010 og átta þeirra skiluðu greinargerðum um framgang við föngun og áframeldi á þorski á árinu 2010 (tafla 1.1).

Tafla 1.1. Þorskeldisfyrirtæki og verkefnisstjórar sem skiluðu greinargerð um framgang föngunar og áframeldis á þorski á árinu 2010.

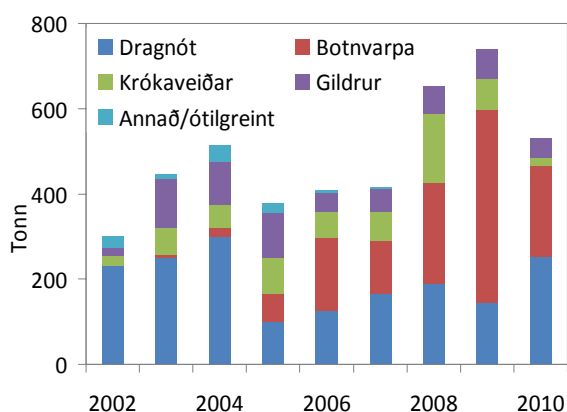
Table 1.1. The cod farms and project leaders returning reports to the Marine Research Institute for the year 2010.

Fyrirtæki	Verkefnisstjóri
Einherji ehf.	Ólafur Helgi Haraldsson
BA 337 ehf.	Þór Magnússon
Þóroddur ehf.	Sverrir Haraldsson
Fiskeldisstöð GJK	Gísli Jón Kristjánsson
Glaður ehf.	Ketill Elíasson
Álfsfell ehf.	Hallgrímur Kjartansson
Hraðfrystihúsið-Gunnvör hf.	Kristján G. Jóakimsson
Þorskeldi ehf.	Elís Hlynur Grétarsson

Tafla 1.2. Úthlutun aflaheimilda til þorskeldisfyrirtækja fiskveiðiárið 2010/2011 og endurúthlutun á árinu 2010 í kílógrömmum.

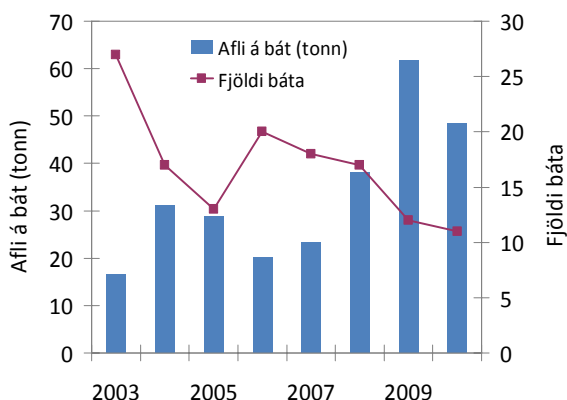
Table 1.2. Summary of allocation of cod quota for on-growing by farms in fishing years 2010/2011 and additional allocation in 2010 in kg.

Fyrirtæki	Úthlutun fiskveiðiárið 2010/2011	Endur-úthlutun	Samtals
Einherji	15.000		15.000
BA 337	10.000		10.000
Þóroddur	90.000		90.000
Fiskeldisstöð GJK		15.655	15.655
Glaður	25.000		25.000
Álfsfell	125.000		125.000
HG	125.000	90.000	215.000
Tó	10.000		10.000
Þorskeldi	100.000		100.000
	500.000	105.655	605.655



Mynd 2.1. Fangað magn af þorski til áframeldis í tonnnum eftir veiðarfærum á árunum 2002-2010.

Figure 2.1. Capture of cod for on-growing (in tons) according to fishing gear in 2002-2010.



Mynd 2.2. Fjöldi báta og meðalafli á bát sem stunduðu fongun á þorski árin 2003-2010.

Figure 2.2. Summary of cod captures for on-growing in numbers of boats and average tons per boat in 2003-2010.

Tó ehf. fékk úthlutað aflaheimildum en hætti starfsemi og nýtti ekki heimildirnar.

1.3 Úthlutun aflaheimilda

Á árinu 2010 sóttu 9 aðilar um úthlutun aflaheimilda til þorskeldis fyrir fiskveiðiárið 2010/2011, en úthlutað var til 8 þeirra, samtals 500 tonnnum (tafla 1.2). Á árinu 2010 var endurúthlutað úr innkölluðum aflaheimildum um 105 tonnnum til tveggja fyrirtækja (tafla 1.2). Eitt þessara fyrirtækja, Fiskeldisstöð GJK (ÍS 47 ehf.) var að fá í fyrsta skipti beint úr endurúthlutun og hafði ekki áður fengið úthlutun úr 500 tonna árlegum aflaheimildum. Á árinu 2010 var úthlutað samtals um 605 tonnnum til áframeldis á þorski (tafla 1.2). Mest var úthlutað til Hraðfrystihússins Gunnvarar hf. (HG) um 215 tonnnum, 125 tonnnum til Álfsfells og 100 tonnnum til Þorskeldis.

Þann 14. febrúar 2011 voru gerðar breytingar á reglugerð nr. 736/2009, um úthlutun aflaheimilda í þorski vegna tilrauna við fongun fisks til áframeldis. Helstu breytingar eru að:

- Óheimilt er að úthluta aflaheimildum til fyrirtækja sem ekki hafa fært framleiðsludagbók í samræmi við reglur sem um það gilda á hverjum tíma.
- Ráðuneytið skal innkalla aflaheimildir strax að loknu fiskveiðiári.
- Ráðherra getur falið Fiskistofu að innkalla og endurúthluta aflaheimildum eftir tilteknum reglum sem ráðherra setur.
- Áður en það gerist skal viðkomandi fyrirtæki hafa lokið við að veiða og láta vigta allan afla á grundvelli aflaheimilda sem áður hefur verið úthlutað.

Árangur við fongun hefur verið mjög misjafn á milli þorskeldisfyrirtækja og árið 2010 voru innkölluð um 105 tonn af aflaheimildum frá fjórum fyrirtækjum. Hér er um að ræða þorskeldisfyrirtæki sem hafa hætt rekstri og innköllun aflaheimilda frá fyrirtækjum sem ekki hefur tekist að nýta heimildirnar innan ákveðins tímaramma. Heimilt hefur verið að flytja aflaheimildir einu sinni á milli fiskveiðarára. Mest af aflaheimildum var innkallað frá Þóroddi ehf. um 80 tonn.

1.4 Áherslur og afmörkun verkefna

Frá því að þorskeldiskvótaverkefnið hófst hafa árlega verið gefnar út skýrslur á vegum Hafrannsóknastofnunar sem gefa yfirlit yfir

starfsemi þorskeldisfyrirtækja sem taka þátt í verkefninu (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2003, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009a, 2010a, 2011). Nú hafa verið skrifaðar níu skýrslur sem gefa yfirlit yfir föngun og áframeldi á þorski með þessari meðtalinni. Kaflinn um umhverfispætti verður ekki inni eins og á síðustu árum. Varðandi föngun eru eingöngu birt töluleg gögn. Öll gögn um föngun og flutning á þorski til áframeldis á síðustu árum og fram til loka ársins 2008 voru gefin út í sérstakri skýrslu á árinu 2009 (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2009b). Einnig hefur verið skrifuð sérstök grein um fóður og fóðrun áframeldisþorsks, samantekt fyrir árin 2002-2009 (Valdimar Ingi Gunnarsson & Björn Björnsson 2011). Að þessu sinni er einnig sleppt kafla um slátrun og vinnslu en vægi hans hefur verið að minnka.

2.0 FÖNGUN

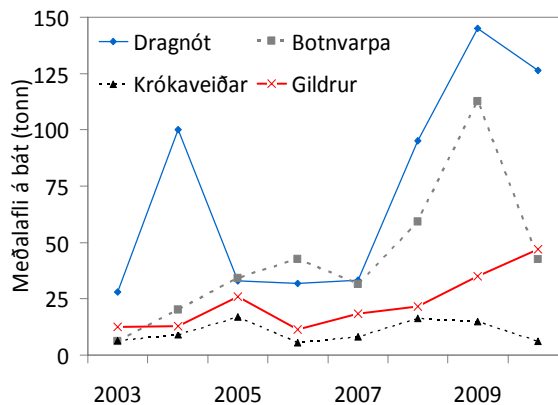
2.1 Fangað magn og eftirstöðvar

Á árinu 2010 voru fänguð um 530 tonn af þorski til áframeldis (mynd 2.1). Mest var fangað í dragnót um 255 tonn, um 215 tonn í botnvörpu (rækjuvörpu), um 45 tonn í leiðigildru og 20 tonn á króka. Megin breytingin á milli ára er að verulega dregur úr krókaveiðum og föngun í dragnót eykst. Þorskeldiskvóta var úthlutað í september og var búið að nýta lítið af þeirri úthlutun í lok ársins 2010. Samtals eftirstöðvar um áramótin 2010/2011 voru 690 tonn.

2.2 Fjöldi báta og afli á bát

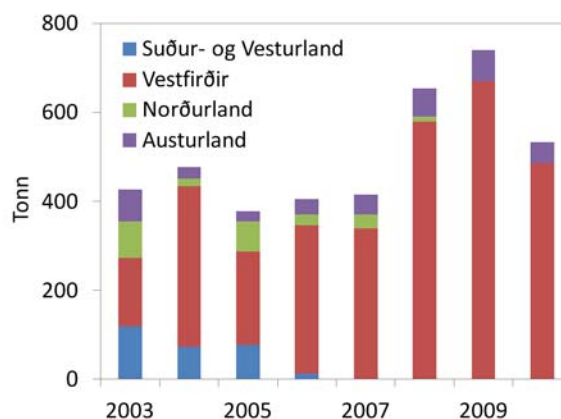
Fjöldi báta sem hafa stundað föngun hefur verið allt frá 11 upp í 27, en 11 bátar stunduðu föngun á árinu 2010 (mynd 2.2). Fimm bátar stunduðu botnvörpuveiðar, þrjú bátar krókaveiðar, tveir dragnót og einn gildruveiðar. Frá árinu 2006 hefur bátum sem stunda föngun á þorski fækkað úr 20 niður í 11 árið 2010. Á sama tíma hefur meðalafli á bát aukist úr 20 tonnum í rúm 60 tonn árið 2009 en lækkaði niður í um 50 tonn árið 2010 (mynd 2.2).

Afla er mjög misdreift á milli báta og fjórir bátar af 11 sem stunduðu föngun árið 2010 voru með rúm 390 tonn eða um 73% af heildarafla. Hér er um að ræða bátana: Ölduna ÍS 47, Vestra BA 63, Halldór Sigurðsson ÍS 15 og Val ÍS 20. Aldan og Vestri stunduðu dragnótaveiðar en hinir bátarnir voru með botnvörpu.



Mynd 2.3. Meðalafli á bát eftir veiðarfærum á árunum 2003-2010.

Figure 2.3. Average capture in tons per boat according to fishing gear in 2003-2010.



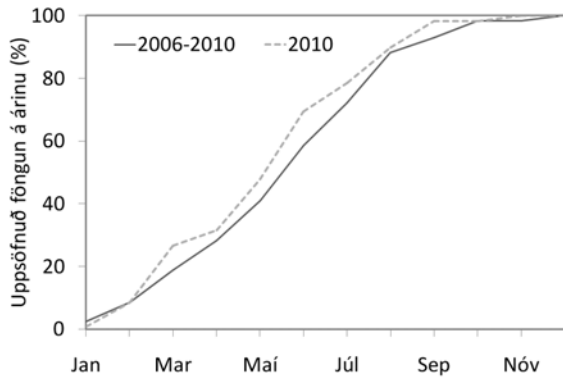
Mynd 2.4. Fangað magn af þorski til áframeldis í tonnum eftir landshlutum og árum.

Figure 2.4. Capture of cod for on-growing (in tons) according to regions and years.

Meðalafli á bát var mjög misjafn eftir veiðarfærum (mynd 2.3). Mestur var afli hjá bátum sem veiða í dragnót og hefur aukist úr rúmum 30 tonnum árin 2005-2007 upp í 95-145 tonn árin 2008-2010. Meðalafli báta sem stunda krókaveiðar var minnstur og öll árin vel undir 20 tonnum.

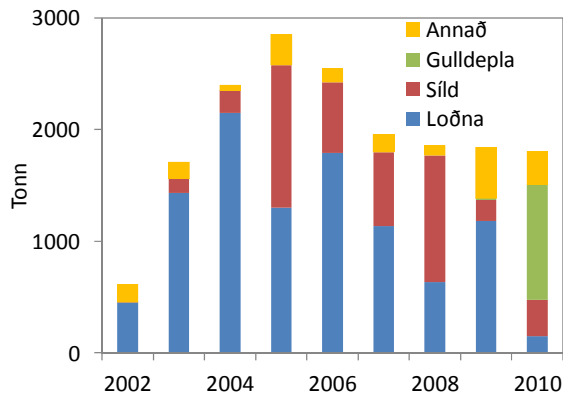
2.3 Föngunartími og svæði

Misjafnlega hefur gegnið að fanga þorsk til áframeldis eftir landshlutum, en besti árangurinn hefur verið á Vestfjörðum (mynd 2.4). Árið 2003 var um 35% af þorski fangaður til áframeldis tekinn á Vestfjörðum og árin 2008-2010 var hlutfallið komið upp í um 90%.



Mynd 2.5. Uppsöfnuð fangun á þorski til áframeldis á árinu 2010 og meðaltal árána 2006-2010.

Figure 2.5. The accumulated captures of cod for on-growing according to months in 2010 and averages for the years 2006-2010.



Mynd 3.1. Fóðurnotkun þorskeldisfyrirtækja eftir fisktegundum árin 2002 til 2010.

Figure 3.1. Quantity of feed (capelin blue, herring red, pearlside green and other feed yellow) used for on-growing of wild cod in the years 2002 to 2010.

Tafla 3.1. Staðsetning og eldisrými þorskeldisstöðva sem hafa fengið úthlutað þorskeldiskvóta og voru í rekstri í lok ársins 2010.

Table 3.1. Locations of cod farms in Iceland allocated cod quota and their rearing volumes (m^3) at the end of the year 2010.

Eldisstaðir	Rúm- metrar	Rekstraraðilar
Patreksfjörður	5.700	Einherji ehf.
Tálknafjörður	1.250	BA 337 ehf.
Tálknafjörður	24.200	Þóroddur ehf.
Hnífsdalvík	3.400	Fiskeldisstöð GJK
Skutulsfjörður	3.000	Glaður ehf.
Skutulsfjörður	28.280	Álfsfell ehf.
Álftafjörður	30.900	Hraðfrystihúsið-Gunnvör hf.
Stöðvarfjörður	10.000	Þorskeldi ehf.
Samtals	106.730	

Mun minna er fangað af þorski til áframeldis í öðrum landshlutum og hefur það lagst af nema á Austurlandi.

Á árinu 2010 var búið að fanga um 70% af aflanum fyrstu 6 mánuði ársins en árin 2006-2010 nam hlutfallið 60% (mynd 2.5). Það er mismunandi eftir veiðarfærum hvenær fiskurinn er fangaður á árinu. Í botnvörpu er fiskurinn að stærstum hluta tekinn fyrrihluta ársins í Ísafjarðardjúpi. Í dragnót er fiskurinn aðallega tekinn í dragnót um sumarið í Aðalvík og í Patreksfjarðarfloa um vorið. Afli í leiðigildru er að stærstum hluta tekinn í apríl og maí, allur á Austfjörðum.

3. Eldi

3.1 Þorskeldisstöðvar og tjón á búnaði

Á árinu 2010 var áframeldi á þorski stundað af 8 fyrirtækjum (tafla 3.1). Heildareldisrými var um 107.000 m^3 svipað og á síðasta ári. Tó hf. í Mjóafirði hætti starfsemi á árinu 2010 en Fiskeldisstöð GJK byrjaði með áframeldi á þorski í lok sumars 2010 í Hnífsdalvíkinni í Ísafjarðardjúpi.

Engin tjón urðu á búnaði á árinu 2010 enda hafa verið gerðar á undanförunum árum lagfæringar á búnaði og skipt út lélegum eldiskvíum. Eldiskví Fiskeldisstöðvar GJK út af Hnífsdalvíkinni er á mjög opnu svæði, ekkert skjól nema í sunnanáttum. Af þessum sökum gekk illa að þjónusta eldiskvína sem var sterkbyggð þriggja hringja kví. Hinsvegar var sjólagið ekki það slæmt að það orsakaði skemmdir á búnaði. Einu sinni var gert við nokkra slitna leggi í netpoka.

3.2 Fóður og fóðrun

Fóður

Þorskur í áframeldi er aðallega fóðraður með frosnum uppsjávarfiski (mynd 3.1). Heildarfóðurnotkun á árinu 2010 var um 1.800 tonn sem er svipað magn og á árinu 2008 og 2009. Árið 2009 var mest notað af gulldeplu um 1.030 tonn (57%) en tegundin hefur ekki áður verið notuð í neinum mæli sem fóður fyrir áframeldisþorsk. Notuð voru 330 tonn af síld (18%), 145 tonn af loðnu (8%) og 290 tonn af öðrum tegundum. Af öðrum tegundum var mest notað af sandsíli (196 tonn), makríl (20 tonn) og einnig var minna magn notað af sára, rækju,

afgangsbeitu, spærtingi, ýsuflökum og smokkfiski.

Mest fóður var notað hjá HG rúm 736 tonn sem eru um 40% af heildarfóðurnotkun fyrir-tækja með áframeldi á þorski. Hjá Álfsfelli nam fóðurnotkunin um 585 tonnum og um 160 tonnum hjá Þorskeldi en minna var fóðrað hjá öðrum þorskeldisfyrirtækjum.

Fóðurstuðull

Fóðurstuðull hjá sex þorskeldisfyrirtækjum yfir tímabilið 2002-2010 er allt frá 3,9 upp í 6,0 (mynd 3.2). Bestur var fóðurstuðullinn hjá Þorskeldi en hann mældist 3,9 að meðaltali fyrir árin 2003-2010 og 4,0 fyrir árið 2010. Hjá Einherja, Glaði og Þóroddi er fóðurstuðullinn yfir 5,0 árin 2002-2010 og er ástæðan mikil afföll á fiski, sérstaklega nú á síðustu árum.

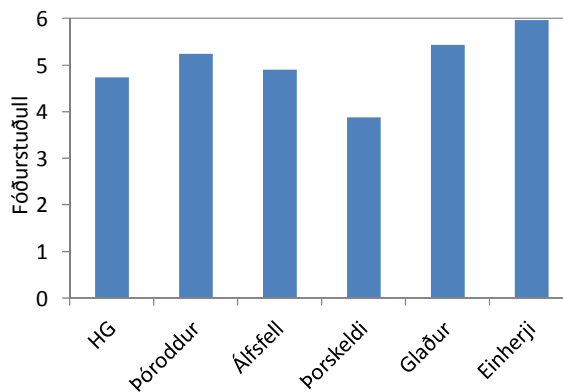
3.3 Vöxtur

Dagvöxtur

Dagvöxtur á ómerktum þorski sem tekinn var í eldi á árinu 2010 og lokið var við að slátra úr kvíum var að meðaltali um 0,35% (mynd 3.3). Hér er um að ræða fisk sem var yfirleitt 1,5-2,0 kg í upphafi eldisins og miðað var við að hann væri að lágmarki í 130 daga í eldi. Útreikningur á dagvexti byggir á gögnum úr 12 kvíum frá sex fyrirtækjum en Þóroddur og Glaður skiluðu ekki inn viðunandi gögnum. Ástæðan fyrir tiltölulega litlum dagvexti síðustu tvö ár eru eflaust margar, s.s. vanþrif og sjúkdómar. Þorskeldisfyrirtækin hafa verið að stytta eldisferlið og er nú mun minna um að fiskurinn sé hafður í meira en eitt ár í eldi. Síðustu tvö árin hefur skort nægileg gögn til að reikna út dagvöxt hjá þorski á öðru ári í eldi.

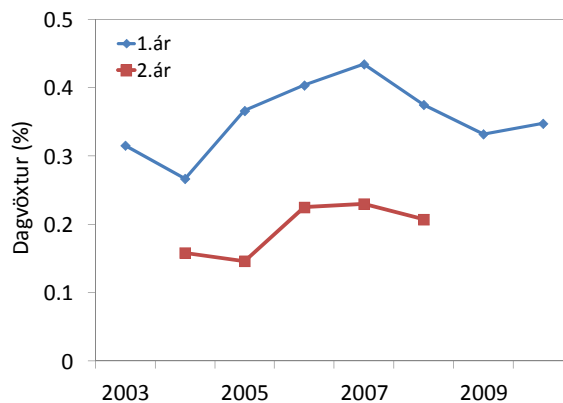
Þyngdaraukning þorsks

Á undanförunum árum hefur eldistími styst og þyngdaraukning fisksins því minnkað (mynd 3.4). Á myndinni er miðað við ár sem fiskurinn var fangaður. Fyrstu árin var fiskinum yfirleitt slátrað á öðru og jafnvel þriðja ári í eldi en nú seinni árin er meira um að honum sé slátrað sama ár og hann er fangaður. Lengri eldistími fyrstu árin skilaði sér í meiri þyngdaraukningu og þorskur sem var fangaður á árunum 2003-2004 jók þyngd sína um 3,0 kg en þorskur fangaður á árinu 2009 aðeins um 1,75 kg.



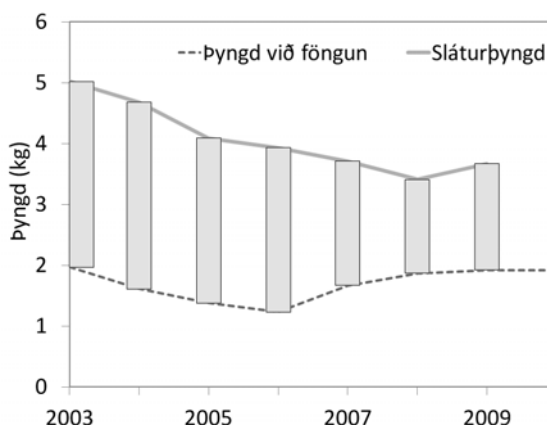
Mynd 3.2. Meðalfóðurstuðull hjá sex þorskeldisfyrirtækjum á tímabilinu 2002-2010. HG stendur fyrir Hraðfrystihúsið Gunnvör hf.

Figure 3.2. The average feed conversion factor for the years 2002-2010 in six cod farms.



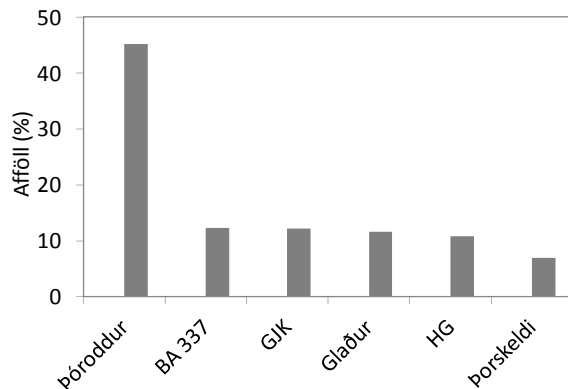
Mynd 3.3. Meðaldagvöxtur hjá áframeldisþorski á fyrsta og öðru ári í eldi árin 2003-2010.

Figure 3.3. The average daily growth rates of wild farmed cod in the first and second year in culture in 2003-2010.



Mynd 3.4. Þyngdaraukning áframeldisþorsks sem fangaður var á árunum 2003-2009.

Figure 3.4. The weight increment of wild farmed cod captured 2003-2009.



Mynd 3.5. Heildarafföll á áframeldisþorski í eldiskvíum hjá sex þorskeldisfyrirtækjum árið 2010. HG stendur fyrir Hraðfrystihúsið Gunnvör hf. og GJK fyrir Fiskeldisstöð GJK.

Figure 3.5. Total mortality of wild farmed cod in six cod farms in 2010.

3.4 Afföll, slysasleppingar og sjúkdómar

Afföll kvíum

Vegið meðaltal affalla í eldiskvíum var um 23% fyrir árið 2010 en var um 16% á árinu 2009. Hér er eingöngu stuðst við afföll í kvíum sem búið er að slátra upp úr í lok ársins 2010 og þar sem talið er að talning fiska hafi verið fullnægjandi. Í raun má gera ráð fyrir að afföll séu minni en 20% árið 2010 ef Álfsfell er tekið með í útreikningana en þar var talning fiska ábótavant. Afföll á milli fyrirtækja eru mjög mismunandi, mest hjá Þóroddi um 45% og lægst hjá Þorskeldi um 7% (mynd 3.5). Þóroddur hefur því mikil áhrif á heildarútkomuna og ef hann er undanskilin er vegið meðaltal affalla um 10% árið 2010.

Skráð og óskráð afföll

Skráð afföll eru þeir dauðu eða dauðvona fiskar sem taldir eru upp úr sjókvinni. Hlutfall skráðra affalla var að meðaltali 25%, allt frá 0% upp í 100% af heildarafföllum. Hlutfall óskráðra affalla er því óvanalega hátt eða 75%. Óskráð afföll er sá fjöldi fiska sem vantar upp á upphafs fjölda við slátrun. Þá er búið að taka tillit til dauðra og dauðvona fiska sem taldir hafa verið upp úr kvinni. Óskráð afföll geta verið vegna sjálfráns, afráns eða að dauður fiskur hafi náð að rotna. Einnig getur ástæðan

verið röng talning á fiski í kví og að fiskur hafi sloppið. Jafnframt getur ónákvæmni við talningu við slátrun leitt til þess að í útreikningi komi fram óskráð afföll.

Hjá sumum fyrirtækjum má rekja stóran hluta óskráðra affalla til þess að dauðfiskaháfurinn var ekki tæmdur nógu oft eða hann virkað ekki nægilega vel. Í allt of mörgum tilvikum fást eingöngu upp beinagrindur þegar háfurinn er tæmdur. Hjá Þóroddi eru ekki notaðir dauðfiskaháfar og öll afföll skráð sem óskráð afföll.

Afföll hjá Þóroddi

Afföll á áframeldisþorski hjá Þóroddi voru mjög mismunandi á milli kvía eða allt frá 17% upp í 85% í sjö eldiskvíum. Afföll á áframeldisþorski sem var tekinn í eldið á árunum 2008 og 2009 voru um 50% en vegna þess að dauðfiskur var ekki fjarlægður reglulega úr kvinni er ekki vitað hvenær fiskurinn drapst og ástæður affalla. Það kemur þó fram að afföll eru töluvert meiri á þorski fangaður á króka eða 50-85% (kví 3 og 18) en um 23% á fiski sem tekinn var í dragnót (kví 12). Afföll á áframeldisþorski sem tekinn var í eldið árið 2010 voru að meðaltali 35% (17-45%) í fjórum kvíum en megin skýringin var rakin til sjúkdóma.

Fisksjúkdómar

Þegar líða tók á sumarið byrjaði að vera vart við afföll af völdum sjúkdóma hjá Þóroddi. Fimm fiska sýni var tekið úr tveimur kvíum og send til greiningar. Þrjár fiskar greindust með kýlaveikibróður (*Aeromonas salmonicida* ssp. *Achromonogenes*) og einn með víbríuveiki (*Vibrio anguillarum*). Hjá Álfsfelli voru mestu afföllin í september og október og sýndu fiskar úr dauðfiskaháfi einkenni kýlaveikibróður og víbríu-veiki. Hjá Einherja byrjaði að verða vart við afföll af völdum kýlaveikibróður seinni hluta júlí.

Slysasleppingar

Það er ekki vitað til að slysasleppingar hafi átt sér stað á árinu 2010, en síðast slapp fiskur út úr kvíum árið 2008. Hugsanleg skýring er aukin reynsla þorskeldismanna og betri búnaður.

4. REKSTUR OG MARKAÐSSETNING

4.1 Framleiðslutölur

Slátrað magn

Á árinu 2010 var slátrað um 960 tonnum af þorski úr áframeldi fyrirtækja sem höfðu fengið úthlutað þorskeldiskvóta. Þetta er lækkun frá árinu 2009 en þá var slátrað um 1.215 tonnum (mynd 4.1). Á árinu 2010 var mest slátrað af áframeldisþorski á Vestfjörðum eða yfir 90% af heildarmagni og hefur aldrei verið hærra. Mest var slátrað um 380 tonnum hjá HG og um 285 tonnum hjá Álfsfelli og um 140 tonnum hjá Þóroddi.

Birgðir

Á árinu 2010 var lækkun í birgðastöðu úr um 470 tonnum í byrjun ársins í um 350 tonn í lok ársins (mynd 4.2). Þetta er fimmta árið í röð sem lækkun á sér stað í birgðum á milli ára. Um síðustu áramót voru því sem næst allar birgðir hjá þorskeldisfyrirtækjum sem staðsett eru á Vestfjörðum.

Birgðir í byrjun ársins 2010 voru lækkaðar um 85 tonn frá því sem gefið var upp í fyrri skýrslu vegna leiðréttinga frá þorskeldisfyrirtækjum. Í lok ársins 2010 eiga 8 fyrirtæki sem hafa fengið úthlutað þorskeldiskvóta birgðir af áframeldisþorski í sjókvíum. Mestu birgðirnar voru hjá Álfsfelli um 240 tonn og önnur fyrirtæki voru hvert fyrir sig með minna en 25 tonn í birgðum í lok ársins 2010.

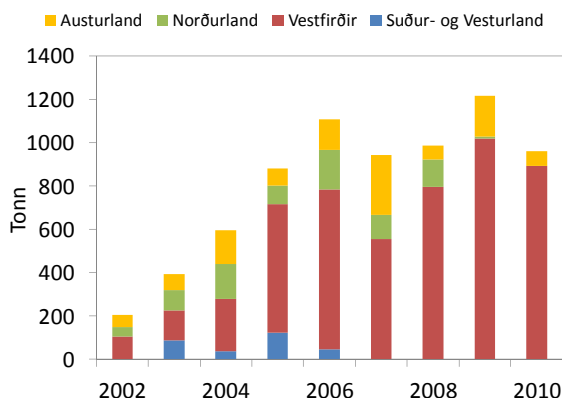
Framleiðsla

Gerður er greinarmunur á slátruðu magni og framleiðslu. Með framleiðslu er átt við lífþunguaukningu í eldinu og er eftirfarandi formúla notuð við útreikninga:

$$\text{Framleiðsla m.v. óslægt} = \text{Slátrað magn} + (\text{Birgðastaða í lok árs} - \text{Birgðastaða í upphafi árs}) - \text{Þyngd á nýjum fiski sem tekinn er í eldið.}$$

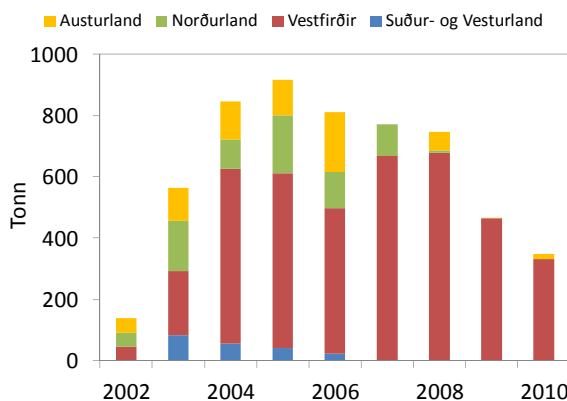
Réttar þykir að nota framleiðslu í staðinn fyrir slátrað magn þegar gefnar eru upp framleiðslutölur fyrir áframeldisþorsk. Í áframeldi er oft tekinn 1-2 kg fiskur í eldið en í aleldi eru seiðin mun minni, yfirleitt um 100 g.

Á árinu 2010 var framleiðsla fyrirtækja sem fengu úthlutað aflaheimildum til áframeldis á þorski um 220 tonn (mynd 4.3). Hér er um lækkun á milli ára að ræða en á árinu 2009 nam framleiðslan um 290 tonnum og um 500-600



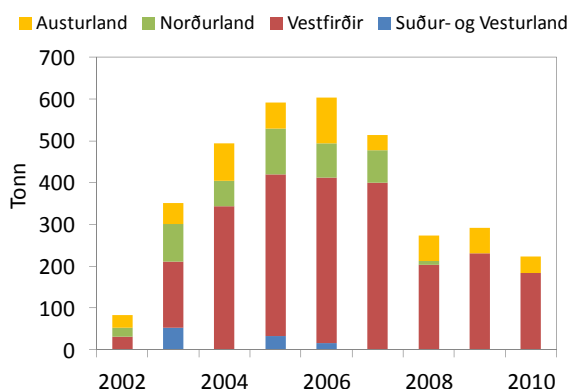
Mynd 4.1. Slátrun á þorski úr áframeldi á árunum 2002-2010 eftir landshlutum.

Figure 4.1. Slaughtered weight in tons of wild farmed cod in the years 2002-2010 according to regions in Iceland.



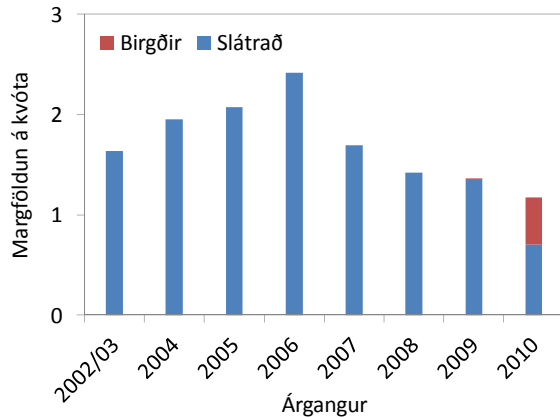
Mynd 4.2. Birgðir af áframeldisþorski í lok hvers árs fyrir árin 2002-2010 eftir landshlutum.

Figure 4.2. Live weight in tons of wild farmed cod at the end of the year in 2002-2010 according to regions in Iceland.



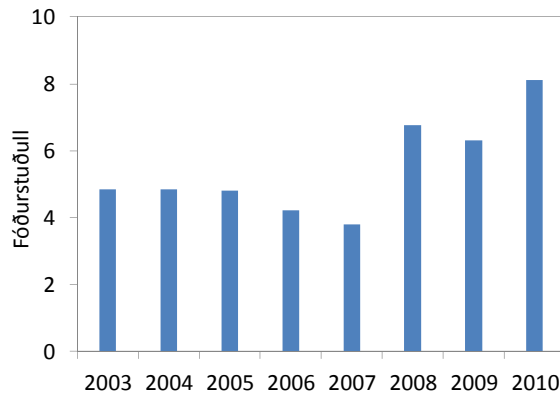
Mynd 4.3. Framleiðsla þorskeldisfyrirtækja eftir landshlutum árin 2002-2010.

Figure 4.3. Production in tons of wild farmed cod in the years 2002-2010 according to regions in Iceland.



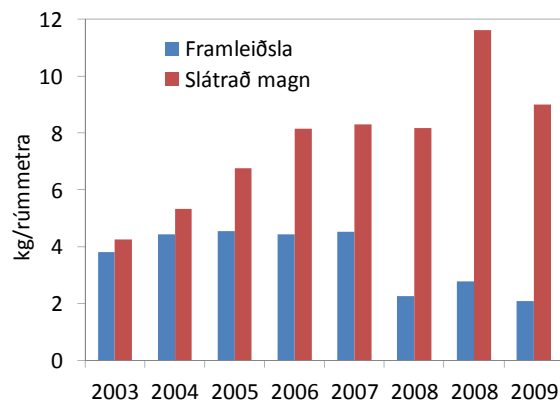
Mynd 4.4. Margföldun á fönguðum kvóta eftir árgöngum allra þorskeldisfyrirtækja sem hafa fengið úthlutað aflaheimildum til áframeldis árin 2002-2010.

Figure 4.4. Multiplication in biomass of wild farmed cod according to year-classes in 2002-2010 for all cod farms allocated cod quota.



Mynd 4.5. Fóðurstuðull allra þorskeldisfyrirtækja sem hafa fengið úthlutað þorskeldiskvóta fyrir árin 2003-2010.

Figure 4.5. Average feed conversion factor for all cod farms allocated cod quota in 2003-2010.



Mynd 4.6. Framleiðsla og slátrað magn á hvern rúmmetra eldisrým (kg/m³) fyrir árin 2003-2010.

Figure 4.6. Production and amount of wild farmed cod slaughtered per cubic meter (kg/m³) in 2003-2010.

tonnum á árunum 2004-2007. Framleiðslan 2009 var lækkuð um 85 tonn frá síðustu skýrslu vegna ofmats á birgðum í lok ársins.

Á árinu 2010 nam framleiðsla hjá þorskeldisfyrirtækjum á Vestfjörðum um 80% af heildarframleiðslu. Mest var framleiðslan hjá Álfsvelli um 110 tonn.

4.2 Líffræðilegar lykiltölur

Lífþungaaukning í eldinu

Til að nýta sem best úthlutaðan þorskeldiskvóta er mikilvægt að tryggja sem mesta lífþungaaukningu í eldinu. Árgangar 2002-2003 náðu ekki að tvöfalda þyngd sína en síðan hefur náðst betri árgangur í eldinu og fyrir árgang 2006 náði kvótinn að 2,5 falda sig. Eftir það lækkar margföldunarstuðullinn niður undir 1,5 árin 2008-2010 (mynd 4.4). Hverjum árgangi er slátrað yfir lengra tímabil og eru því eftir birgðir af lifandi áframeldisþorski fyrir árgang 2010. Margföldunarstuðull kann því hugsanlega að hækka eitthvað fyrir árgang 2010. Hækkun á margföldunarstuðli á árunum 2002-2006 má m.a. skýra með minnkandi afföllum á fiski og vaxandi dagvexti. Lækkun á margföldunarstuðli árin 2008-2010 er aðallega vegna þess að fiskurinn er styttri tíma í eldi, dagvöxtur minnkar og afföll aukast. Fyrir árin 2002-2010 er margföldunarstuðull að meðaltali 1,7.

Fóðurstuðull

Frá árinu 2003 lækkaði fóðurstuðullinn úr 4,9 niður í 3,8 á árinu 2007 (mynd 4.5). Ástæða lækkunar á fóðurstuðli var einkum talin vera vegna minni kynþroska, minni affalla á fiski og minni yfirföðrunar. Á árunum 2008-2010 var fóðurstuðullinn yfir 6 öll árin og fór upp í 8,1 árið 2010. Megin skýring á háum fóðurstuðli árið 2010 eru mikil afföll á fiski. Fóðurstuðullinn fyrir árið 2009 var hækkaður úr 4,8 sem gefið var upp í síðustu skýrslu upp í 6,3 vegna ofmats á birgðum. Að meðaltali var fóðurstuðullinn 5,1 fyrir árin 2003-2010.

Framleiðsla á rúmmetra

Á árunum 2004-2007 nam framleiðsla á hvern rúmmetra um 4,5 kg en lækkaði niður í 2-3 kg árin 2008-2010 í takt við lækkun í framleiðslu (mynd 4.6). Hins vegar jókst slátrað magn úr rúmm 4 kg/m³ á árinu 2003 upp í rúmm 11 kg/m³ árið 2009, en lækkaði síðan niður í 9 kg/m³ árið 2010 (mynd 4.6).

4.3 Rekstrarkostnaður

Kostnaður við föngun

Á árunum 2003 til 2010 var meðalkostnaður við föngun hjá fyrirtækjum sem fengu úthlutað þorskeldiskvóta frá 140 til 175 kr/kg og er þá miðað við verðlag ársins 2010 (mynd 4.7). Hér er átt við allan kostnað þar til fiskurinn er kominn í eldiskví, þ.m.t. flutningskostnað. Á árunum 2003-2005 var föngunarkostnaður 140-150 kr/kg en hækkaði síðan upp í 170-180 kr/kg árin 2006-2008. Á síðustu tveimur árum hefur betur gengið að fanga þorsk og var kostnaður kominn niður í um 150-155 kr/kg árin 2009 og 2010. Vegið meðaltal árunna 2003-2010 er um 155 kr á hvert fangað kíló á verðlagi ársins 2010.

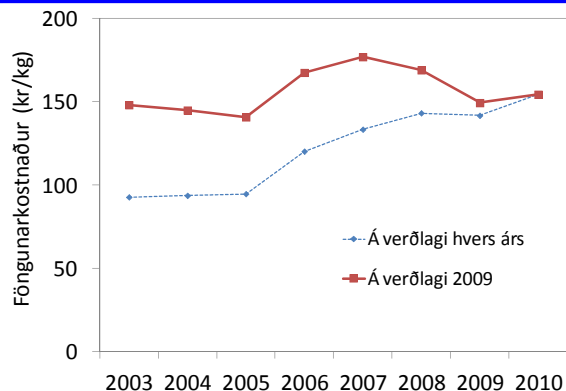
Fóðurkostnaður

Meðal fóðurkostnaður við að auka þyngd fisksins um eitt kíló lækkaði úr tæpum 250 kr árin 2003-2005 í um 160 kr árið 2007 og er þá miðað við verðlag ársins 2010 (mynd 4.8). Hér er átt við allan kostnað, þ.e.a.s. kaup á föðri, flutning og geymslu. Megin skýring á lækkanði fóðurkostnaði á tímabilinu er lækkun á fóðurstuðli. Á árunum 2008-2009 hækkaði fóðurkostnaðurinn aftur á móti upp í um 325-350 kr/kg og er ástæðan aðallega mikil hækkun á fóðurstuðli (kafla 4.2). Árið 2010 er fóðurkostnaður kominn upp í 485 kr/kg enda hefur fóðurstuðull aldrei verið hærri. Ef birgðir eru ofmetnar um áramótin 2010/2011 kann kostnaðurinn að hækka enn frekar. Vegið meðaltal árunna 2003-2010 er 255 kr á hvert framleitt kíló á verðlagi ársins 2010.

Fjöldi tonna á ársverk

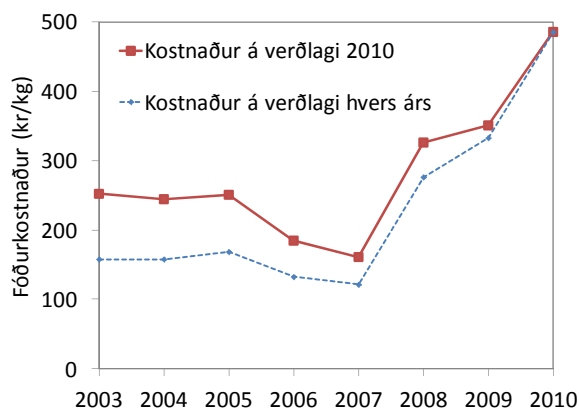
Frá árinu 2003 hefur framleiðsla á hvert ársverk aukist úr um 30 tonnum í 60 tonn árið 2006 (mynd 4.9). Síðan hefur framleiðsla á hvert ársverk dregist saman og var aðeins 20-30 tonn árin 2008-2010. Vegið meðaltal árunna 2003-2010 er um 40 tonn á ársverk.

Á árunum 2003 til 2006 jókst einnig fjöldi tonna sem var slátrað á hvert ársverk úr 55 tonnum í 100 tonn. Á árinu 2009 náði slátrað magn á ársverk hámarki um 160 tonnum og lækkaði síðan niður í 110 tonn árið 2010. Vegið meðaltal árunna 2003-2010 er 97 tonn á ársverk.



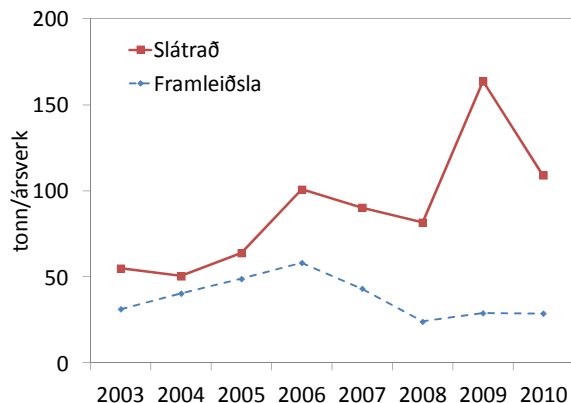
Mynd 4.7. Kostnaður við föngun á þorski til áframeldis á árunum 2003-2010 á verðlagi hvers árs og á verðlagi ársins 2010.

Figure 4.7. Total cost of capturing cod for on-growing (in ISK/kg) in 2003-2010 at current prices (dashed line) and prices of 2010 (solid line).



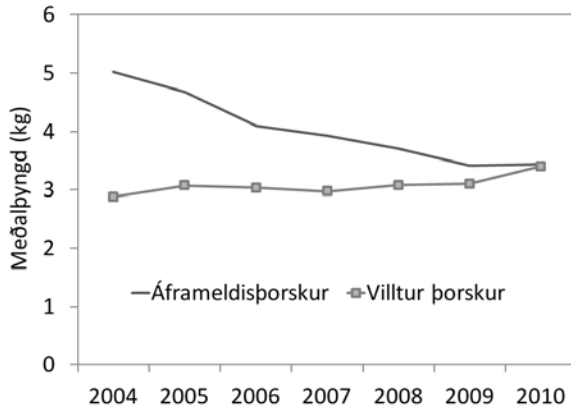
Mynd 4.8. Fóðurkostnaður á hvert framleitt kíló af áframeldisþorski hjá þorskeldisfyrirtækjum árin 2003-2010 á verðlagi hvers árs og á verðlagi ársins 2010.

Figure 4.8. Feed cost in production of wild farmed cod (in ISK/kg) in 2003-2010 at current prices (dashed line) and prices of 2010 (solid line).



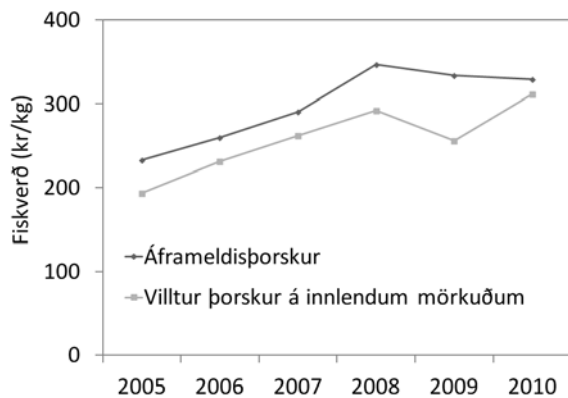
Mynd 4.9. Framleiðsla og slátrað magn á hvert ársverk á árunum 2003-2010.

Figure 4.9. The average production (dashed line) and slaughtered volume (solid line) in tons per man-year in 2003-2010.



Mynd 4.10. Sláturþyngd á áframeldisþorski á árunum 2004-2010 og meðalþyngd í afla á villtum þorski til samanburðar m.v. óslægðan fisk (heimild fyrir villtan þorsk: Hafrannsóknastofnunin 2011).

Figure 4.10. The average weight of slaughtered wild farmed cod (dark grey line) in 2004-2010 and average weight of wild cod in the conventional cod fishery (light grey line) for the same period.



Mynd 4.11. Verð á óslægðum áframeldisþorski til þorskeldisfyrirtækja og villtum þorski sem var seldur á innlendum ferskfiskmörkuðum á verðlagi ársins 2010 (heimild fyrir villtan þorsk er frá Verðlagsstofu skiptaverðs).

Figure 4.11. Price of whole wild farmed cod (dark grey line) to cod farmers and price of wild cod from the conventional fishery (light grey line) sold to fresh fish market in the years 2005-2010 at the prices of 2010.

4.4 Afurðaverð og markaðssetning

Stærð og verð á óslægðum áframeldisþorski

Á undanförunum árum hefur meðalþyngd áframeldisþorsks sem tekinn hefur verið til slátrunar minnkað úr 5,0 kg árið 2004 í um 3,4 kg árin 2009-2010 (mynd 4.10). Til samanburðar er meðalþyngd á villtum þorski úr

hefðbundnum veiðum yfirleitt um 3,0 kg en fer þó upp í 3,4 kg árið 2010.

Verð á óslægðum áframeldisþorski á verðlagi ársins 2010 hækkaði úr 230 kr/kg árið 2005 upp í um 345 kr/kg árið 2008 (mynd 4.11). Nú síðustu tvö ár hefur verðið verið um 330 kr/kg. Hærra verð var greitt fyrir áframeldisþorsk en villtan þorsk sem fór á innlandan markað (mynd 4.11). Þennan mun má að hluta skýra með því að áframeldisþorskur var stærri en villtur þorskur, en það á þó ekki við fyrir árin 2009-2010 þar sem þyngd fisksins var svipuð (mynd 4.10). Að einhverju leyti er hægt að skýra hærra verð á áframeldisþorski að honum er slátrað þegar verð er hæst m.a. þegar skortur er á villtum þorski á mörkuðum. Áframeldisþorskur sem hefur verið seldur beint til fiskverkenda hefur farið í flakavinnslu. Í þeim tilvikum sem fiskurinn var seldur á innlendum mörkuðum hefur hann að öllum líkindum farið að mestu eða öllu leyti til fiskverkenda sem sérhæfa sig í útflutningi á ferskum hnakkastykkjum og flökum.

5. HEIMILDIR

Hafrannsóknastofnunin 2011. Nytjastofnar sjávar 2010/2011. Aflahorfur fiskveiðiárið 2011/2012. Hafrannsóknastofnunin *Hafrannsóknir* nr. 159. 185 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson 2007. Reynsla af sjókvíaelði á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. *Fjörlit* 136. 52 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson & Björn Björnsson 2011. Fóður og fæðun áframeldisþorsks. *Hafrannsóknir* 157: 21-87.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Erlendur Steinar Friðriksson, Jón Örn Pálsson, Karl Már Einarsson, Ketill Eliásson, Kristinn Hugason, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson & Þórarinn Ólafsson 2003. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2002. Hafrannsóknastofnunin. *Fjörlit* 100, 26 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Gísli Gíslason, Halldór Þorsteinsson, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Jón Örn Pálsson, Karl Már Einarsson, Ketill Eliásson, Runólfur Viðar Guðmundsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Skjöldur Pálmason, Sverrir Haraldsson, Þórarinn Ólafsson & Þórbergur Torfason 2005.

Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2003. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrít* 113, 58 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Davíð Kjartansson, Elís Hlynur Grétarsson, Guðmundur W. Stefánsson, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Jón Örn Pálsson, Ketill Elíasson, Runólfur Guðmundsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Sverrir Haraldsson & Þórarinn Ólafsson 2006. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2004. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrít* 124 72 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Jón Örn Pálsson, Ketill Elíasson, Runólfur Guðmundsson, Sindri Sigurðsson, Sævar Þór Ásgeirsson & Þórarinn Ólafsson 2007. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2005. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrít* 132. 42 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Guðmundur W. Stefánsson, Hallgrímur Kjartansson, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Jón Örn Pálsson, Ketill Elíasson, Ólafur Helgi Haraldsson, Runólfur Guðmundsson, Sævar Þór Ásgeirsson, Sindri Sigurðsson & Þórarinn Ólafsson 2008. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2006. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrít* 137. 41 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Jón Örn Pálsson, Ketill Elíasson, Ólafur Helgi Haraldsson, Sævar Þór Ásgeirsson, Sindri Sigurðsson & Þórarinn Ólafsson 2009a. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2007. Hafrannsóknastofnunin. *Hafrannsóknir* nr. 144. 39 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson & Einar Hreinsson 2009b. Föngun á þorski. Hafrannsóknastofnunin. *Hafrannsóknir* nr. 148. 122 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Jóhanna S. Vilhjálmsdóttir & Ingimar Jóhannsson 2009c. Þorskeldiskvóti: Handbók um skýrslugerð aðila sem fá úthlutað aflaheimildum til áframeldis á þorski. Hafrannsóknastofnunin. 32 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Ketill Elíasson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur Helgi Haraldsson, Sverrir Haraldsson & Sævar Þór Ásgeirsson 2010. Þorskeldis-

kvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2008. Hafrannsóknastofnunin. *Hafrannsóknir* nr. 150. 35 bls.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Ingólfur Sigfússon, Ketill Elíasson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur Helgi Haraldsson, Sverrir Haraldsson & Þór Magnússon 2011. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2009. Hafrannsóknastofnunin. *Hafrannsóknir* 157: 5-20.

Sjávarhiti á eldissvæðum þorskeldisfyrirtækja

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Jón Örn Pálsson, Elís Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur H. Haraldsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Sverrir Haraldsson, Sævar Ásgeirsson & Þórarinn Ólafsson

Efnisyfirlit

ÁGRIP.....	20
ABSTRACT.....	21
1. INNGANGUR.....	22
1.1 MARKMIÐ OG GAGNAÖFLUN.....	22
1.2 FYRRI SJÁVARHITAMÆLINGAR.....	22
1.3 AÐSTÆÐUR TIL SJÓKVÍAELDIS.....	22
2. GAGNAÖFLUN OG FRAMKVÆMD MÆLINGA.....	23
3. SJÁVARHITI EFTIR ELDISSVÆÐUM.....	25
3.1 PATREKSFJÖRÐUR.....	25
3.2 TÁLKNAFJÖRÐUR.....	28
3.3 SKUTULSFJÖRÐUR.....	32
3.4 ÁLFTAFJÖRÐUR.....	36
3.5 EYJAFJÖRÐUR.....	38
3.6 NORÐFJÖRÐUR.....	41
3.7 STÖÐVARFJÖRÐUR.....	42
3.8 AÐRIR FIRÐIR.....	46
4. SAMANBURÐUR Á MILLI SVÆÐA OG ÁRA.....	48
4.1 ÁRSMEDALTÖL OG DAGGRÁÐUR.....	48
4.2 MÁNAÐARMEDALTÖL EFTIR LANDSSVÆÐUM.....	49
4.3 ÁHRIF VEÐURFARS Á SJÁVARHITA.....	51
4.4 ER SJÁVARHITI AÐ HÆKKA?.....	52
4.5 SJÁVARHITI EFTIR DÝPI.....	54
4.6 DÆGURSVEIFLUR.....	56
4.7 HÁMARKS OG LÁGMARKS SJÁVARHITI.....	57
4.8 SJÁVARHITI OG VELFERÐ FISKA.....	59
4.9 STAÐSETNING MÆLIS OG NÁKVÆMI MÆLINGA.....	60
5. HEIMILDIR.....	62

ÁGRIP

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Jón Örn Pálsson, Elis Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur H. Haraldsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Sverrir Haraldsson, Sævar Ásgeirsson & Þórarinn Ólafsson 2012. Sjávarhiti á eldissvæðum þorskeldisfyrirtækja. Þorskeldiskvótaverkefnið 2011. Hafrannsóknastofnunin. *Hafrannsóknir* 161 19-63.

Þorskeldiskvótaverkefni Hafrannsóknastofnunarinnar hefur verið starfrækt allt frá árinu 2002. Í þessari skýrslu er gefið yfirlit yfir niðurstöður sjávarhitamælinga fyrir árin 2002-2010 sem m.a. byggist á gagnaöflun 10 þorskeldisfyrirtækja. Skýrslan byggir á sjávarhitagögnum sem safnað var í ellefu fjörðum en þeir eru; Grundarfjörður, Patreksfjörður, Tálknafjörður, Skutulsfjörður, Álftafjörður, Eyjafjörður, Vopnafjörður, Norðfjörður, Eskifjörður, Fáskrúðsfjörður og Stöðvarfjörður. Í flestum tilvikum voru notaðir Starmon siritahitamælur frá Stjörnuodda en nákvæmni þeirra er $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$.

Töluverður munur var á daggráðum milli svæða á árunum 2005-2010 og voru þær að meðaltali 2.050 á Vestfjörðum (Tálknafjörður, Skutulsfjörður og Álftafjörður), 2.090 í Eyjafirði og 1.585 á Austfjörðum (Norðfjörður og Stöðvarfjörður). Ársmeðaltal sjávarhita árin 2005-2009 var $5,6^{\circ}\text{C}$ ($5,2-5,9^{\circ}\text{C}$) á Vestfjörðum en aðeins $4,4^{\circ}\text{C}$ ($3,9-4,8^{\circ}\text{C}$) á Austfjörðum.

Í samanburði á mánaðarmeðaltölum sjávarhita á Vestfjörðum (Tálknafjörður), Norðurlandi (Eyjafjörður) og Austfjörðum (Stöðvarfirði) kemur fram að mestu sveiflur í sjávarhita voru í Tálknafirði. Yfir vetrarmánuðina var sjávarhiti lægstur í Tálknafirði og hæstur í Eyjafirði. Um sumarið var sjávarhiti hæstur í Tálknafirði en lægstur í Stöðvarfirði.

Línuleg aðhvarfsgreining gefur til kynna að frá árinu 1990 hafi sjór við Æðey að jafnaði hitnað á hverjum áratug um $0,35^{\circ}\text{C}$, $0,63^{\circ}\text{C}$ í Eyjafirði og $0,51^{\circ}\text{C}$ í Stöðvarfirði. Töluvert lægri upphitun í Æðey má e.t.v. skýra með því að fáar mælingar voru gerðar á tíunda áratugnum og inn í seríuna vantar tvö mjög köld ár (1993, 1995). Ef tekið er tillit til þessa er líklegt að sjávarhiti á Vestfjörðum, Norðurlandi og Austfjörðum hafi hækkað að jafnaði um u.þ.b. 1°C á síðustu tveimur áratugum.

Yfir vetrarmánuðina (nóv.-mars) var hitamunur tiltölulega lítill eftir dýpi eða minna en $0,25^{\circ}\text{C}$ kaldara á 5 metra dýpi undir sjávarfirborði en á meira dýpi. Um sumarið (júní-júlí) var aftur á móti $0,4-3,2^{\circ}\text{C}$ heitara við sjávarfirborð og jókst munurinn með auknu dýpi. Dægursveiflur í sjávarhita í efstu fimm metrum voru oft á bilinu $1-2^{\circ}\text{C}$ og stundum allt upp í 4°C .

Mikill munur var á hámarkssjávarhita á milli fjarða á árunum 2005-2010. Í Tálknafirði og Eyjafirði var algengt að hæsta sjávarhitastig væri $13-14^{\circ}\text{C}$, en hæst mældist sjávarhiti í Eyjafirði $15,6^{\circ}\text{C}$. Aftur á móti var hámarks-sjávarhiti í Álftafirði oftast um 12°C og mun lægri í Stöðvarfirði eða $8-9^{\circ}\text{C}$. Á Vestfjörðum (Tálknafirði og Álftafirði) mældist lágmarkssjávarhiti að jafnaði $0,65^{\circ}\text{C}$ ($0,1-1,1^{\circ}\text{C}$) á árunum 2005-2010. Aftur á móti fór lágmarkssjávarhiti í Stöðvarfirði aldrei undir $1,3^{\circ}\text{C}$.

Lægsti sjávarhiti sem mældist á vegum fyrirtækja í þorskeldiskvótaverkefninu var $-0,6^{\circ}\text{C}$ á 16 metra dýpi í Álftafirði árið 2002 og $-0,5^{\circ}\text{C}$ á 5 metra dýpi í Patreksfirði árið 2005. Hér er um að ræða hærri sjávarhita en mældur var seinnihluta síðustu aldar. Sennilega er lítil ástæða til að óttast að þorskur drepist vegna sjávarkulda í kvíum sem eru staðsettar í dýpri fjörðum. Þessi hætta er þó frekar til staðar í mjög grunnum fjörðum þar sem aðgengi að úthafi er takmarkað.

ABSTRACT

Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Jón Örn Pálsson, Elis Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur H. Haraldsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Sverrir Haraldsson, Sævar Ásgeirsson & Þórarinn Ólafsson 2012. Sea temperature on cod farming area. Cod farming quota project 2011. *Marine Research in Iceland* 161 19-63.

The Marine Research Institute cod quota project has been operating from the year 2002. This report summarizes the results of the measurements of sea temperature in 2002-2010 based on data collection from 10 cod farms involved in the project. The report is based on sea temperature data collected in 11 fjords: Grundarfjörður, Patreksfjörður, Talknafjörður, Skutulsfjörður, Alftafjörður, Eyjafjörður, Vopnafjörður, Nordfjörður, Eskifjörður, Faskrudsfjörður and Stöðvarfjörður. Starmon thermometer from Star-Oddi has been used in most cases, with an accuracy of $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$.

There was considerable difference in number of day-degrees between regions in the years 2005-2010, 2,050 in the Westfjords (Talknafjörður, Skutulsfjörður and Alftafjörður), 2,090 in Eyjafjörður and 1,585 on the east coast (Nordfjörður and Stöðvarfjörður). The yearly average sea temperature in 2005-2009 was 5.6°C ($5.2\text{-}5.9^{\circ}\text{C}$) in the Westfjord but only 4.4°C ($3.9\text{-}4.8^{\circ}\text{C}$) on the east coast.

The comparison of monthly average sea temperature in the West (Talknafjörður), North (Eyjafjörður) and East (Stöðvarfjörður) showed that the largest fluctuations in sea temperature were in Talknafjörður. During the winter months the temperature was lowest in Talknafjörður and highest in Eyjafjörður. The summer temperature was highest in Talknafjörður and lowest in Stöðvarfjörður.

Linear regression analysis indicated that in each decade since 1990 the average sea temperature has increased by 0.35 , 0.63 , and 0.51°C at Ædey, Eyjafjörður and Stöðvarfjörður, respectively. Considerably less warming in Ædey can be explained by the few measurements made in the nineties and that two very cold years (1993, 1995) are missing. Taking this into account, it is likely that the temperature in the West, North and East has risen on average by about 1°C over the past two decades.

During the winter months (November-March) there was a relatively small change in sea temperature with depth or less than 0.25°C colder at 5 meters compared to 12-40 m depth. However, during the summer (June-July) temperature was 0.4 to 3.2°C higher at 5 m compared to 12-40 m depth. Diurnal fluctuations in sea temperature in the top 5 m are often in the range of $1\text{-}2^{\circ}\text{C}$ and sometimes up to 4°C .

Large differences in maximum sea temperature were found between the fjords in the years 2005-2010. In Talknafjörður and Eyjafjörður $13\text{-}14^{\circ}\text{C}$ were common and 15.6°C was the highest temperature measured in Eyjafjörður. However, the maximum temperature in Alftafjörður was usually about 12°C but only $8\text{-}9^{\circ}\text{C}$ in Stöðvarfjörður. In the West (Talknafjörður and Alftafjörður) minimum temperature was on average 0.65°C (0.1 to 1.1°C) over the period 2005-2010. In Stöðvarfjörður the minimum temperature was 1.3°C .

The lowest sea temperature measured by the companies in the cod quota project was -0.6°C at 16 meters depth in Alftafjörður in 2002 and -0.5°C at 5 meters depth in Patreksfjörður 2005. It seems unlikely that sea temperatures will become low enough to cause mass mortalities of cod in cages located in deep fjords, but the risk is greater in shallow fjords with limited water exchange.

1. INNGANGUR

1.1 Markmið og gagnaöflun

Markmið

Meginmarkmið þessarar skýrslu er að gefa yfirlit yfir niðurstöður sjávarhitamælinga á eldissvæðum þorskeldisfyrirtækja sem úthlutað hefur verið aflaheimildum til þorskeldis á tímabilinu 2002-2010. Undirmarkmið eru að:

- Gefa yfirlit yfir sjávarhita á milli tímabila á einstökum eldissvæðum.
- Bera saman sjávarhita á milli eldissvæða og áratuga.
- Gera grein fyrir breytingum á sjávarhita eftir dýpi.
- Greina frá dægursveiflum í sjávarhita.
- Bera saman þróun í lofthita og sjávarhita.

Gagnaöflun

Til að afla meiri þekkingar á aðstæðum til sjókvíaeldis hér á landi hefur allt frá árinu 2002 verið safnað gögnum um sjávarhita í þorskeldis- kvótaverkefni Hafrannsóknastofnunar í samstarfi við þorskeldisfyrirtækin. Samtals hafa 20 þorskeldisfyrirtæki tekið þátt í verkefninu í lok ársins 2010 en 10 þeirra hafa safnað sjávarhitamælingum sem nýttar eru í þessari skýrslu (mynd 1.1 og tafla 1.1). Áður hefur verið gerð grein fyrir niðurstöðum mælinga fyrir árin 2002-2004 í skýrslum gefnum út af verkefninu (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2005, 2006).

Útbúin hefur verið handbók um skýrslugerð aðila sem fá úthlutað aflaheimildum til áframeldis á þorski (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2009). Handbókin hefur nú verið endurnýjuð fimm sinnum. Árlega hafa þau þorskeldisfyrirtæki sem hafa fengið úthlutað aflaheimildum skilað inn gögnum til Hafrannsóknastofnunarinnar, þ.m.t. sjávarhitamælingum.

1.2 Fyrri sjávarhitamælingar

Að tilhlutan Fiskideildar Atvinnudeildar Háskólans var komið fyrir hitamælum um borð í strandferðaskipum sem sigldu hringinn í kringum landið á árunum 1949-1966 (Unnsteinn Stefánsson 1969). Árið 1960 hófust vikulegar sjávarhitamælingar af landi á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar í Reykjavíkurbænum og síðan árið 1961 við Vestmanneyjar, Látra og Grímsey. Árið 1969 hófust siritandi hitamælingar í mynni Reykjavíkurhafnar

(Unnsteinn Stefánsson 1970, 1982). Allt frá árinu 1987 hefur Hafrannsóknastofnunin framkvæmt sjávarhitamælingar við strendur Íslands með siritamælum sem yfirleitt er komið fyrir í höfnum landsins. Með þessum mælingum hefur fengist gott yfirlit yfir sjávarhita í mörgum fjörðum á landinu. Niðurstöður mælinganna er að finna á vef stofnunarinnar um sjórannsóknir (www.hafro.is/Sjora) og tveimur fjölritum Hafrannsóknastofnunarinnar (Stefán Kristmannsson 1989, 1991). Steingrímur Jónsson (1999a,b; 2004) hefur unnið úr þessum gögnum og birt þær niðurstöður.

Á vegum Dönsku Veðurstofunnar og síðar Veðurstofu Íslands hafa verið framkvæmdar sjávarhitamælingar á nokkrum veðurathugunarstöðvum allt í kringum landið allt frá níjtjándu öld. Þessar mælingar hafa þó verið mjög takmarkaðar síðustu 4 til 6 áratugin (Trausti Jónsson 2003a; Einar Sveinbjörnsson o.fl. 2007; Hanna o.fl. 2006).

Á vegum fyrirtækja með laxeldi í sjókvím hafa verið gerðar fjölmargar sjávarhitamælingar síðustu tvo til þrjú áratugi en mikið af þeim gögnum hefur tapast. Hluta þessara gagna hefur þó Hafrannsóknastofnunin fengið og birt á vef sínum um sjórannsóknir. Undanfarnir ár hafa á vegum Salar Islandica og síðan HB Granda verið gerðar sjávarhitamælingar í Berufirði. Allt frá árinu 2007 hefur Atvinnuþróunarfélag Vestfjarða verið með sjávarhitamælingar á nokkrum svæðum á Vestfjörðum í tengslum við tilraunir með kræklingarækt.

1.3 Aðstæður til sjókvíaeldis

Aðstæður á Íslandi

Á Íslandi hafa umhverfisaðstæður til sjókvíaeldis verið tiltölulega erfiðar og varð tjón af völdum sjávarkulda á níunda og tíunda áratug síðustu aldar. Á undanföllum árum hefur sjókvíaeldið gengið betur og meiri bjartsýni ríkir (Valdimar Ingi Gunnarsson 2008).

Sjávarhiti við strendur landsins ræðst mikið af hitastigi þess sjávar sem berst að landinu. Frá árinu 1996 hafa orðið breytingar á Atlantssjónum sunnan og vestan við land og sjávarhiti í hlýsjónum að sunnan hækkaði (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2005). Áhrifa þessa gætti síðan norður fyrir land. Hefur sjávarhiti á grunnslóð Norðanlands verið um eða yfir langtímaeðaltali flest árin 1997 til 2010. Einkum hefur hiti sjávar að vetri verið hærri en árin þar á undan

allt frá því að kólnaði á sjötta áttug síðustu aldar (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2012). Lofthiti og vindur hafa mikil skammtíma áhrif á sjávarhita í íslenskum fjörðum. Í aðalatriðum eru breytingar á sjávarhita í fjörðum svipaðar og breytingar á lofthita (Trausti Jónsson 2003). Breytingar á sjávarhita á næstu árum geta því að stórum hluta ráðist af þróun lofthita. Talið er að hækkan á lofthita hér á landi kunni að verða rúmlega 0,2°C á áratug (Halldór Björnsson o.fl. 2008). Jafnframt ber að hafa í huga að hlýnun sjávar við Ísland undanfarin ár hefur tengst breytingum á hringrás lofta og lagar á stærri skala á Norður Atlantshafi (Hátún o.fl. 2005). Það skal þó haft í huga að mikil óvissa er í spám um þróun veðurfars og ekki er hægt að útiloka kólnun af náttúrulegum ástæðum svipað og gerðist á árunum frá 1960-1980 (Sigurður Guðmundsson o.fl. 2000; Halldór Björnsson 2008).

Samanburður við önnur lönd

Þrátt fyrir hækkandi sjávarhita eru aðstæður til sjókvíeldis hér við land erfiðari en í nágrennlöndunum (Valdimar Ingi Gunnarsson og Karl Gunnarsson 2007). Samanburður hefur verið gerður á sjávarhita við strendur Norður-Atlantshafs sem byggður er á mánaðarmeðaltölum (Steingrímur Jónsson 2001, 2004). Í samanburðinum var skoðaður sjávarhiti í Kanada, Íslandi, Færeyjum, Skotlandi og Noregi. Fram kom að sjávarhiti var lægstur á Íslandi og á ákveðnum svæðum í Kanada.

2. Gagnaöflun og framkvæmd mælinga

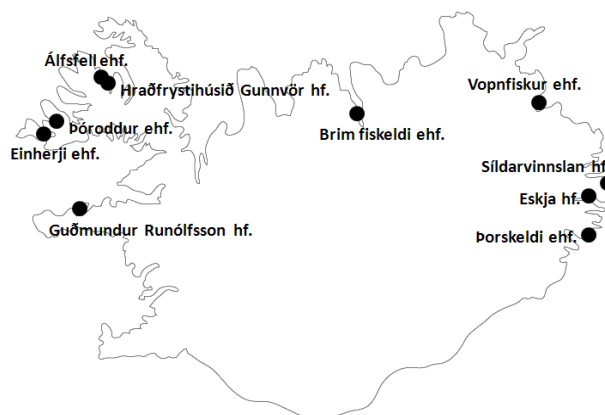
Framkvæmd mælinga

Til að samræma mælingar voru gefnar út leiðbeiningar af Þorskeldiskvótaverkefni Hafrannsóknastofnunarinnar en þar er mælt með að hafa síritahitamæli á 5 metra dýpi í kvínni eða við hana og að mælingar séu gerðar á tveggja tíma fresti eða oftár (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2009). Þegar mælingarnar fara fram á eldisstað er mælirinn oftast festur við netpokann á 5 metra dýpi (mynd 2.1). Þegar mælingin er framkvæmd utan eldisvæðis er síritamælirinn oftast festur við bauju.

Tafla 1.1. Þorskeldisfyrirtæki og verkefnisstjórar sem framkvæmt hafa sjávarhitamælingar.

Table 1.1. The cod farms and project leaders who have performed measurements of sea temperature.

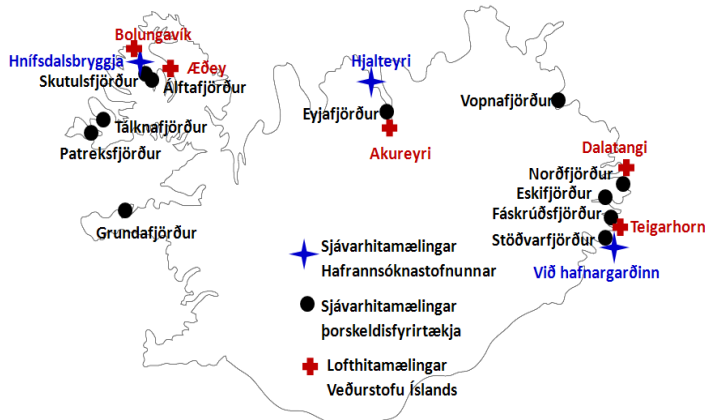
Fyrirtæki	Fjörður	Verkefnisstjóri
Guðmundur Runólfsson	Grundarfjörður	Runólfur Guðmundsson
Þóroddur og Einherji	Patreksfjörður	Jón Örn Pálsson, Sverrir Haraldsson, Ólafur H. Haraldsson
Þóroddur	Tálknafjörður	Jón Örn Pálsson, Sverrir Haraldsson
Álfsfell	Skutulsfjörður	Hallgrímur Kjartansson
Hraðfrystihúsið Gunnvör	Álftafjörður	Kristján G. Jóakimsson Þórarinn Ólafsson
Brim fiskeldi	Eyjafjörður	Óttar M. Ingvason Sævar Ásgeirsson
Vopnfiskur	Vopnafjörður	Guðmundur Wíum
Síldarvinnslan	Norðfjörður	Sindri Sigurðsson
Eskja	Eskifjörður	Karl Már Einarsson
Þorskeldi	Fáskrúðsfjörður	Elís H. Grétarsson
Þorskeldi	Stöðvarfjörður	Elís H. Grétarsson



Mynd 1.1. Staðsetning þorskeldisfyrirtækja sem eru þátttakendur í þorskeldiskvótaverkefni Hafrannsóknastofnunarinnar og safnað hafa sjávarhitagögnum árin 2002-2010.

Figure 1.1. Location of cod farms in Iceland with allocated cod quota for on-growing which collected sea temperature data in 2002-2010.

Sum fyrirtækin hafa notað handhitamæli þá daga sem starfsmenn fara út í eldiskvíar. Það er þó misjafnt á hvaða dýpi þær eru framkvæmdar eða allt frá eins metra dýpi niður á nokkurra metra dýpi. Algengt er að sjávarhitinn sé mældur u.þ.b. þrisvar sinnum í viku á sumrin og einu sinni í viku um há veturinn. Mismunandi gerðir af handhitamælum hafa verið notaðar og einnig hitamælir í botnstykki fóðurbáts.



Mynd 2.1. Staðsetning sjávarhitamæla fyrirtækja í þorskeldiskvóta-verkefni Hafrannsóknastofnunarinnar árin 2002-2010, síritahitamæla Hafrannsóknastofnunarinnar og lofthitamæla Veðurstofu Íslands þar sem niðurstöður mælinga eru nýttar í þessari skýrslu.

Figure 2. Location of temperature recording stations at cod farms (black) in 2002-2010, Marine Research Institute (blue) and Icelandic Meteorological Office (air temperature red).

Síritamælar þorskeldisfyrirtækja

Þorskeldisfyrirtækin hafa almennt notað Starmon síritahitamæli frá Stjörnuodda en nákvæmni hans er $\pm 0,05^\circ\text{C}$ (www.staroddi.com). Það er mismunandi á milli fyrirtækja og ára hvernig mælarnir hafa verið stilltir. Fyrstu árin var algengt að mælirinn væri þannig stilltur að hitamæling væri skráð á um 10 mínútna fresti en seinni árin er oftast miðað við mælingu á klukkutíma fresti. Þorskeldi ehf. notaði Stow Away TidbiT Temp Logger síritamælir en nákvæmni hans er $\pm 0,2^\circ\text{C}$. Álfsfell hefur staðið fyrir þróun á hitamælingakerfi frá 2009 í samvinnu við Póls Engineering á Ísafirði. Við mælingarnar er notaður síritamælar SM4 Póls Engineering og er nákvæmni hans $\pm 0,2^\circ\text{C}$ og eru þeir tengdir við internetið og eru send inn gögn á þriggja tíma fresti (<http://212.30.204.13/snweb/sngraph.php?ID=815>). Á vegum Þórsbergs hf. (nú Þóroddur ehf.) voru notaðir einnota síritahitamælar frá Stjörnuodda með $\pm 0,2^\circ\text{C}$ nákvæmni árin 2002 og 2003.

Handhitamælingar þorskeldisfyrirtækja

Af ýmsum ástæðum hafa síritamælingar ekki alltaf verið samfelldar s.s. vegna gallaðra mæla eða þeir hafa tapast en þá er stuðst við handhitamælingar þar sem þær hafa verið framkvæmdar. Nákvæmni þessara mæla er mjög mismunandi og er aðeins notaðar mælingar þar sem lítið frávik er á milli handhitamælis og síritamælis. Ein-

göngu var stuðst við mælingar sem gerðar voru á vegum Hraðfrystihússins Gunnvarar með Handy Polaris mæli frá Oxyguard sem er með $\pm 0,2^\circ\text{C}$ frávik (www.oxyguard.dk). Hjá Síldarvinnslunni var eingöngu notaður Aqua Temp handhitamælir frá Electronic Temperature Instruments (<http://thermometer.co.uk>) með $\pm 0,4^\circ\text{C}$ frávik.

Síritamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar

Í sumum tilvikum er einnig stuðst við mælingar Hafrannsóknastofnunarinnar í þeim tilvikum sem þær eru gerðar í nágrenni við eldissvæði þorskeldisfyrirtækja til að ná samfelldri mæliseríu. Notuð eru gögn frá mælingum við bryggju á Hnífsdal og Hjalteyri og síðan utan við hafnargarð í

Stöðvarfirði (mynd 2.1). Mælar Hafrannsóknastofnunarinnar eru yfirleitt staðsettir í höfnum á 1-2 metra dýpi fyrir neðan stórstraumsfjöruborð (Stefán Kristmannsson 1989, 1991; Steingrímur Jónsson 2004). Mælingin fer því fram á mismunandi dýpi hjá Hafrannsóknastofnuninni allt eftir því hvort um sé að ræða flóð eða fjöru.

Við mat á langtímabreytingum á sjávarhita er stuðst við gögn Hafrannsóknastofnunarinnar frá Æðey, Hjalteyri og Stöðvafirði en elstu mælingarnar voru gerðar með síritamæli frá Huguínu sf. Hér er um að ræða mæli af MS-1102H gerð með $\pm 0,1^\circ\text{C}$ nákvæmni (Stefán S. Kristmannsson 1989, 1991). Slíkur mælir var notaður fram undir miðjan tíunda áratuginn. Einnig er stuðst við eldri mælingar Hafrannsóknastofnunarinnar frá 1995 af mismunandi dýpi í Stöðvarfirði og Fáskrúðsfirði en þar var einnig notaður síritamælir frá Huguínu.

Daggráður

Til að bera saman sjávarhita á milli svæða og ára eru notaðar daggráður. Þetta er mælikvarði sem oft er notaður í fiskeldi en daggráður er summan af margfeldi hitastigsins og dagafjölda sem hitastigið er á ákveðnu bili. Þetta er það sama og fæst með því að margfalda meðalhita stig ársins með dagafjölda í árinu. Með þessu fæst ein tala sem á einfaldan hátt gefur til kynna heildarvarmamagnið á staðnum og segir því til um vaxtarskilyrði fyrir eldisfiskinn.

Lofthitamælingar

Til að skoða samhengi á milli lofthita og sjávarhita hafa gögn um lofthita verið sótt á vef Væðurstofu Íslands (www.vedur.is). Sótt hafa verið gögn af mánaðarhita og ársmeðaltali frá Bolungarvík, Æðey, Akureyri, Dalatanga og Teigarhorni (mynd 2.1).

3. SJÁVARHITI EFTIR ELDISSVÆÐUM

3.1 Patreksfjörður

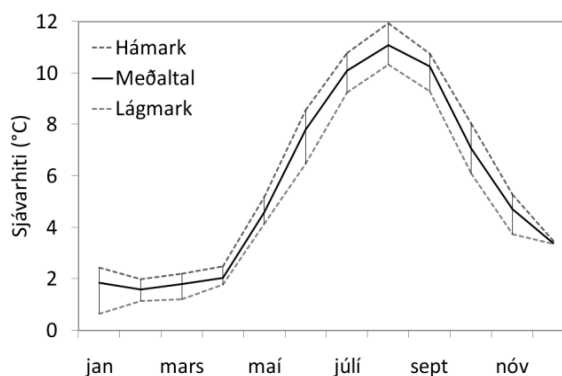
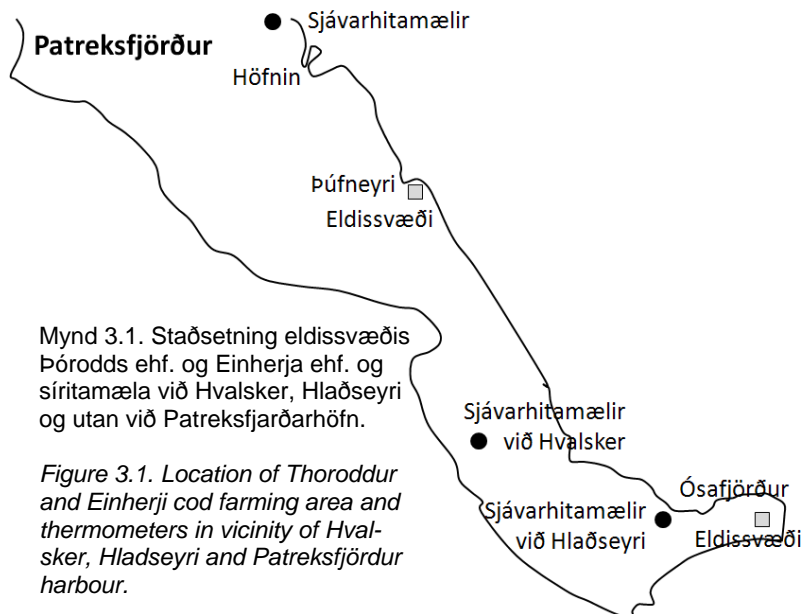
Staðsetning eldisins og mælingar

Oddi hf. hóf áframeldi á þorski við Þúfneyri í Patreksfirði árið 2003. Kvíarnar voru staðsettar í skjóli innan við eyrina. Þóroddur ehf. tók síðan við þessum rekstri árið 2004 en eldi var hætt við Þúfneyri árið 2006 og öll starfsemin flutt til Tálknafjarðar. Á vegum Einherja ehf. hófst áframeldi á þorski um vorið 2006 í Ósafirði í botni Patreksfjarðar. Árið 2008 var reksturinn fluttur út að Þúfneyri og er dýpi undir kvíunum 15-50 metrar (mynd 3.1).

Á vegum Þórodds ehf. og Einherja ehf. hafa mælingar með Starmon siritamæli verið framkvæmdar við Þúfneyri (árin 2004 [janúar, júlí-september], 2005, 2006 [janúar-ágúst]), Hlaðeyri utarlega í Ósafirði (árin 2005 [janúar-október], 2008 [maí-nóvember]), Hvalsker innan við Sandoddann (2007 [nóvember-desember], 2009 [janúar-nóvember]) og rétt utan við höfnina á Patreksfirði (2008 [maí-nóvember]).

Ársmeðaltal sjávarhita og daggráður

Sjávarhitamælingar í Patreksfirði eru ekki nægilega samfelldar árin 2004-2008 og er það aðeins árið 2005 sem mælingarnar ná yfir allt árið. Það vantar mælingar yfir 22 mánuði af 60 mánuðum sem tímabilið nær yfir. Ef stuðst er við þær mælingar sem eru fyrir hendi þá er ársmeðaltal sjávarhita í Patreksfirði 5,5°C árin 2004-2008. Fjöldi daggráða er að meðaltali 2.014.

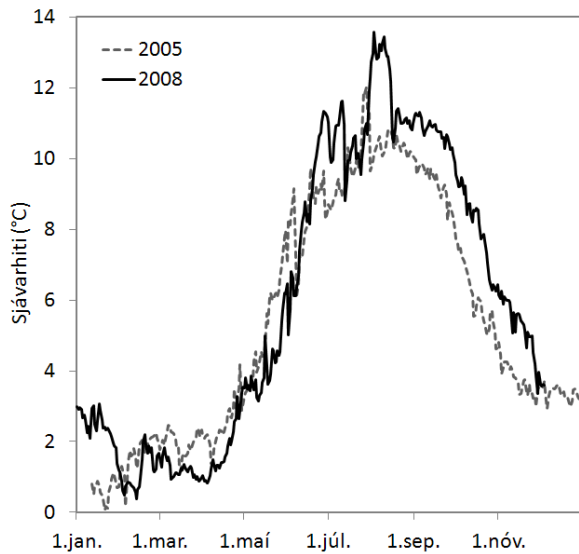


Mynd 3.2. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum árin 2004-2008 í Patreksfirði ásamt hæsta og lægsta mánaðar-meðaltali. Stuðst er við sjávarhitamælingar með siritamæli á 5 metra dýpi við Þúfneyri (2004-2006) og Hvalsker (2007-2008).

Figure 3.2. The average temperature for each calendar month in 2004-2008 in Patreksfjörður with highest and lowest monthly average. Sea temperature data from thermometers at 5 meters depth in vicinity of Thufneyri (2004-2006) and Hvalsker (2007-2008).

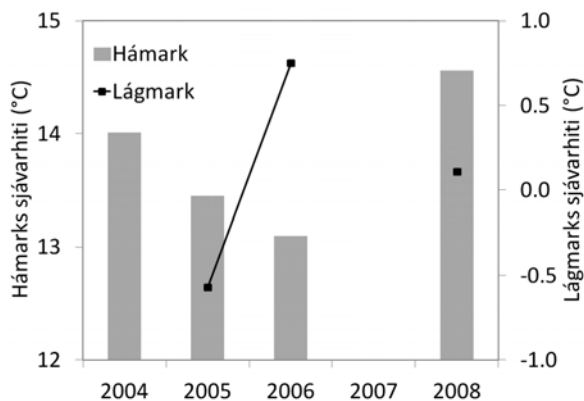
Sjávarhiti eftir mánuðum

Yfir tímabilið janúar-apríl er sjórinn tiltölulega kaldur eða að jafnaði frá 1,5°C upp í 2,0°C (mynd 3.2). Sjórinn hitnar síðan hratt upp í maí og júní og er kominn upp í 10°C í júlí, en er hæstur 11,1°C í ágúst. Sjávarhiti lækkar síðan í september og er kominn niður í 3,4°C í desember. Tiltölulega fáar mælingar eða 2-4



Mynd 3.3. Sjávarhiti eftir dögum í Patreksfirði við Þúfneyri árið 2005 og við Hvalsker árið 2008. Mælingarnar voru gerðar með siritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.3. The daily averages of sea temperature at Thufneyri 2005 and Hvalsker 2008 in Patreksfjörður. Measurements of sea temperatures were made with a thermometer at 5 meters depth.



Mynd 3.4. Hámarks- og lágmarkssjávarhiti í Patreksfirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með siritamæli á 5 metra dýpi við Þúfneyri (2004-2006) og Hvalsker (2008) á 30 mínútna eða klukkutíma fresti.

Figure 3.4. The maximum and minimum sea temperature in Patreksfjörður. The measurements were performed with thermometers at 5 meters depth in vicinity of Thufneyri (2004-2006) and Hvaleyrri (2008) with 30 or 60 minutes interval.

eru fyrir hvern mánuð og er því breytileikinn e.t.v. minni en vænta hefði mátt. Mesti munur á hæsta og lægsta mánaðarmeðaltali er í júní en þá mældist hann 2,1°C.

Sjávarhiti eftir dögum

Þegar skoðað er eitt tiltölulega kalt ár (2005) og annað tiltölulega heitt (2008) kemur fram að nokkur munur er á sjávarhita (mynd 3.3). Á árinu 2005 var janúarmánuður mjög kaldur og fór sjávarhiti undir 0°C hluta af sólarhringnum (mynd 3.9). Seinnihluta vetrar og um vorið var sjávarhiti hærri árið 2005 en um sumarið og fram á vetur var sjávarhitinn hærri árið 2008. Ársmeðaltal sjávarhita árið 2008 var 0,5°C herra en 2005.

Lægsti og hæsti sjávarhiti

Á árunum 2004-2006 og 2008 mældist hámarks sjávarhiti að meðaltali 13,8°C (13,1-14,6°) en mælingarnar voru gerðar við Þúfneyri og Hvalsker. Hámarks sjávarhiti þessi ár var mældur frá 28. júlí til 18. ágúst. Á árunum 2006-2008 þegar eldi var stundað í Ósafirði mældist sjávarhiti hæst um 14°C um sumarið með handhitamæli við kvíar og hæst mældist 14,8°C með siritamæli 3. ágúst 2008 í fjarðarmynninu við Hlaðeyri.

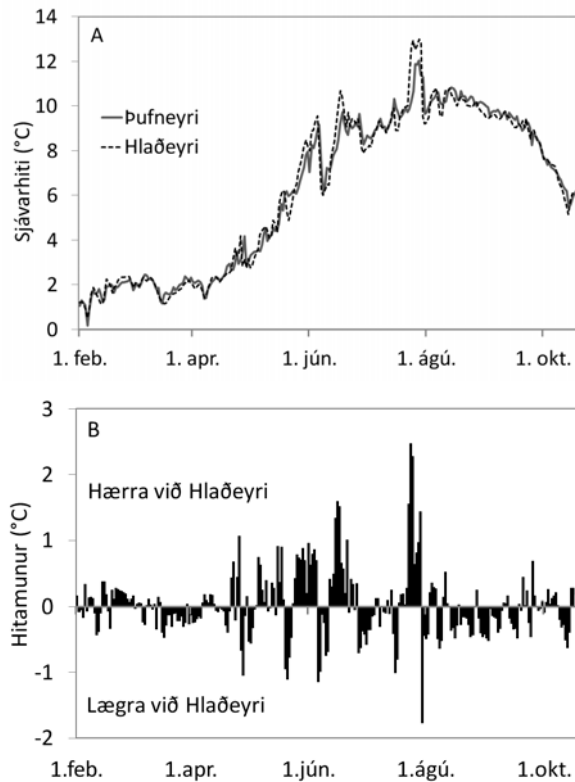
Árin 2005, 2006 og 2008 mældist lágmarks sjávarhiti að meðaltali 0,1°C (-0,6-0,7°C) (mynd 3.4). Lágmarks sjávarhiti mældist frá 20. janúar til 13. febrúar. Skv. eldri mælingum sem gerðar voru við Þúfneyri fór sjávarhiti lægst niður í -0,8°C þann 15. febrúar 1988 og dagana 16.-22. febrúar 1989 mældist sjávarhitinn yfirleitt undir -1°C og fór lægst niður í -1,2°C á um 3 metra dýpi (Stefán Kristmannsson 1989, 1991).

Sjávarhiti eftir svæðum

Yfir tímabilið frá 1. febrúar til 18. október 2005 var 0,02°C munur í meðalsjávarhita við Þúfneyri og Hlaðeyri innar í Patreksfirði (mynd 3.5). Yfirleitt var sjávarhiti svipaður á þessum tveimur svæðum en mestur var munurinn um sumarið og þann 24. júlí mældist hann 2,5°C hærri við Hlaðeyri. Á tímabilinu frá 1. janúar til 30. nóvember 2008 var sjávarhiti mældur utan við höfnina í Patreksfirði og við Hvalsker og niðurstöður voru þær sömu að munurinn í meðalsjávarhita var lítill eða aðeins 0,06°C.

Sjávarhiti eftir dýpi

Á Hlaðeyri er sjávarhitinn hærri á 5 metra dýpi en á 12 metra dýpi frá byrjun maí þegar mælingar hefjast fram í miðjan september 2008. Mestur var munurinn þann 3. ágúst 4,0°C og fer þá sjávarhiti á 5 metra dýpi upp í 14,6°C (mynd

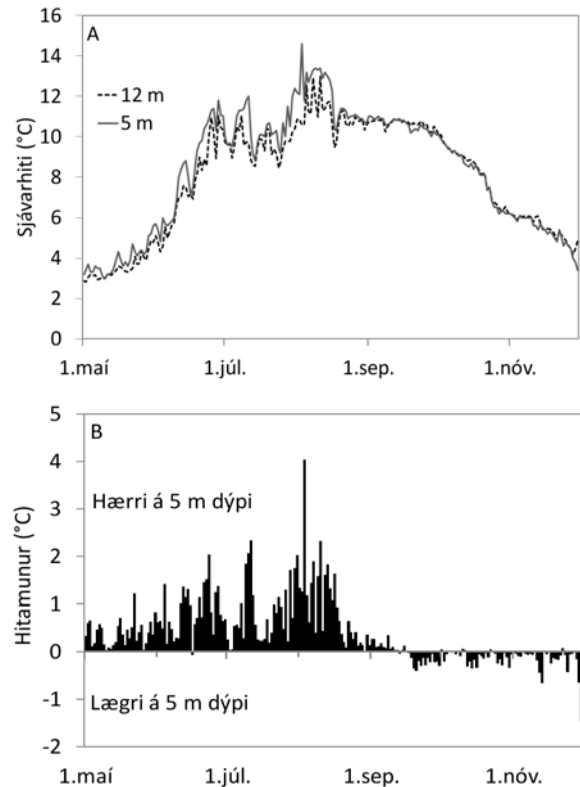


Mynd 3.5. A. Sjávarhiti eftir dögum við Þufneyri og Hlaðeyri í Patreksfirði frá 1. febrúar til 18. október 2005. Mælingarnar voru gerðar með síritamæli á 5 metra dýpi. B. Munur á dagsmeðaltölum sjávarhita við Hlaðeyri og Þufneyri.

Figure 3.5. A. The daily averages of sea temperature in Patreksfjord in vicinity of Thufneyri and Hladeyri, February 1 to October 18 2005. Measurements of sea temperature were made with a thermometer at 5 meters depth. B. The difference between average sea temperature at Hladeyri and Thufneyri.

3.6). Eftir miðjan september var lítill munur á sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi og munurinn yfirleitt undir $0,5^{\circ}\text{C}$. Meðalsjávarhiti við Hlaðeyri yfir tímabilið frá 1. maí til 30. nóvember er $8,0^{\circ}\text{C}$ á 12 metra dýpi og $8,4^{\circ}\text{C}$ á 5 metra dýpi.

Við Hvalsker er sjávarhitinn lægri á 5 metra dýpi en á 12 metra dýpi frá byrjun janúar fram í byrjun maí 2008. Eftir það myndast heitara yfirboðslag og mældist sjávarhiti yfirleitt hærri við 5 metra dýpi fram í byrjun september (mynd 3.7). Mestur er munurinn þann 3. ágúst $3,0^{\circ}\text{C}$ og fer þá sjávarhiti á 5 metra dýpi upp í $14,0^{\circ}\text{C}$. Eftir miðjan september er lítill munur á sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi og munurinn yfirleitt mun minni en ein gráða. Meðalsjávarhiti við



Mynd 3.6. A. Sjávarhiti eftir dögum á 5 og 12 metra dýpi við Hlaðeyri í Patreksfirði frá 1. maí til 30. nóvember 2008. B. Munur á sjávarhita eftir dögum á 5 og 12 metra dýpi.

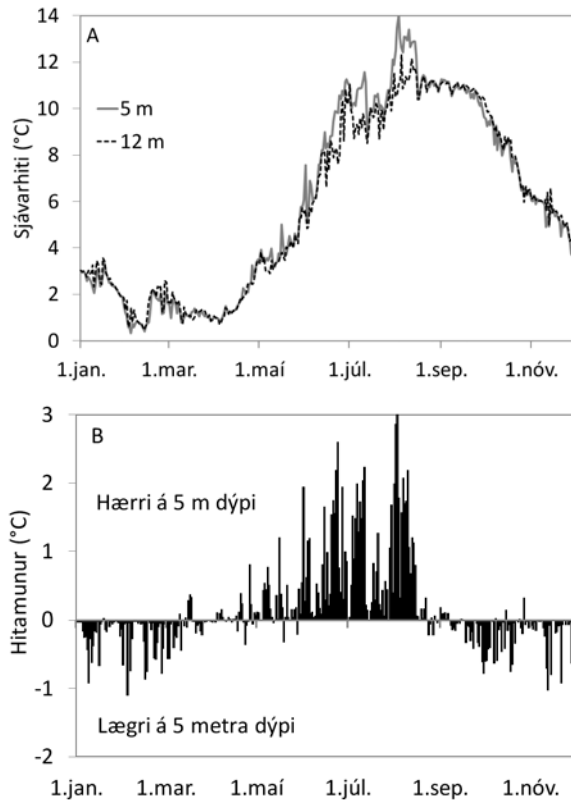
Figure 3.6. A. The daily averages of sea temperature at 5 and 12 meters depth in vicinity of Hladeyri in Patreksfjordur, May 1 to November 30 2008. B. The difference between average sea temperature at 5 and 12 meters depth.

Hvalsker frá 1. janúar til 30. nóvember var $6,0^{\circ}\text{C}$ á 5 m dýpi og $5,85^{\circ}\text{C}$ á 12 metra dýpi.

Dægursveiflur

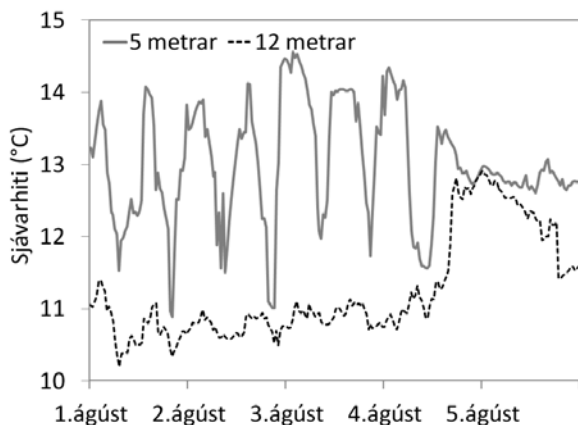
Töluverðar dægursveiflur eru í sjávarhita og þá einkum á 5 metra dýpi yfir sumarmánuðina. Við Hvalsker voru t.d. í byrjun ágúst 2008 dægursveiflur sem námu $2,0\text{--}3,5^{\circ}\text{C}$ á 5 metra dýpi en þær voru mun minni á 12 metra dýpi (mynd 3.8). Um kvöldið þann 3. ágúst hækkar sjávarhiti á 5 metrum t.d. um $3,2^{\circ}\text{C}$ á þremur tímum. Seint um kvöldið þann 4. ágúst á sér stað blöndun á sjónum niður á a.m.k. 12 metra dýpi og er sami hiti í sjónum á báðum dýpum fram yfir miðnætti þegar smám saman byrjar aftur að myndast heitara yfirboðslag.

Þann 5. febrúar 2005 fór sjávarhiti lægst niður í $-0,5^{\circ}\text{C}$ við Þufneyri en til samanburðar fer sjávarhiti aldrei undir 0°C við Hlaðeyri í



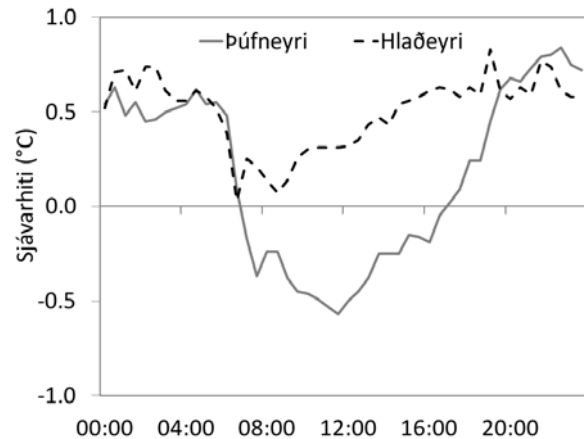
Mynd 3.7. A. Sjávarhiti eftir dögum á 5 og 12 metra dýpi við Hvalsker í innanverðum Patreksfirði frá 1. janúar til 30. nóvember 2008. B. Munur á sjávarhita eftir dögum á 5 og 12 metra dýpi.

Figure 3.7. A. The daily averages of sea temperature at 5 and 12 meters depth in vicinity of Hvalsker in Patreksfjörður, January 1 to November 30 2008. B. The difference between average sea temperature at 5 and 12 meters depth.



Mynd 3.8. Sjávarhiti þann 1.-5. ágúst 2008 við Hvalsker í Patreksfirði. Mælingarnar eru teknar á síritamæli á 30 mínútna fresti á 5 og 12 metra dýpi.

Figure 3.8. A. Sea temperature in vicinity of Hvalsker in Patreksfjörður, August 1 to August 5 2008. B. The measurements were performed with thermometers at 5 and 12 meters depth every 30 minutes.



Mynd 3.9. Sjávarhiti þann 5. febrúar 2005 við Þúfneyri og Hlaðeyri í Patreksfirði. Mælingarnar voru teknar með síritamæli á 30 mínútna fresti á 5 metra dýpi.

Figure 3.9. A. Sea temperature in vicinity of Thufneyri and Hvalsker in Patreksfjörður, February 5, 2008. B. The measurements were performed with thermometers at 5 meters depth every 30 minutes.

botni Patreksfjarðar (mynd 3.9). Á sama tíma fór sjávarhiti aldrei undir 1°C í Tálknafirði. Við Þúfneyri er lítið skjól fyrir sunnan og suðvestan-áttum. Veðurmælingar á Kleifaheiði frá Veðurstofu Íslands sýna að 5. febrúar var hvöss sunnanátt 10-15 m/sek og frostið varð mest -10°C þennan dag. Sjávarhiti hækkaði við Þúfneyri samhliða hækkingu lofthita, þegar líða tók á daginn.

3.2 Tálknafjörður

Staðsetning eldisins og mælingar

Áframeldi á þorski hófst í Tálknafirði árið 2000 á vegum Þorsbergs en fyrirtækið hafði áður verið með lítið eldi á tíunda áratugnum. Árið 2004 tók síðan Þóroddur ehf. við rekstrinum og hafa sjókvíar á vegum fyrirtækisins verið staðsettar á þremur svæðum í Tálknafirði, í Hópinu innst inni í firðinum, utan við Sveinseyri og innan við Suðureyri (mynd 3.10). Árin 2002 og 2003 voru mælingarnar framkvæmdar með einnota síritahitamælum. Eftir það með Starmon síritum og voru þær gerðar við Suðureyri (janúar 2005-október 2007), við Laugardal (nóvember 2007-ágúst 2010) og í Hópinu (2005 [febrúar-desember]).

Ársmeðaltal sjávarhita og daggráður

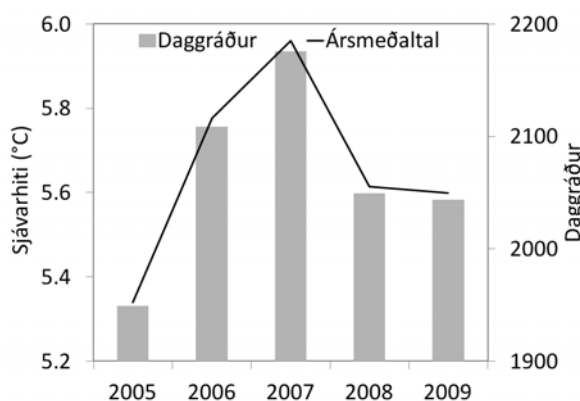
Ársmeðalhiti sjávar var að meðaltali 5,7°C (5,3-6,0°C) árin 2005-2009. Yfir sama tímabil voru daggráður að meðaltali 2.065 (1.950-2.175) (mynd 3.11).

Sjávarhiti eftir mánuðum

Yfir tímabilið janúar-apríl er sjórinn tiltölulega kaldur eða að jafnaði frá 1,5°C upp í 2,5°C (mynd 3.12). Sjórinn hitnar síðan hratt upp í maí og júní og er kominn upp í 10,5°C í júlí, en er hæstur 11,1°C í ágúst. Sjávarhiti lækkar síðan í september og er kominn niður í 3,5°C í desember. Munur á hæsta og lægsta meðalmánaðarhita er frá 1,2°C upp í 2,4°C nema í desember en þá er hann 0,6°C.

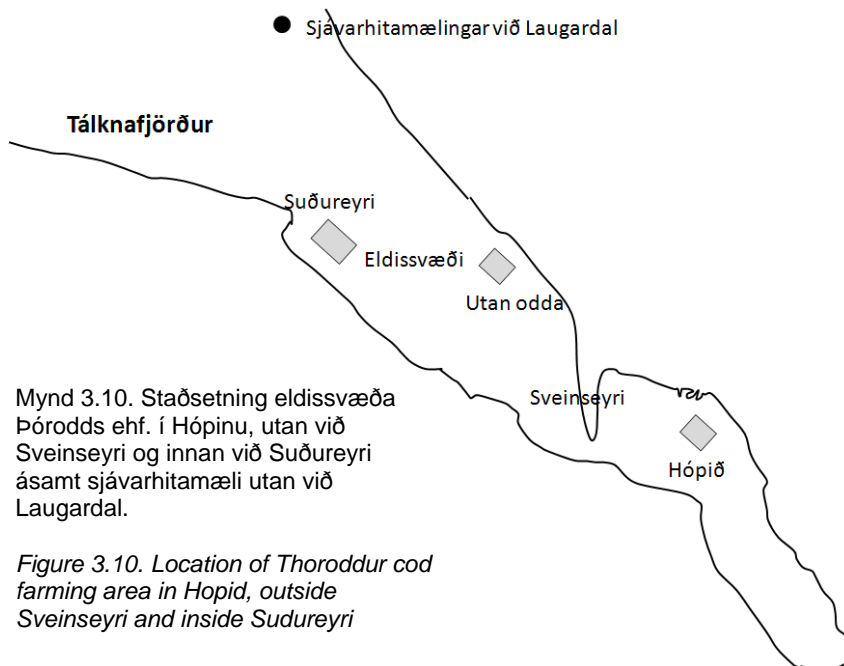
Sjávarhiti eftir dögum

Þegar skoðað er eitt tiltölulega kalt ár (2005) og annað tiltölulega heitt (2007) kemur fram að nokkur munur er á sjávarhita (mynd 3.13). Ástæðan fyrir hærri meðalsjávarhita 2007 er einkum hærri hiti um sumarið og fram á vetur.



Mynd 3.11. Ársmeðaltal sjávarhita og daggráða við Suðureyri (2005-2007) og Laugardal (2008-2009) í Tálknafirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.11. The average yearly sea temperature and day-degrees at Sudureyri (2005-2007) and Laugardal (2008-2009) in Patreksfjörður. The measurements were performed with thermometers at 5 meters depth.



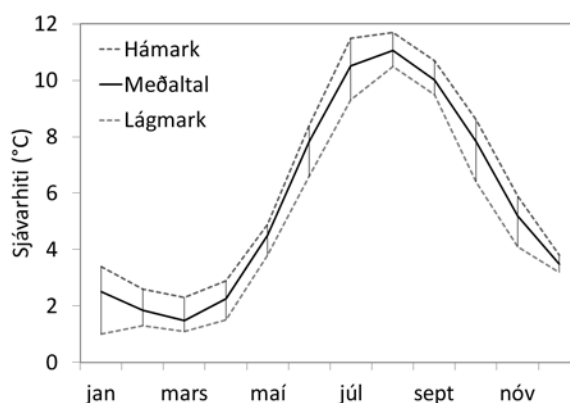
Mynd 3.10. Staðsetning eldissvæða Þórodds ehf. í Hópinu, utan við Sveinseyri og innan við Suðureyri ásamt sjávarhitamæli utan við Laugardal.

Figure 3.10. Location of Thorodds cod farming area in Hopid, outside Sveinseyri and inside Sudureyri

Einnig eru mun meiri sveiflur í sjávarhita árið 2007 með bæði kaldasta (mars) og heitasta (júlí) mánuðinum þegar tekið er mið af því tímabili sem mælingarnar ná yfir.

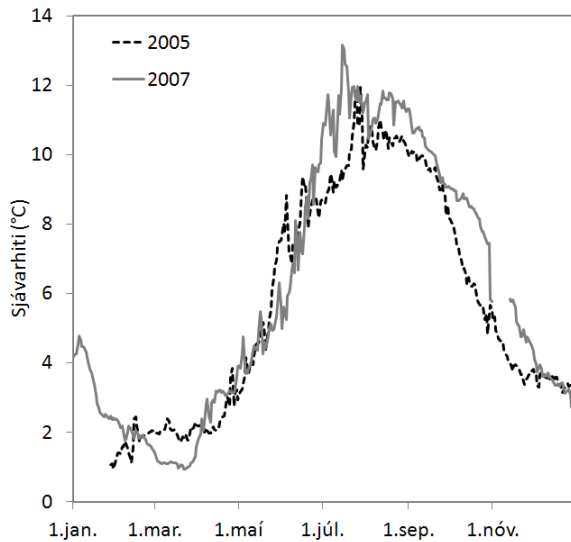
Lægsti og hæsti sjávarhiti

Á árunum 2005-2010 mældist hámarks-sjávarhiti að meðaltali 13,4°C (12,6-14,0°C) en mælingarnar voru gerðar við Suðureyri og Laugardal. Hámarkssjávarhiti þessi ár var mældur frá 13. júlí til 3. ágúst. Á sama tímabili



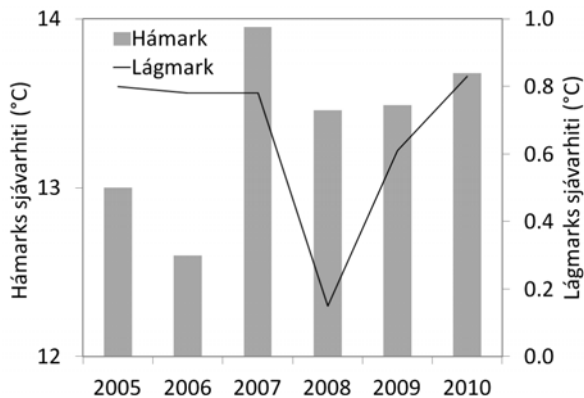
Mynd 3.12. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum við Suðureyri (2005-2007) og Laugardal (2008-2010) í Tálknafirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.12. The average sea temperature for each calendar month at Sudureyri (2005-2007) and Laugardal (2008-2010) in Tálknafjörður. Measurements of sea temperatures were made with a thermometer at 5 meters depth.



Mynd 3.13. Sjávarhiti eftir dögum við Suðureyri í Tálknafirði árin 2005 og 2007. Mælingarnar voru gerðar með síritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.13. The daily averages of sea temperature at Sudureyri in Tálknafjordur in 2005 and 2007. Measurements of sea temperatures were made with a thermometer at 5 meters depth.



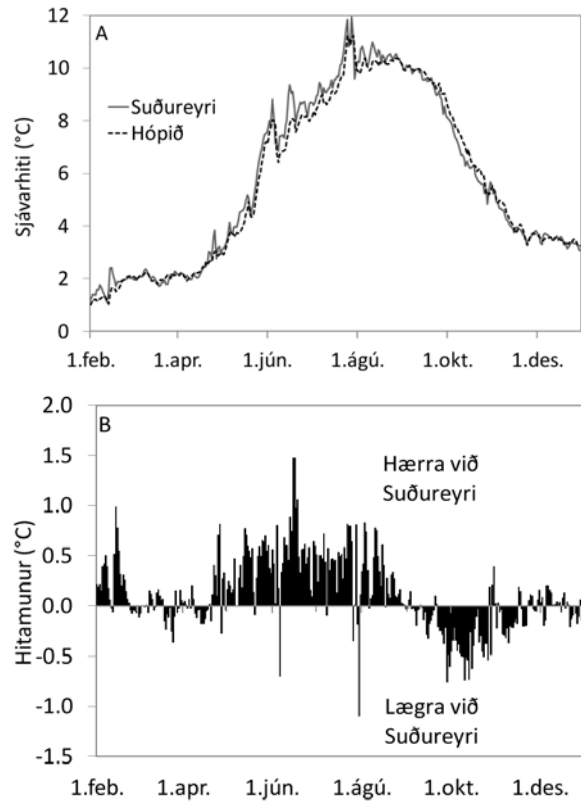
Mynd 3.14. Hámarks- og lágmarkssjávarhiti í Tálknafirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi við Suðureyri (2005-2007) og Laugardal (2008-2010) á 30 mínútna eða klukkutíma fresti.

Figure 3.14. Maximum and minimum sea temperature in Tálknafjordur. The measurements were performed with a thermometer at 5 meters depth at Suðureyri (2005-2007) and Laugardal (2008-2010) with 30 or 60 minute intervals.

mældist lágmarks sjávarhiti að meðaltali $0,7^{\circ}\text{C}$ ($0,2-0,8^{\circ}\text{C}$). Lágmarks sjávarhiti mældist frá 17. janúar til 31. mars.

Sjávarhiti eftir svæðum

Yfir tímabilið 29. janúar til 31. desember 2005 var fylgst með sjávarhita við Suðureyri og



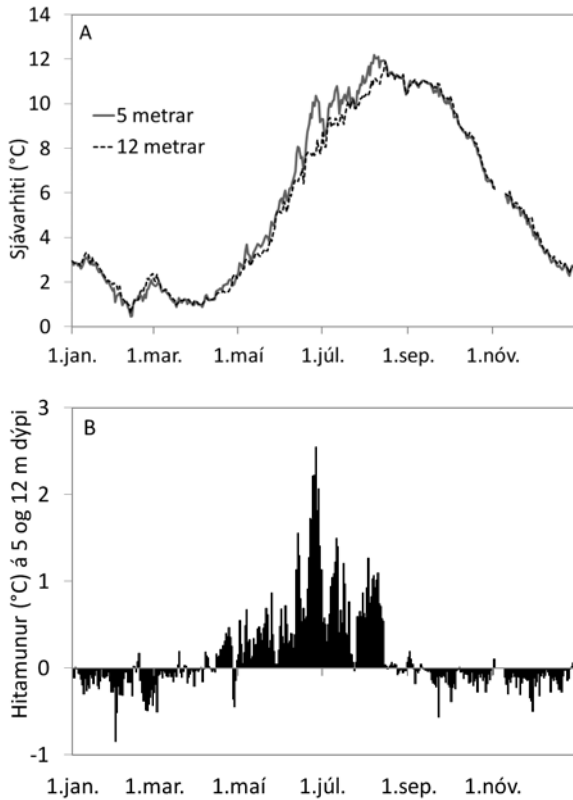
Mynd 3.15. A. Sjávarhiti á 5 metra dýpi eftir dögum á eldissvæði Þórodds ehf. við Suðureyri og í Hópinu í Tálknafirði yfir tímabilið 1. febrúar til 30. desember 2005. B. Munur á sjávarhita eftir dögum við Suðureyri og í Hópinu.

Figure 3.15. A. The daily averages of sea temperature at 5 meters depth at Sudureyri and Hopid from February 1 to December 30, 2005. B. The difference between daily average sea temperature at Sudureyri and Hopid.

í Hópinu. Lítil munur var í meðalsjávarhita eða $5,7^{\circ}\text{C}$ við Suðureyri og $5,6^{\circ}\text{C}$ í Hópinu. Hópið hitnaði aftur á móti hægar um vorið en þar var örlítið hærri sjávarhiti um haustið. Það er hærri hiti við Suðureyri en í Hópinu á sumrin en lægri á veturna. Þann 27. júlí náði sjávarhiti hámarki á báðum stöðunum, $11,8^{\circ}\text{C}$ í Hópinu og $13,0^{\circ}\text{C}$ við Suðureyri. Lægst mældist sjávarhitinn 30. janúar $0,9^{\circ}\text{C}$ við Suðureyri og $0,8^{\circ}\text{C}$ í Hópinu. Það virðast einnig vera heldur meiri hitasveiflur í utanverðum firðinum (Suðureyri) en í innanverðum firðinum (Hópinu). Frá 28.-30. júlí lækkaði t.d. sjávarhiti við Suðureyri um $1,9^{\circ}\text{C}$ en aðeins um $0,4^{\circ}\text{C}$ í Hópinu (mynd 3.15).

Sjávarhiti eftir dýpi

Í sjávarhitamælingum á 5 og 12 metra dýpi við Laugardal í Tálknafirði árin 2008 og 2009 kom fram að ársmeðaltal sjávarhita var $0,1-$

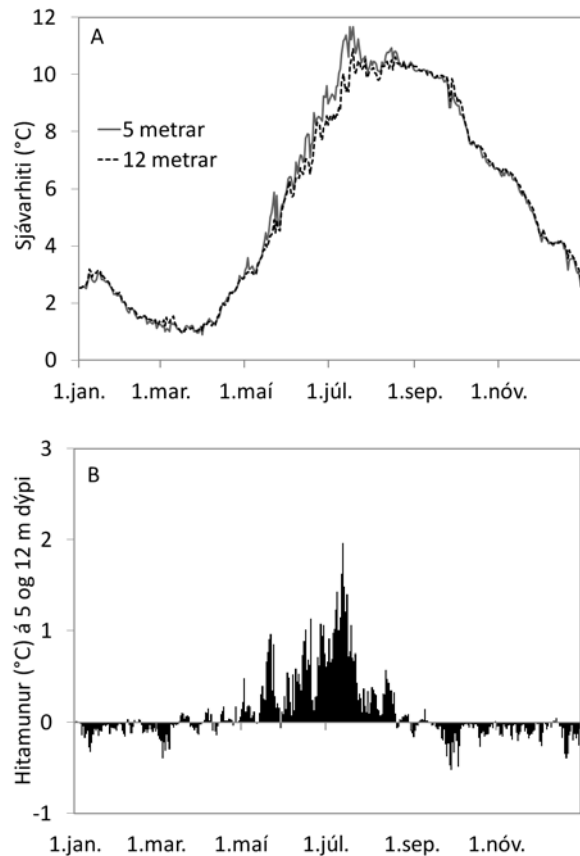


Mynd 3.16. A. Sjávarhiti eftir dögum á 5 og 12 metra dýpi við Laugardal í Tálknafirði árið 2008. B. Munur á sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi eftir dögum.

Figure 3.16. A. The daily averages of sea temperature at 5 and 12 meters depth at Laugardalur in Talknafjörður 2008. B. The difference between average sea temperature at 5 and 12 meters depth.

0,15°C hærra á 5 metra dýpi (mynd 3.16 og 3.17). Á þessum árum myndaðist tiltölulega stöðugt yfirborðslag um mánaðarmótin apríl/maí og jókst hiti þessar þegar líða tók á sumarið og náði hitamunurinn á þessum tveimur dýpum hámarki 2,5°C í júní 2008 og um 2,0°C í júlí 2009. Seinnihluta ágúst brotnar síðan yfirborðslagið niður og um veturinn er sjórinn að öllu jöfnu heitari á 12 en 5 metra dýpi. Munurinn er þó ekki mikill, yfirleitt vel undir 0,5°C.

Sjávarhiti var mældur á 1,5 og 30 metra dýpi í Hópinu í Tálknafirði á tímabilinu 27. júní til 17. desember 2002 (mynd 3.18). Þegar mælingar hófust var yfirborðslagið þegar orðið um 5°C heitara, munurinn minnkaði síðan þegar leið á sumarið og lagskiptingin brotnaði síðan niður um mánaðarmótin ágúst/september. Það myndast síðan kaldara yfirborðslag um haustið og er munurinn mestur 5,0°C í nóvember og fer síðan minnkandi.



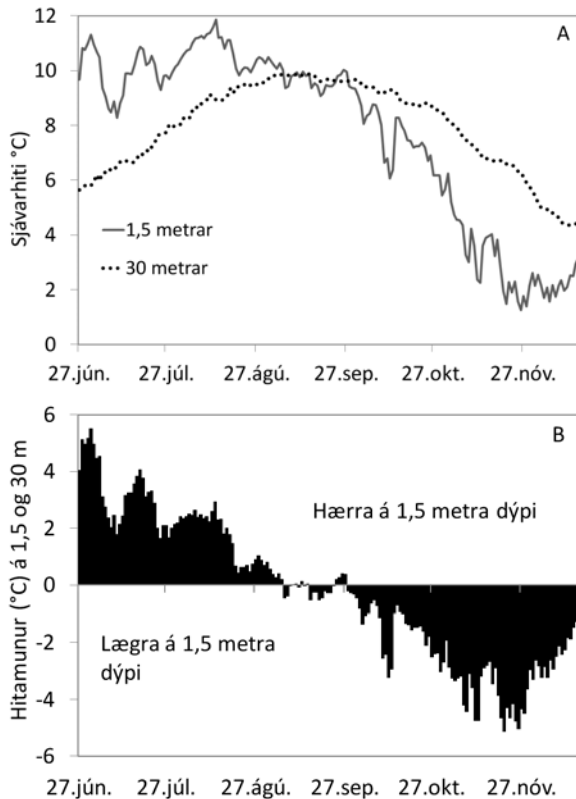
Mynd 3.17. A. Sjávarhiti eftir dögum á 5 og 12 metra dýpi við Laugardal í Tálknafirði árið 2009. B. Munur á sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi eftir dögum.

Figure 3.17. A. The daily average of sea temperature at 5 and 12 meters depth at Laugardalur in Talknafjörður 2009. B. The difference between average sea temperature at 5 and 12 meters depth.

Mikinn munur á sjávarhita eftir dýpi má sjá í samhengi við að 28,5 metrar eru á milli siritamælana í Hópinu (mynd 3.18) en aðeins 7 metrar í Laugardal (myndir 3.16 og 3.17). Í Hópinu er einnig efri mælirinn staðsettur nær yfirborði þar sem sjávarhiti sveiflast meira í takt við veðurfar. Munurinn kann einnig að stafa af staðbundum áhrifum en Hópið er tiltölulega lokað á meðan svæðið við Laugardal er opnara og blöndun meiri.

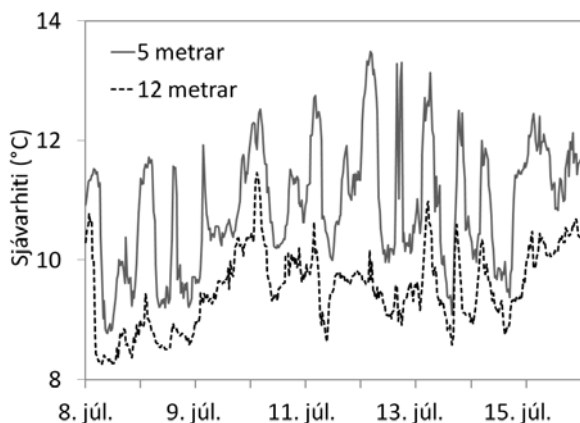
Dægursveiflur í sjávarhita

Yfir vetrarmánuðina eru litlar sveiflur á sjávarhita en meiri á sumrin sérstaklega á 5 metra dýpi eins og kemur fram í mælingum við Laugardal á tímabilinu 8.-16. júlí 2009 (mynd 3.19). Mest lækkar sjávarhitinn um 4°C á innan við 10 klukkutímum. Eins og fram kemur á myndinni sveiflast sjávarhiti yfirleitt í takt á 5



Mynd 3.18. A. Sjávarhiti mældur með síritamæli á 1,5 og 30 metra dýpi í Hópinu í Tálknafirði á tímabilinu 27. júní til 17. desember 2002. B. Hitamunur á 1,5 og 30 metra dýpi.

Figure 3.18. A. The daily averages of sea temperature at 1.5 and 30 meters depth at Hópid and Laugardalur in Tálknafjörður, June 27 to December 17, 2002. B. The difference between average sea temperature at 1.5 and 12 meters depth.



Mynd 3.19. Dægursveifur í sjávarhita við Laugardal í Tálknafirði yfir tímabilið frá 8.-16. júlí 2009 á 5 og 12 metra dýpi. Mælingarnar eru gerðar á 30 mínútna fresti með síritahitamæli.

Figure 3.19. Diurnal fluctuations in sea temperature at 5 and 12 meters depth at Laugardalur in Tálknafjörður, July 8-16, 2009. Measurements were taken every 30 minutes with thermometers.

og 12 metra dýpi en sveiflurnar eru yfirleitt mun minni á meira dýpi.

3.3 Skutulsfjörður

Staðsetning eldisins og mælingar

Á vegum Álfsfells hófst áframeldi á þorski í Skutulsfirði árið 2003. Eldiskvíarnar eru staðsettar vestan megin í firðinum, við Prestabugtt rétt utan við Ísafjarðarkaupstað (mynd 3.20). Dýpi undir kvíunum er 20-25 metrar.

Á árunum 2006-2008 voru sjávarhitamælingar gerðar með Starmon síritamæli. Mælingarnar voru ekki samfelldar og er því einnig stuðst við sjávarhitagögn Hafrannsóknastofnunarinnar úr mælingum við Hnífsdalsbryggju, janúar-mars 2006, janúar-febrúar 2007 og nóvember-desember 2008. Á árunum 2009 og 2010 er notaður SM4 Póls Engineering síritamælir, en stuðst er við sjávarhitagögn frá Hafrannsóknastofnuninni fyrir tímabilið janúar-apríl 2009. Álfsfell hefur í samstarfi við Póls Engineering mælt lofthita á 1,5, 0,5 og 0,1m fyrir ofan sjávarmál á eldissvæði Álfsfells. Mælingar á sjávarhita hafa verið framkvæmdar á 0,2, 2,7, 5,2, 7,7, 10,2, 12,7, 15,2 og 17,7 metra dýpi.

Ársmeðaltal sjávarhita og daggráða

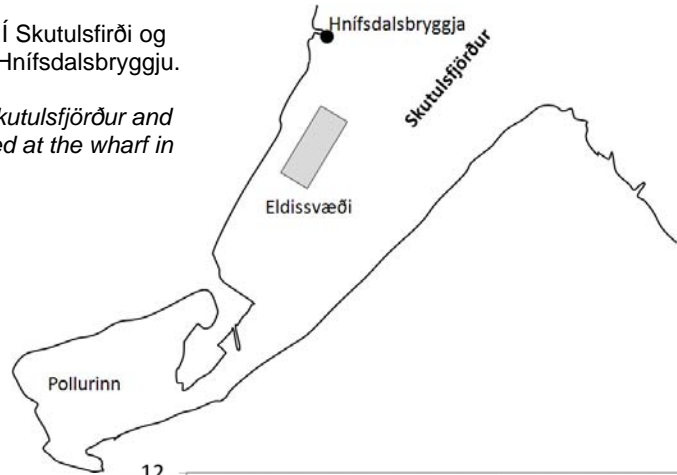
Á árunum 2006 til 2010 var ársmeðaltal sjávarhita 5,6°C (5,3-5,9°C). Á þessum tíma voru daggráður að meðaltali um 2.055 (1.942-2.165) (mynd 3.21). Á árunum 2008-2009 mældust 2.042 daggráður við Hnífsdalsbryggju og 2.015 á eldissvæði Álfsfells. Haft skal í huga að mælingarnar eru ekki teknar á sama dýpi, á 5 metra dýpi hjá Álfsfelli og 1-2 metrum undir stórstraumsfjöru í mælingum Hafrannsóknastofnunarinnar á Hnífsdalsbryggju.

Sjávarhiti eftir mánuðum

Yfir tímabilið janúar-apríl var sjórinn tiltölulega kaldur í Skutulsfirði að meðaltali frá 1,0°C upp í 3,2°C (mynd 3.22). Sjórinn hitnaði síðan hratt í maí-júní og var kominn í 9,7°C í júlí, en varð hæstur 10,3°C í ágúst. Sjávarhiti lækkar síðan í september og er kominn niður í 3,6°C í desember. Töluverður breytileiki er í hámarks og lágmarks mánaðarmeðaltali sjávarhita sérstaklega júní-september eða 1,5-1,9°C. Aðra mánuði er sjávarhiti tiltölulega stöðugur á milli ára og eru sveiflur yfirleitt vel undir 1°C.

Mynd 3.20. Staðsetning eldissvæðis Álfsfells ehf. í Skutulsfirði og sjávarhitamælis Hafrannsóknastofnunarinnar við Hnífsdalsbryggju.

Figure 3.20. Location of Alfsfell farming area in Skutulsfjörður and the Marine Research Institute thermometer located at the wharf in Hnífsdalur.



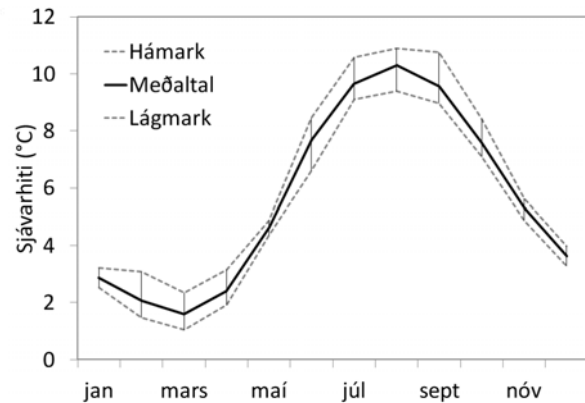
Sjávarhiti eftir dögum

Þegar skoðað er eitt tiltöluleg kalt ár (2006) og annað heitt ár (2010) kemur fram að nokkur munur var á sjávarhita (mynd 3.23). Meðalsjávarhiti var 0,5°C hærrí árið 2010 en árið 2006 og var einnig hærrí alla mánuði ársins og mestur var munurinn í október 1,2°C.

Lægsti og hæsti sjávarhiti

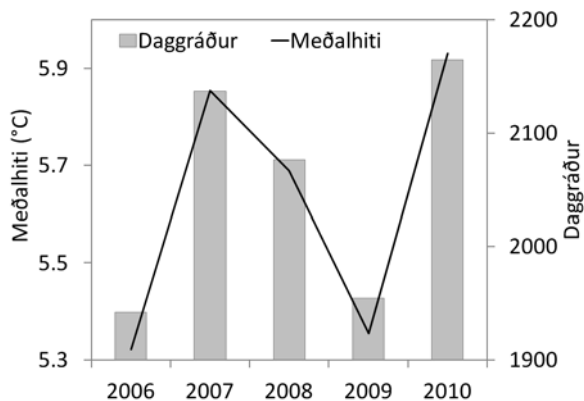
Á árunum 2006-2010 er hámarkssjávarhiti að meðaltali 11,9°C (11,1-13,0°C). Hámarks sjávarhiti mælist á tímabilinu 15. júlí til 2. ágúst. Það var aðeins árin 2007 og 2010 sem var samfella í sjávarhitamælingum Álfsfells ehf. yfir vetrarmánuðina en hin árin er stuðst við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar við Hnífsdalsbryggju. Að meðaltali var lægsti sjávarhiti 0,5°C (0,1-0,9°C). Lágmarkssjávarhiti mældist á tímabilinu 18. janúar til 2. apríl.

Hafrannsóknastofnunin hefur verið með sjávarhitamælingar við Hnífsdalsbryggju allt frá 1997. Mælingarnar hafa þó ekki verið samfelldar en dagsmeðaltal sjávarhita hefur farið lægst niður í -1,4°C þann 6. mars 1998 og -1,7°



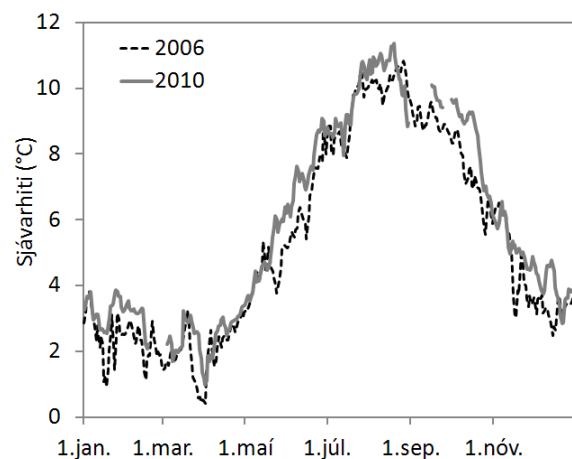
Mynd 3.22. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum árin 2006-2010 á eldissvæði Álfsfells ehf. í Skutulsfirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.22. The average sea temperature for each calendar month at Alfsfell farming area in Skutulsfjörður, 2006-2010. Measurements of sea temperatures were made with a thermometer at 5 meters depth.



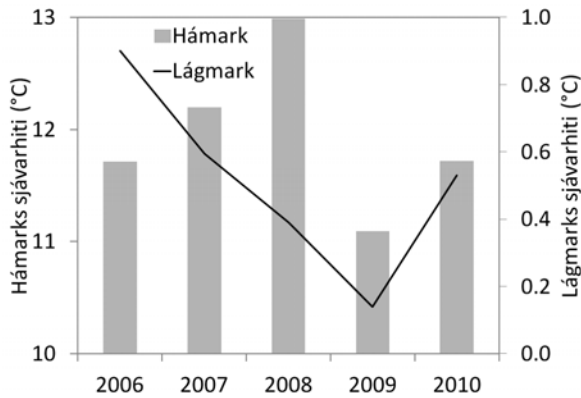
Mynd 3.21. Ársmeðhiti sjávar og daggráður á árunum 2006-2010 á eldissvæði Álfsfells ehf. í Skutulsfirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.21. The average yearly sea temperature and day-degrees at Alfsfell farming area in Skutulsfjörður, 2006-2010. The measurements were performed with a thermometer at 5 meters depth.



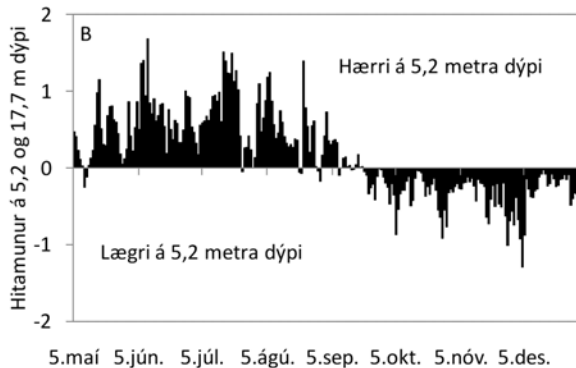
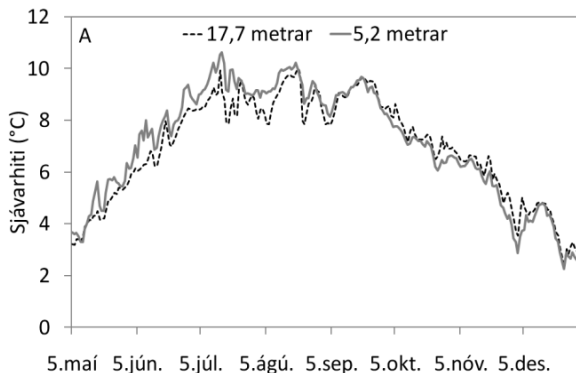
Mynd 3.23. Sjávarhiti eftir dögum á eldissvæði Álfsfells ehf. í Skutulsfirði árin 2006 og 2010. Mælingarnar voru gerðar með síritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.23. The daily averages of sea temperature at Alfsfells farming area in Skutulsfjörður in 2006 and 2010. Measurements of sea temperatures were made with a thermometer at 5 meters depth.



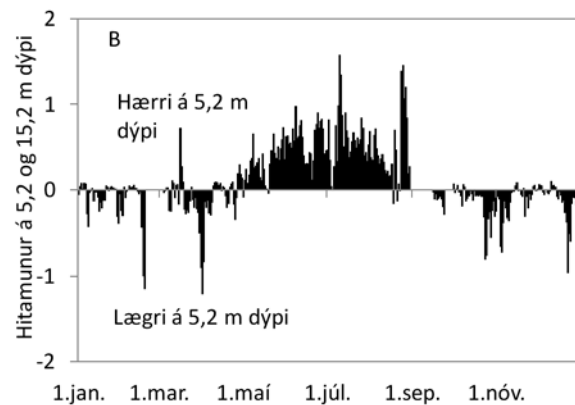
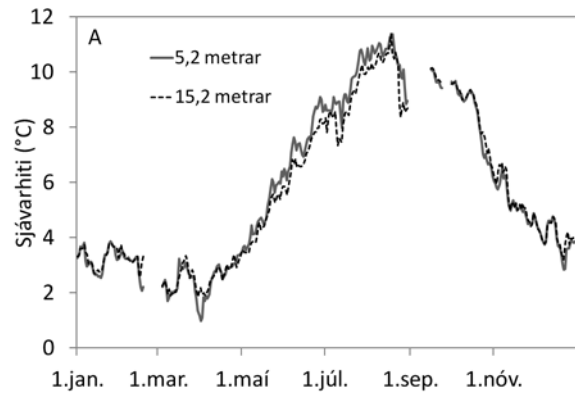
Mynd 3.24. Hámarks og lágmarks sjávarhiti á 5 metra dýpi á eldissvæði Álfsfells ehf. í Skutulsfirði árin 2006-2010. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi. Sjávarhitamælingar Álfsfells ehf. voru teknar á klukkustundar fresti en miðað er við hámarks og lágmarks dagsmeðaltal úr mælingum Hafrannsóknastofnunarinnar.

Figure 3.24. Maximum and minimum sea temperature at 5 meters depth at Alfsfell farming area in Skutulsfjordur, 2006-2010. Temperature measurements at Alfsfell farming area were taken every hour, but data of maximum and minimum daily average were used from the Marine Research Institute.



Mynd 3.25. A. Sjávarhiti á 5,2 og 17,7 metra dýpi á eldissvæði Álfsfells ehf. í Skutulsfirði frá 5. maí til 30. desember 2009. B. Hitamunur á 5,2 og 17,7 metra dýpi.

Figure 3.25. A. The daily averages of sea temperature at 5.2 and 17.7 meters depth at Alfsfell farming area in Skutulsfjordur, May 5 to December 30, 2009. B. The difference between average sea temperature at 5.2 and 17.7 meters depth.



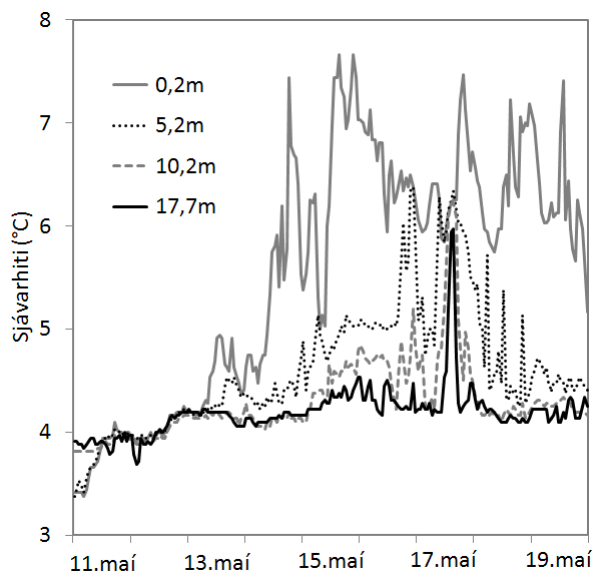
Mynd 3.26. A. Sjávarhiti á 5,2 og 15,2 metra dýpi á eldissvæði Álfsfells ehf. í Skutulsfirði árið 2010. B. Hitamunur á 5,2 og 15,2 metra dýpi.

Figure 3.26. A. The daily averages of sea temperature at 5.2 and 15.2 meters depth at Alfsfell farming area in Skutulsfjordur, 2010. B. The difference between average sea temperature at 5.2 and 15.2 meters depth.

C þann 24. febrúar 2002. Mikil umskipti hafa verið í lágmarks sjávarhita við Hnífsdalsbryggju en hann mældist að meðaltali $-0,6^{\circ}\text{C}$ árin 1998-2002 en $0,4^{\circ}\text{C}$ árin 2005-2009.

Sjávarhiti eftir dýpi

Í mælingum sem framkvæmdar voru á 5,2 og 17,7 metra dýpi frá 5. maí til 30. desember 2009 kemur fram að það er byrjað að myndast heitara yfirborðslag þegar mælingarnar hefjast (mynd 3.25). Heitara yfirborðslag helst síðan fram undir miðjan september og er mesti munur $1,7^{\circ}\text{C}$. Eftir það er heitara á 17,7 metra dýpi fram að áramótum og er mesti munur $1,3^{\circ}\text{C}$. Á tímabilinu 5. maí til 30. desember 2009 var sjávarhitinn $0,15^{\circ}\text{C}$ hærri á 5,2 metra dýpi en 17,7 metra dýpi.



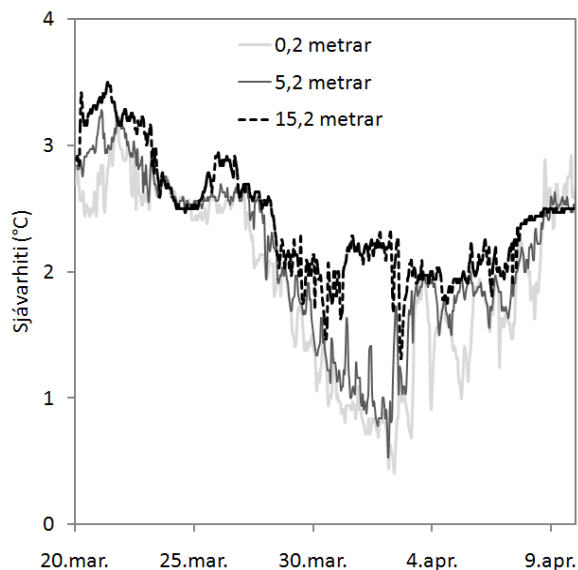
Mynd 3.27. Sjávarhiti á 0,2, 5,2, 10,2 og 17,7 metra dýpi á eldissvæði Álfsfells ehf. í Skutulsfirði frá 11. maí til 19. maí 2009. Mælingarnar voru gerðar með sírtahitamælir á klukkustunda fresti.

Figure 3.27. Temperature at 0.2, 5.2, 10.2 and 17.7 meters depth at Alfsfell farming area in Skutulsfjordur May 11 to May 19, 2009. Measurements are taken every hour with thermometer.

Svipaðar niðurstöður fást úr mælingum árið 2010 á 5,2 og 15,5 metra dýpi (mynd 3.26). Fyrstu mánuði ársins er sjávarhiti yfirleitt lægri á 5,2 metra dýpi eða svipaður og á 15,2 metra dýpi. Hér er ein undantekning þann 16. mars þá er 0,7°C heitara á 5 metra dýpi. Þennan dag er lofthiti að meðaltali 1,9°C við kvíar (1,5 metrum ofan sjávaryfirborðs). Í byrjun maí myndast heitara yfirborðslag og er það mest um 1,5°C heitara á 5,2 metra dýpi. Mælingar vantar í byrjun september en þegar þær hefjast um miðjan mánuðinn er orðið heitara á 15,2 metra dýpi og helst þannig fram til loka ársins og er munurinn mestur um 1°C. Á árinu 2010 var sjávarhiti 0,1°C hærri á 5,2 metra dýpi en á 15,5°C metra dýpi.

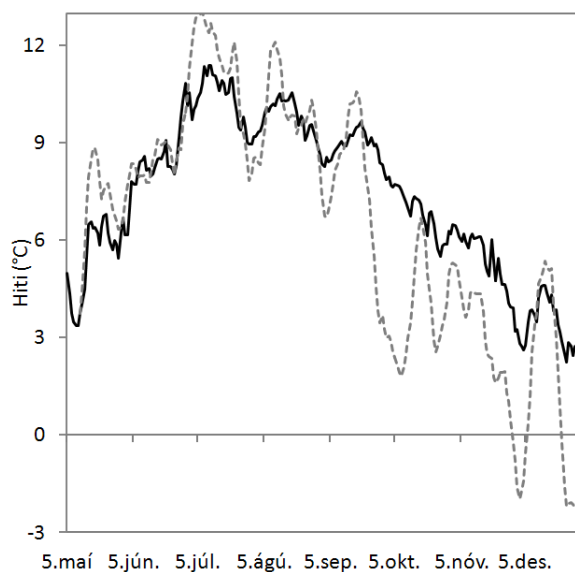
Mælingar á sjávarhita á 0,2, 5,2, 10,2 og 17,7 metra dýpi sýna miklar sveiflur í sjávarhita 11.-19. maí 2008 (mynd 3.27). Þann 11.-12. maí er svipaður sjávarhiti eftir dýpi en hækkar síðan við yfirborð sjávar 13. maí samhliða hækkanði lofthita sem fer hæst upp í 18°C þann 14. maí. Sjávarhiti á 10,2 og 17,7°C helst nokkuð jafn allt tímabilið nema þann 17. maí en þá hækkar hann úr um 4°C í um 6°C við uppblöndun sjávar.

Mælingar á sjávarhita á 0,2, 5,2 og 15,2 metra dýpi sýna einnig töluverð frávik eftir dýpi



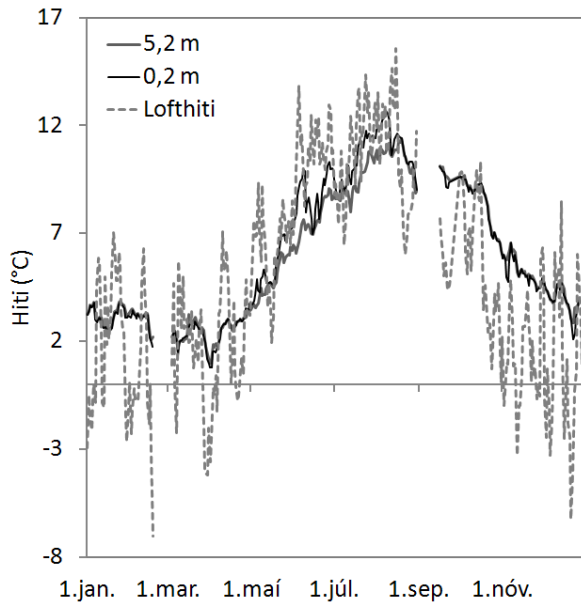
Mynd 3.28. Sjávarhiti á 0,2, 5,2, 15,2 metra dýpi á eldissvæði Álfsfells í Skutulsfirði frá 20. mars til 10. apríl 2010. Mælingarnar voru gerðar með sírtahitamæli á klukkustunda fresti.

Figure 3.28. Temperature at 0.2, 5.2, 10.2 and 17.7 meters depth at Alfsfell farming area in Skutulsfjordur Mars 20 to April 10, 2010. Measurements are taken every hour with thermometer.



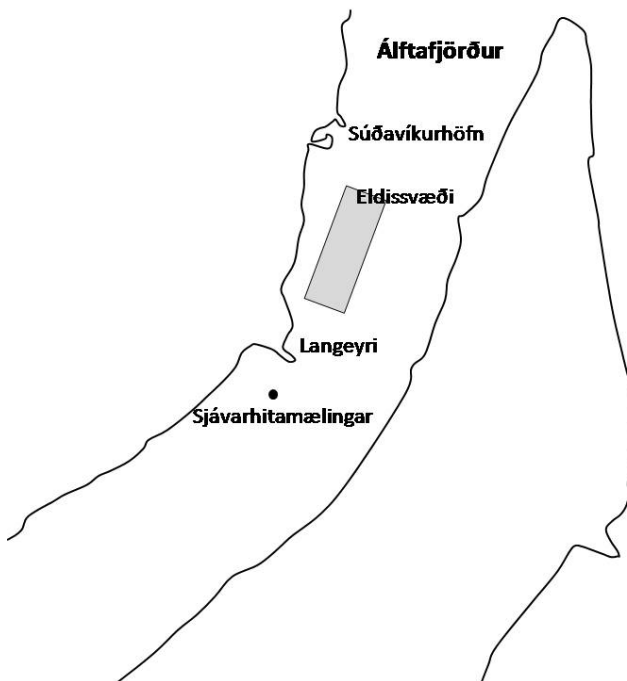
Mynd 3.29. Lofthiti og sjávarhiti við eldiskvíar Álfsfells ehf. í Skutulsfirði frá 5. maí til 31. desember 2009. Mælingarnar af lofthita sem voru gerðar 1,5 metra hæð fyrir ofan kvíar eru vikumeðaltal (grá brotalína) og sjávarhiti á 0,2 metra dýpi eru dagsmeðaltöl (heil svört lína).

Figure 3.29. The air temperature and sea temperature at Alfsfell farming area in Skutulsfjordur, May 5 to December 31, 2009. Weekly averages of air temperature at 1.5 meters above the sea level (gray dashed line) and daily averages of sea temperature at 0.2 meters depth.



Mynd 3.30. Lofthiti og sjávarhiti við eldiskvíar Álfsfells ehf. í Skutulsfirði á árinu 2010. Mælingarnar af lofthita voru gerðar í 1,5 metra hæð fyrir ofan kvíar og sjávarhiti á 0,2 og 5,2 metra dýpi og er byggt á dagsmeðaltölum.

Figure 3.30. The air temperature and sea temperature at Alfsfell farming area in Skutulsfjörður, 2010. Daily averages of air temperature at 1.5 meters above the sea level (gray dashed line) and daily averages of sea temperature (full black and gray line) at 0.2 and 5.2 meters depth.



Mynd 3.31. Staðsetning eldissvæðis Hraðfrystihússins Gunnvarar hf. og siritamælis innan við Langeyri í Álftafirði.

Figure 3.31. Location of HG farming area and the thermometer in Alftafjörður.

um mánaðarmótin mars/apríl 2010 (mynd 3.28). Sjávarhiti lækkar mikið á 0,2 og 5,2 metra dýpi (31. mars-2. apríl) samhliða frostakafla (27. mars-2. apríl) þar sem dagsmeðaltal lofthita er flesta dagana um -4°C .

Lofthiti og sjávarhiti

Á vegum Álfsfells ehf. í samstarfi við Póls Engineering hafa verið gerðar lofthitamælingar við kvíar samhliða mælingum á sjávarhita (mynd 3.29 og 3.30). Samræmi er á milli dagsmeðaltals sjávarhita á 0,2 metra dýpi og vikulegs meðaltals lofthita 1,5 metrum fyrir ofan sjávaryfirborð yfir sumarmánuðina á árinu 2009. Um haustið og veturinn sveiflast lofthiti mun meira en tilhneiging er til að sjávarhiti lækki með lækkandi lofthita. Það er ekki eins áberandi að sjávarhiti hækki með hækkandi lofthita nema þegar vikulegt meðaltal lofthita hækkar úr -2°C upp í 5°C fyrrihluta desember.

Á árinu 2010 er yfirleitt samræmi dagsmeðaltölum í lofthita og sjávarhita sérstaklega á 0,2 metra dýpi (mynd 3.30).

3.4 Álftafjörður

Staðsetning eldisins og mælingar

Áframeldi á þorski hófst hjá Hraðfrystihúsinu Gunnvöru hf. í Álftafirði árið 2001. Eldiskvíarnar eru staðsettar við Súðavík utan við Langeyri á um 35 metra dýpi (mynd 3.31).

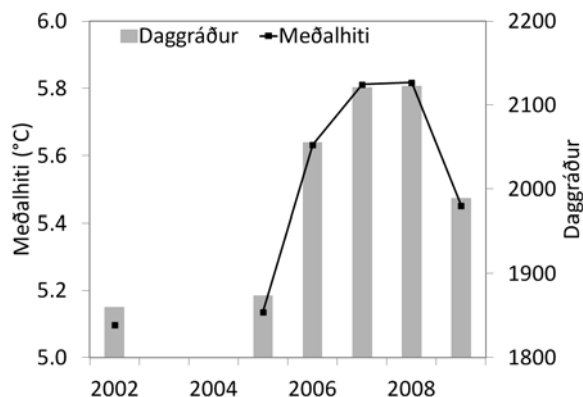
Á árunum 2002 og 2005-2009 var sjávarhiti mældur því sem næst samfelt með Starmon siritamælum. Stuðst er við handhitamælingar í maí-júní 2005, janúar 2007 og janúar-febrúar 2008. Engar siritahitamælingar voru gerðar árið 2010 en handhitamælingar voru framkvæmdar 10-25 sinnum í mánuði.

Ársméðaltal sjávarhita og daggráða

Ársméðaltal sjávarhita er um $5,5^{\circ}\text{C}$ ($5,1-5,8^{\circ}\text{C}$) á árunum 2002 og 2005-2009. Yfir sama tímabil eru daggráður að meðaltali 2.004 (1.860-2.123) (mynd 3.32). Á árinu 2010 voru eingöngu gerðar handhitamælingar á um 1,5 metra dýpi og mældust daggráðurnar 2.240.

Sjávarhiti eftir mánuðum

Yfir tímabilið janúar-apríl er sjórinn tiltölulega kaldur á eldissvæði Hraðfrystihússins Gunnvarar hf. eða að jafnaði frá $1,7^{\circ}\text{C}$ upp í $2,7^{\circ}\text{C}$ á árunum 2002 og 2005-2009. Sjórinn hitnar síðan hratt upp í maí og júní og er kominn



Mynd 3.32. Ársmeðaltal sjávarhita og daggráða á eldissvæði Hraðfrystihússins Gunnvar hf. í Álftafirði árin 2002 og 2005-2009. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.32. The average yearly sea temperature and day degrees at HG farming area in Alftafjörður, 2002 and 2005-2009. The measurements were performed with a thermometer at 5 meters depth.

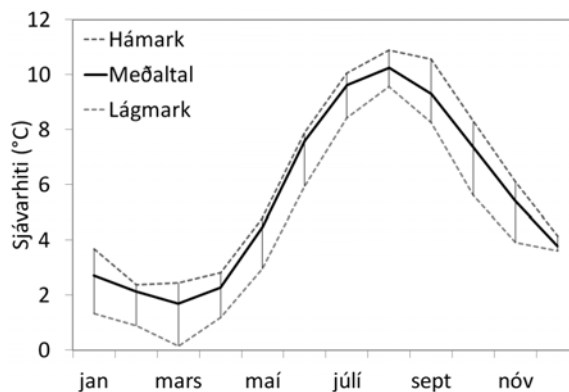
upp í 9,6°C í júlí. Hæstur er sjávarhitinn í ágúst 10,2°C og lækkar síðan niður í 3,8°C í desember. Töluverður munur er á heitasta og kaldasta mánuðinum 1,5-2,7°C nema í desember. Mikill munur á mánaðarmeðaltölum í Álftafirði í samanburði við aðra firði í nágrenninu kemur af því að inn í gögnunum er tekið með árið 2002 sem var mjög kalt ár (mynd 3.34).

Sjávarhiti eftir dögum

Þegar skoðað er eitt tiltöluleg kalt ár (2002) og annað tiltölulega heitt ár (2008) kemur fram að töluverður munur er í sjávarhita (mynd 3.34). Yfir tímabilið 26. febrúar til 12. desember sem mælingar fóru fram bæði árin var meðalsjávarhiti 0,8°C hærri árið 2008 og var jafnframt einnig hærri flesta mánuði ársins. Það verður mikil breyting á sjávarhita þegar líða fer á árið 2002 og síðustu mánuðirnir eru tiltölulega heitir.

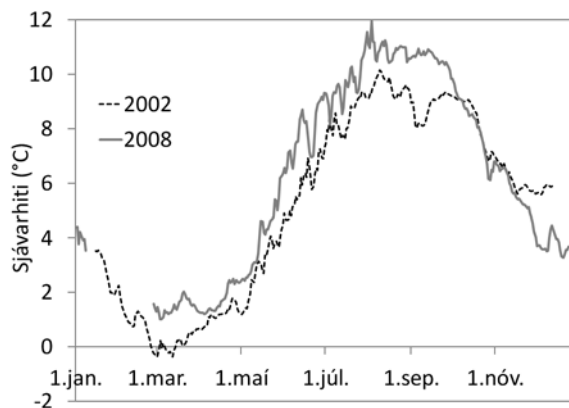
Lægsti og hæsti sjávarhiti

Á árunum 2005-2009 er hámarkssjávarhiti að meðaltali um 11,7°C (10,4-12,6°C). Hámarkssjávarhiti mælist á tímabilinu 2. júlí til 9. ágúst (mynd 3.35). Á þessum tíma voru einnig framkvæmdar handhitamælingar á 1-2 metra dýpi og mældist svipað hitastig árin 2005-2007 en árin 2008-2009 mældist töluvert hærri sjávarhiti eða hæst 14,8°C í byrjun ágúst 2008. Lágmarkssjávarhiti þessi ár er að meðaltali um



Mynd 3.33. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum árin 2002 og 2005-2009 á eldissvæði Hraðfrystihússins Gunnvar hf. í Álftafirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi, nema árið 2002 en þá voru þær gerðar á 16 metra dýpi.

Figure 3.33. The averages of sea temperature for each calendar month in 2002 and 2005-2009 at HG farming area in Alftafjörður. The measurements were performed with a thermometer at 5 meters depth, except in 2002 when they were made at 16 meters depth.



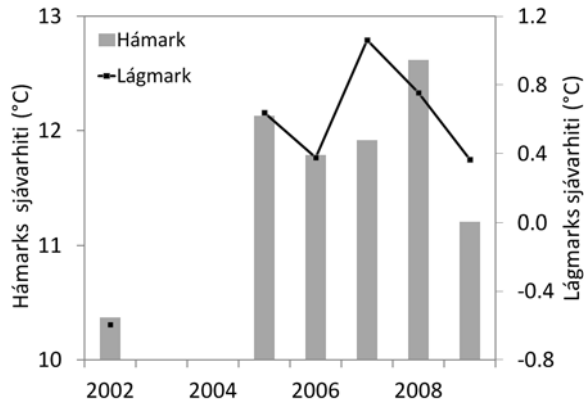
Mynd 3.34. Sjávarhiti eftir dögum á eldissvæði Hraðfrystihússins Gunnvarar hf. í Álftafirði árin 2002 og 2008. Mælingarnar voru gerðar með síritamæli á 5 metra dýpi árið 2008 og 16 metra dýpi árið 2002.

Figure 3.34. The daily averages of sea temperature at HG farming area in Alftafjörður in 2002 and 2008. The measurements were performed with thermometer at 5 meters depth in 2008 and 16 meters depth in 2002.

0,4°C (-0,6-1,1°C). Lægsti sjávarhiti fyrir einstök ár mældist frá 22. janúar til 2. apríl.

Sjávarhiti eftir dýpi

Á árinu 2002 var sjávarhiti mældur á 16 metra dýpi og niður við botn á um 40 metra dýpi (mynd 3.36). Sjávarhiti er mjög svipaður



Mynd 3.35. Hámarks- og lágmarkssjávarhiti á eldisvæði Hraðfrystihússins-Gunnvar hf. í Alftafirði árin 2002 og 2005-2009. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi, nema árið 2002 en þá voru þær gerðar á 16 metra dýpi. Mælingarnar voru gerðar á klukkustunda fresti eða oftar.

Figure 3.36. Maximum and minimum sea temperature at HG farming area in Alftafjörður in 2002 and 2005-2009. The measurements were performed with a thermometer at 5 meters depth, except in 2002 when they were made at 16 m depth. Measurements were made every hour or more frequently.

frá áramótum fram í maí en um sumarið er allt að 5°C lægri hiti niður við botn. Munurinn minnkar þegar líða fer á haustið og upp úr miðjum október er hitinn niður við botn orðinn örlítið hærri.

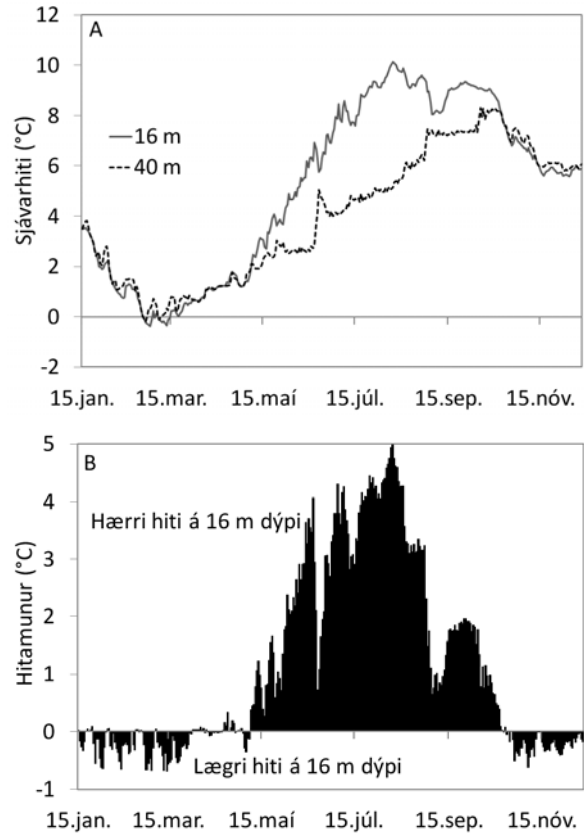
Með auknu dýpi fara árstíðarbreytingar sjávarhita minnkandi og háþörk og lágþörk hitans verða seinna (Unnsteinn Stefánsson 1999). Á 16 metra dýpi náði sjávarhitinn 10,1°C hámarki 9. ágúst um tveimur mánuðum fyrr en á 40 metra dýpi en þá fór hitinn upp í 8,3°C þann 8. október (mynd 3.36).

Sjávarhiti innan og utan við Langeyri

Á árunum 2006-2009 var sjávarhiti mældur innan og utan við Langeyri og er um 1,5 km á milli mælistaða. Frávik í ársmeðaltali á milli mælistaða er að meðaltali undir 0,1°C. Mestur var munurinn árið 2007 um 0,25°C. Meiri breytileiki var í mánaðarmeðaltölum og gat munurinn verið allt að 0,4°C.

Dægursveiflur í sjávarhita

Í sjávarhitamælingum sem gerðar voru á 16 metra dýpi og niður við botn (40 m) í júlí 2002 komu fram miklar dægursveiflur (mynd 3.37). Það vekur athygli að dægursveiflur niður við



Mynd 3.36. A. Sjávarhiti eftir dögum á 16 metra dýpi og niður við botn á um 40 metra dýpi á eldisvæði Hraðfrystihússins Gunnvar hf. í Alftafirði frá 15. janúar til 12. desember 2002. B. Munur á sjávarhita á 16 og 40 metra dýpi.

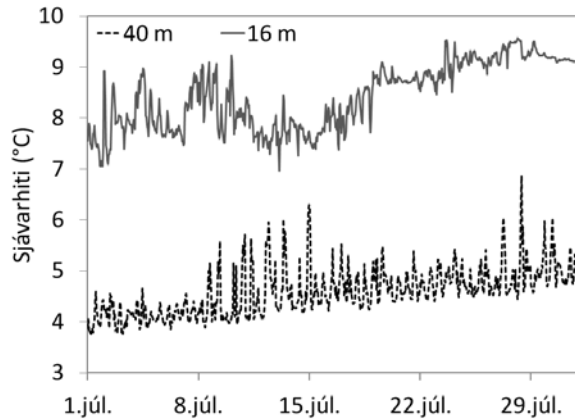
Figure 3.36. A. The daily averages of sea temperature on 16 and 40 meters depth at HG farming area in Alftafjörður, January 15 to December 12, 2002. B. The difference between sea temperature at 16 and 40 meters depth.

botn geta verið allt að rúmar 2°C á þremur klukkustundum. Miklar dægursveiflur mældust allt sumarið, þó mismunandi eftir tímabilum allt fram að 18. október þegar lagskiptingin brotnar niður. Veturinn 2002 var óvanalega kaldur og mældist sjávarhitinn lægstur -0,6°C þann 1. mars. Það voru töluverðar dægursveiflur en sjávarhitinn fór aldrei eins langt niður á 40 metra dýpi eins og á 16 metra dýpi (mynd 3.38).

3.5 Eyjafjörður

Staðsetning eldisins og mælingar

Á vegum Brims fiskeldis ehf. (áður Útgerðarfélag Akureyringa hf.) var áframeldi á þorski stundað í Eyjafirði árin 2001-2009. Í Eyjafirði voru staðsettar tvær sjókvíaþyrpingar



Mynd 3.37. Sjávarhiti á 16 metra dýpi og niður við botn á um 40 metra dýpi á eldissvæði Hraðfrystihússins Gunnvar hf. í Álftafirði í júlí 2002. Mælingarnar voru teknar á klukkutíma fresti.

Figure 3.37. Sea temperature at 16 and 40 meters depth at HG farming area in Álftafjörður in July 2002. Measurements were taken every hour.

á vegum Brims fiskeldis ehf. sem skilgreindar voru sem svæði A (Baldurshagi) og svæði B (Þórsnes), en á svæði A fer sjálft áframeldið fram (mynd 3.39). Þar sem áframeldið er starfrækt er dýpi undir kvíum 35 til 60 metrar.

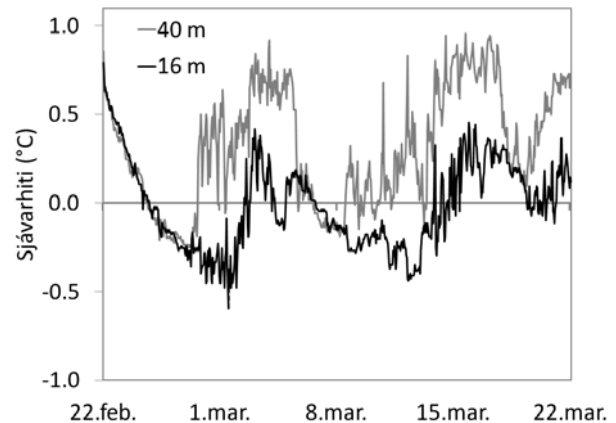
Hjá Brimi fiskeldi ehf. var notaður Starmon síritamæli yfir árið 2002 (júli-des), 2003, 2006 (júni-desember) og 2008. Einnig er stuðst við sjávarhitamælingar Hafnannsóknastofnunar á Hjalteyri 2002 (janúar-júní), 2005 og 2006 (janúar-maí) sem framkvæmdar voru með Starmon síritamæli við Hjalteyri.

Ársmeðaltal sjávarhita og daggráða

Ársmeðalhiti sjávar árin 2002-2003, 2005-2006 og 2008 var 5,8°C (5,3-6,6°C) og daggráður voru að meðaltali 2.115 (1.925-2.410) (mynd 3.40). Við Hjalteyri í Eyjafirði voru daggráður að meðaltali 1.846 á tíunda áratugnum (árin 1990, 1995, 1996, 1998, 1999, 2000) (Steingrímur Jónsson 2004). Daggráðum virðist því hafa fjölgað um 270 á milli þessa tveggja tímabila.

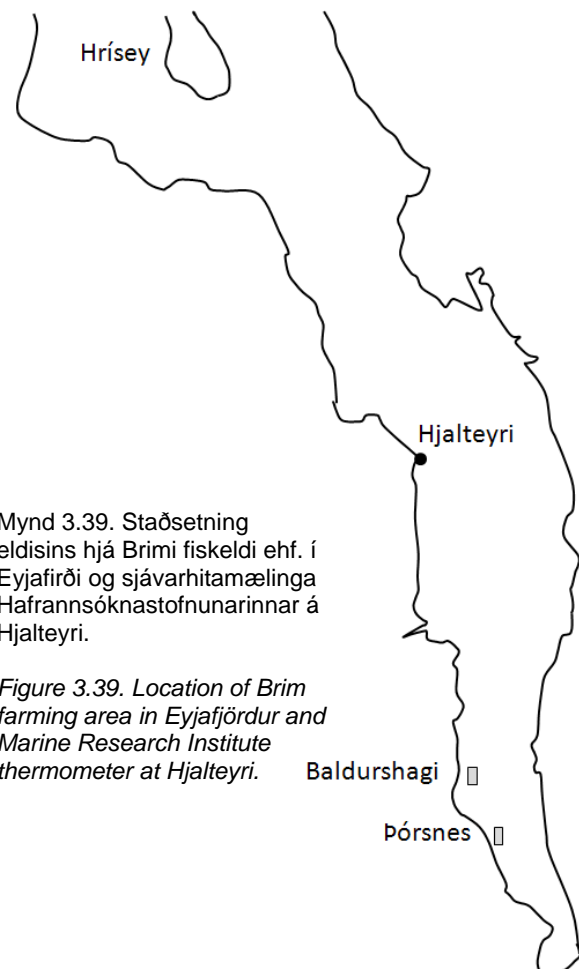
Sjávarhiti eftir mánuðum

Yfir mánuðina janúar til apríl er meðal-sjávarhiti frá 2,4 upp í 3,2°C (mynd 3.41). Í maí byrjar sjávarhiti að hækka hratt og er kominn upp í um 11°C í ágúst og lækkar



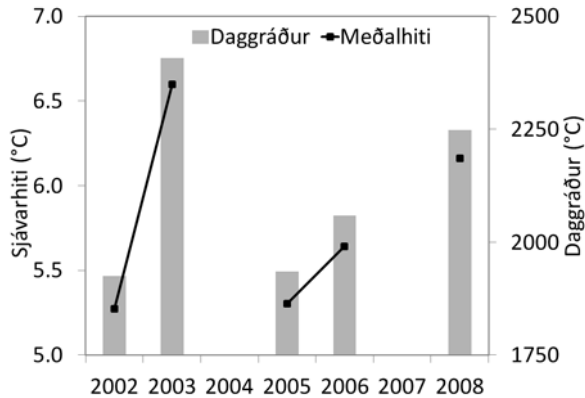
Mynd 3.38. Sjávarhiti á eldissvæði Hraðfrystihússins Gunnvar hf. í Álftafirði yfir tímabilið 24. febrúar til 24. mars 2002 á 5 metra dýpi og niður við botn á um 40 metra dýpi. Mælingarnar voru teknar á klukkustunda fresti.

Figure 3.38. Sea temperature at 5 and 40 meters depth at HG farming area in Álftafjörður in the period February 24 to March 24, 2002. Measurements were taken every hour.



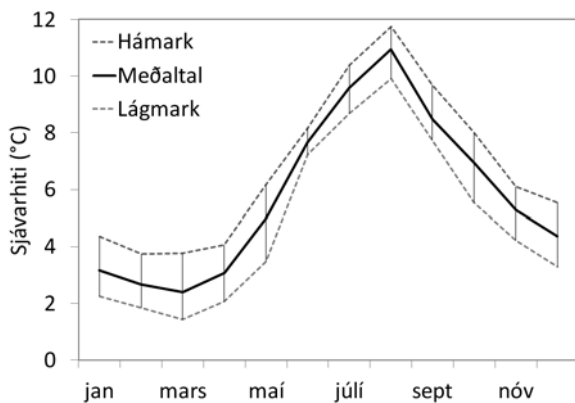
Mynd 3.39. Staðsetning eldisins hjá Brimi fiskeldi ehf. í Eyjafirði og sjávarhitamælinga Hafnannsóknastofnunarinnar á Hjalteyri.

Figure 3.39. Location of Brim farming area in Eyjafjörður and Marine Research Institute thermometer at Hjalteyri.



Mynd 3.40. Ársmeðaltal sjávarhita og daggráða í Eyjafirði árin 2002-2003, 2005-2006 og 2008. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi hjá Brim fiskeldi ehf. og á 1,5 metra dýpi undir stórstraumsfjöru við Hjalteyri.

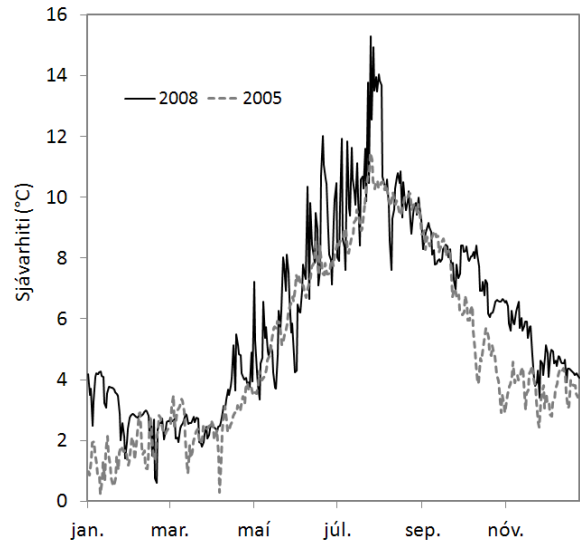
Figure 3.40. The yearly averages of sea temperature and day degrees in Eyjafjörður in 2002-2003, 2005-2006 and 2008. The measurements were performed with thermometers at 5 meters depth at Brim farming area and 1.5 meters depth below low water spring tide at Hjalteyri.



Mynd 3.41. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum árin 2002-2003, 2005-2006 og 2008 í Eyjafirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi hjá Brim fiskeldi ehf. og á 1,5 metra dýpi undir stórstraumsfjöru við Hjalteyri.

Figure 3.41. The average sea temperature in Eyjafjörður by month in 2002-2003, 2005-2006 and 2008. The measurements were performed with thermometer at 5 meters depth at Brim farming area and 1.5 meters depth below low water spring tide at Hjalteyri.

síðan og er kominn niður í rúmar 4°C í desember. Töluverður breytileiki er í meðalmánaðarhita yfir mánuðina september til apríl eða frá 1,9°C til 2,7°C fyrir heitasta og kaldasta mánuðinn. Minnstur breytileiki er yfir mánuðina



Mynd 3.42. Sjávarhiti eftir dögum við Hjalteyri árið 2005 og á eldissvæði Brims fiskeldis ehf. í Eyjafirði árið 2008. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi á eldissvæði Brims og á 1,5 metra dýpi við stórstraumsfjöru við Hjalteyri.

Figure 3.42. The daily averages of sea temperature in Eyjafjörður at Hjalteyri in 2005 and Brim farming area in 2008. The measurements were performed with thermometers at 5 meters depth at Brim farming area and 1.5 meters depth below low water spring tide at Hjalteyri.

maí til ágúst en þar er munurinn á milli heitasta og kaldasta mánaðarins 0,9-1,8°C.

Sjávarhiti eftir dögum

Þegar skoðað er eitt heitt ár (2008) og annað kalt ár (2002) kemur fram að það er mikill munur í sjávarhita. Ársmeðaltal sjávarhita á árinu 2008 var 6,1°C en aðeins 5,1°C árið 2005. Meðalmánaðarsjávarhiti er hærra alla mánuði ársins á árinu 2008, en munurinn er mestur mánuðina janúar, október og nóvember meira en 2°C (mynd 3.42).

Lægsti og hæsti sjávarhiti

Á árunum 2002 og 2005-2008 er hámarks sjávarhiti að meðaltali um 13,1°C (10,6-15,6°C) (mynd 3.43). Óvanalega hár sjávarhiti mældist 2. ágúst 2008 og fór hann hæst upp í 15,6°C. Mælingar á sjó í botnloka fíðurbáts sýndu hæst 15,1°C. Hámarkssjávarhiti fyrir einstök ár mældist frá 24. júlí til 22. ágúst. Fyrir sömu ár er lágmarkssjávarhiti að meðaltali um 0,8°C (0,4-1,1°C) og mældist hann lægstur frá 21. janúar til 25. mars. Haft skal í huga að sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar við Hjalteyri (árin 2002, 2005 og 2006) miðast við

dagsmeðaltöl og hefur því hitinn hugsanlega í raun verið bæði lægri og hærri en kemur fram á mynd 3.43.

Á árunum 1987-1990 var mun kaldara í Eyjafirði og mældist dagsmeðaltal sjávarhiti við Hjalteyri allt niður í $0,2^{\circ}\text{C}$ þann 14. febrúar 1987, $-0,2^{\circ}\text{C}$ þann 11. febrúar 1988, $-0,6^{\circ}\text{C}$ þann 5. mars 1989 og $-0,1^{\circ}\text{C}$ þann 1. mars 1990. Á þessum árum fór sjávarhiti aldrei yfir 12°C nema árið 1987 en þá fór hann hæst upp í $12,7^{\circ}\text{C}$ (Stefán S. Kristmannsson 1989, 1991).

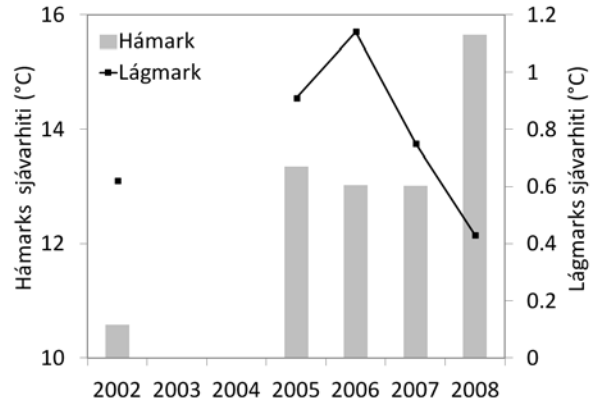
Dægursveiflur

Miklar sveiflur geta verið í sjávarhita í Eyjafirði og getur sjávarhitinn hækkað eða lækkað um $4-5^{\circ}\text{C}$ á örfáum klukkutímum (mynd 3.44). Mest lækkaði sjávarhiti úr 14°C í um 7°C dagana 13.-15. ágúst 2008. Líkleg skýring er mismunandi sjávarhiti í tiltölulega fersku yfirboðslagi og saltara lagi sem er undir og að nemi hitamælisins færast á milli laga eftir því sem dýpt yfirboðslagsins breytist. Til sjávar í Eyjafirði fellur vatn af landsvæði sem er ríflega þrettán sinnum meira en flatarmál hans. Eyfiskar ár eru dragár með mikil vorflóð sem ná hámarki um miðjan júní (Sigurjón Rist 1990). Rennsli er áætlað $188\text{ m}^3/\text{s}$ að meðaltali og ef þessu rennsli er jafnað yfir fjörðinn jafngildir það 17 m þykku vatnslagi á ári sem er með því mesta sem gerist í íslenskum fjörðum (Hreiðar Þór Valtýrsson og Steingrímur Jónsson 2000). Í mælingum sem gerðar voru í Eyjafirði á tímabilinu apríl 1992 til ágúst 1993 kemur einnig vel fram að í firðinum er seltuminnna yfirboðslag sérstaklega á vorin og sumrin (Steingrímur Jónsson 1996).

3.6 Norðfjörður

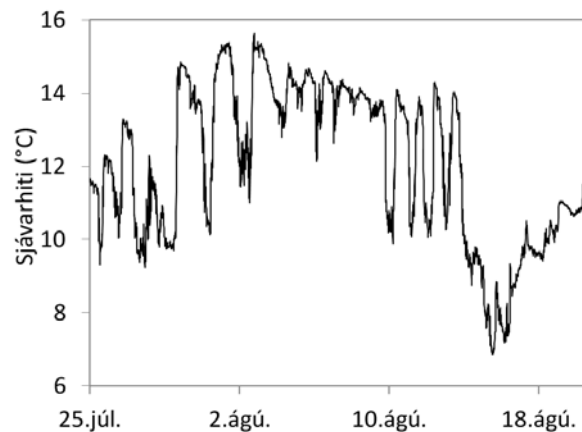
Staðsetning eldisins og mælingar

Á vegum Síldarvinnslunnar var stundað áframeldi á þorski í Norðfirði á árunum 2002 til 2007. Kviarnar voru staðsettar við sunnanverðan Norðfjörð út af s.k. Búlandi, þar sem þeim var komið fyrir á um 50 metra sjávardýpi um 300 metra frá landi. Mælingar á sjávarhita voru framkvæmdar á sjó sem dælt var af 35 metra dýpi upp í kör í gamla frystihúsi félagsins sem er staðsett norðan megin í firðinum (mynd 3.45). Við mælingarnar var notaður handhitamælir og mælt einu sinni á dag.



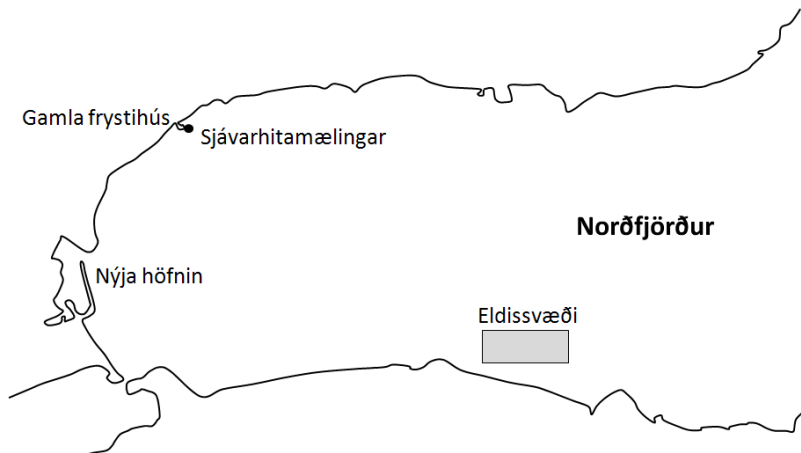
Mynd 3.43. Hámarks og lágmarks sjávarhiti í Eyjafirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamæli á 5 metra dýpi hjá Brim fiskeldi ehf. og á 1,5 metra dýpi undir stórstraumsfjöru við Hjalteyri. Tíðni mælinga hjá Brim fiskeldi ehf. var á klukkustunda fresti eða minna en gögn frá Hafrannsóknastofnuninni byggjast á dagsmeðaltölum.

Figure 3.43. Maximum and minimum sea temperature in Eyjafjörður. The measurements were performed with thermometers at 5 meters depth at Brim farming area and 1.5 meters depth below low water spring tide at Hjalteyri. Frequency of measurements at Brim farming area was every hours or less, but the data from the Marine Research Institute based on daily averages.



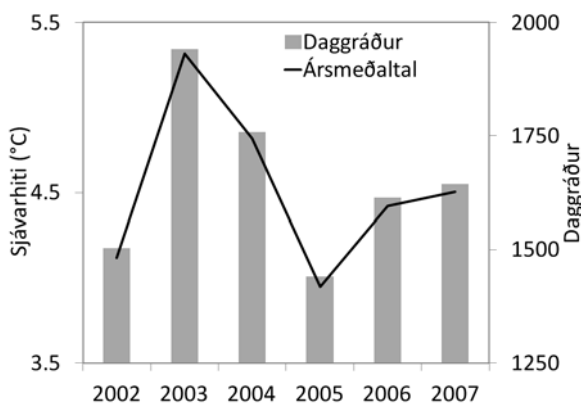
Mynd 3.44. Sveiflur í sjávarhita frá 25. júlí til 20. ágúst 2008 á eldisvæði Brims fiskeldis ehf. í Eyjafirði. Mælingarnar eru gerðar á 10 mínútna fresti og neminn var á 5 metra dýpi.

Figure 3.44. Fluctuations in sea temperature from July 25 to August 20, 2008 at Brim farming area in Eyjafjörður. Measurements are taken every 10 minutes and the thermometer is located at 5 meters depth.



Mynd 3.45. Staðsetning eldissvæðis Sildarvinnslunnar hf. í Norðfirði og sjávarhitamælinga í gamla frystihúsi félagsins.

Figure 3.45. Location of the thermometer and Sildarvinnslan farming area in Nordfjörður.



Mynd 3.46. Ársmeðaltal sjávarhita og daggráða árin 2002-2007 í nágrenni við eldissvæði Sildarvinnslunnar hf. í Norðfirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með handhitamæli á sjó sem dælt var upp af 35 metra dýpi.

Figure 3.46. The yearly averages of sea temperature and day-degrees in 2002-2007 in the vicinity of Sildarvinnslan farming area in Nordfjörður. The measurements were performed with a hand thermometer in sea water pumped from 35 meters depth.

Ársmeðaltal sjávarhita og daggráða

Á árunum 2002-2007 var ársmeðaltal sjávarhita í Norðfirði 4,5°C, lægst 3,9°C árið 2005 og hæst 5,3°C árið 2003 (mynd 3.46). Ársmeðaltal daggráða var 1.650 (1.440-1.940). Gera má ráð fyrir að herra ársmeðaltal hefði mælst ef mælingarnar hefðu verið gerðar á 5 metra dýpi. Gerðar hafa verið sjávarhitamælingar á mismundi dýpi yfir stutt tímabil. Þann 10. septem-

ber árið 2000 má glöggt greina 10 metra þykkt yfirborðslag 8,4-9,0°C heitt, síðan lækkar hitinn og er kominn undir 8°C á 35 metra dýpi. Mælingin var endurtekin 19. janúar 2001 og var sjórinn þá uppblandaður og hitamunur innan við 0,1°C (Jóhannes Briem 2001).

Sjávarhiti eftir mánuðum

Frá janúar til apríl árin 2002-2007 var sjórinn tiltölulega kaldur í Norðfirði og voru mánaðarmeðaltöl frá 2,2°C upp í 3,2°C (mynd 3.47). Sjórinn hitnar síðan upp í maí og nær hámarki í september 7,5°C. Sjávarhitinn lækkar síðan og var kominn að meðaltali niður í 4,2°C í desember. Breytileiki á hæsta og lægsta mánaðarhita var mikill eða frá 1,3°C upp í 2,9°C.

Sjávarhiti eftir dögum

Þegar skoðað er heitasta (2003) og kaldasta (2005) árið á tímabilinu 2002-2007 kemur fram að það er mikill munur í sjávarhita (mynd 3.48). Yfir tímabilið janúar til júní er sjávarhitinn 1,4-2,0°C lægri árið 2005 en árið 2003 og er þá miðað við mánaðarmeðaltöl. Yfir tímabilið júlí til september var minni munur en töluverðar sveiflur í sjávarhita á milli daga. Frá október til desember er sjávarhitinn að jafnaði um 1,4-1,7°C lægri árið 2005.

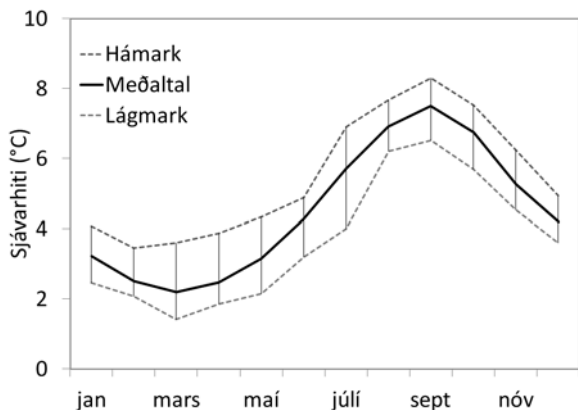
Lægsti og hæsti sjávarhiti

Á árunum 2002-2007 er hámarkssjávarhiti að meðaltali um 8,5°C (7,4-9,8°C) (mynd 3.49). Hámarkssjávarhiti fyrir einstök ár mældist á tímabilinu frá 20. júlí til 21. september og mældist hann í helmingi tilfella í september. Á sama tíma var lágmarkssjávarhiti að jafnaði 1,8°C (1,1-3,1°C) og mældist hann lægstur frá 18. janúar til 30. mars.

3.7 Stöðvarfjörður

Staðsetning eldisins og mælingar

Á árinu 2003 hófu Ósnes ehf. á Djúpavogi og Skútuklöpp ehf. á Stöðvarfirði áframeldi á þorski í Stöðvarfirði. Þessi rekstur var síðan færður undir Þorskeldi ehf. Kvíar hjá Þorskeldi eru staðsettar norðan megin í Stöðvarfirði rétt



Mynd 3.47. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum árin 2002-2007 í Norðfirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með handhitamæli á sjó sem dælt var upp af 35 metra dýpi.

Figure 3.47. The average sea temperature in Nordfjörður by month in 2002-2007. The measurements were performed with a hand thermometer in sea water pumped from 35 meters depth.

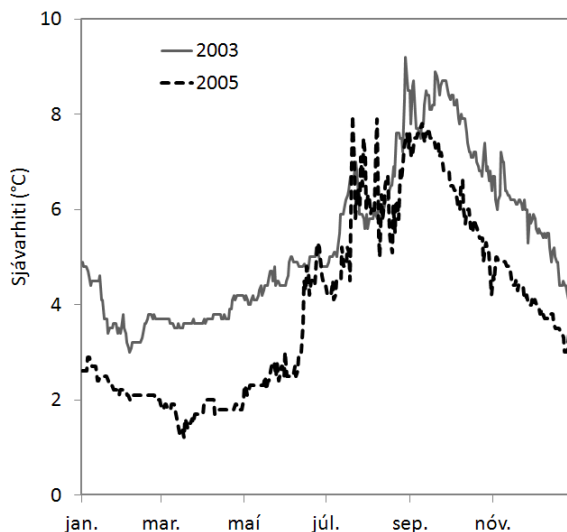
fyrir innan þorpið (mynd 3.50). Þorskeldi notaði Stow Away TidbiT Temp Logger síritamælir við mælingar á sjávarhita við eldiskvíar árin 2006, 2007 og 2008. Á árunum 2005, 2009 og 2010 (janúar-september) er stuðst við gögn frá Hafrannsóknastofnuninni sem notaði Starmon síritamæli sem staðsettur var utan við hafnargarðinn á Stöðvarfirði á 1,5 metra dýpi undir stórstraumsfjöru. Eldri mælingar frá árunum 1995 og 1996 sem framkvæmdar voru af Hafrannsóknastofnuninni voru gerðar með sjávarhitamæli frá Hugarúnu rétt innan við þorpið (mynd 3.50).

Ársmeðal sjávarhita og daggráða

Á árunum 2005-2009 var ársmeðaltal sjávarhita um 4,4°C (4,2-4,8°C) í Stöðvarfirði (mynd 3.51). Meðalfjöldi daggráða fyrir sama tímabil var 1.601 (1.517-1.755). Í Stöðvarfirði voru daggráður að meðaltali 1.403 á tíunda áratugnum (árin 1990, 1991, 1993-1995, 1998-2000) (Steingrímur Jónsson 2004). Daggráðum hefur því fjölgað 198 daggráður á milli tímabila.

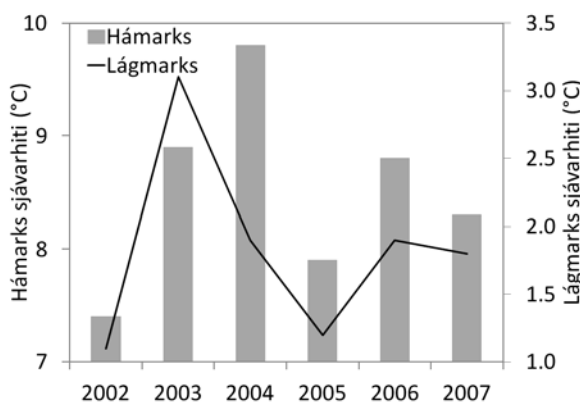
Meðal sjávarhiti eftir mánuðum

Yfir tímabilið febrúar-apríl 2005-2009 voru mánaðarmeðaltöl sjávarhita frá 2,1 til 3,0°C (mynd 3.52). Sjórinn hitnar síðan upp í maí og nær hámarki ekki fyrr en í september og er þá að meðaltali 7,1°C. Sjávarhitinn lækkar síðan og er kominn að meðaltali niður í 3,8°C í desember. Tiltölulega lítill munur er á hæsta og



Mynd 3.48. Sjávarhiti eftir dögum árin 2003 og 2005 í Norðfirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með handhitamæli á sjó sem dælt var upp af 35 metra dýpi.

Figure 3.48. The daily averages of sea temperature in 2003 and 2005 in Nordfjörður. The measurements were performed with a hand thermometer in sea water pumped from 35 meters depth.



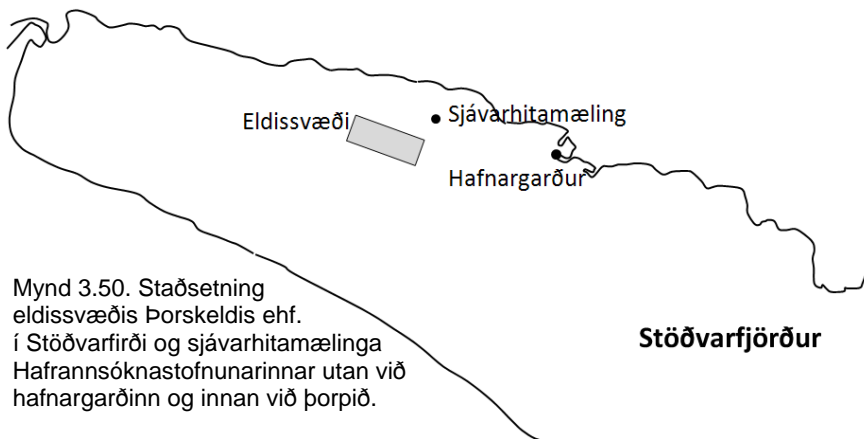
Mynd 3.49. Hámarks- og lágmarkssjávarhiti árin 2002-2007 í Norðfirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með handhitamæli á sjó sem dælt var upp af 35 metra dýpi.

Figure 3.50. Maximum and minimum sea temperature in the years 2002-2007 in Nordfjörður. The measurements were performed with a hand thermometer in sea water pumped from 35 meters depth.

lægsta mánaðarmeðaltali á milli ára og er það mest í nóvember 1,4°C.

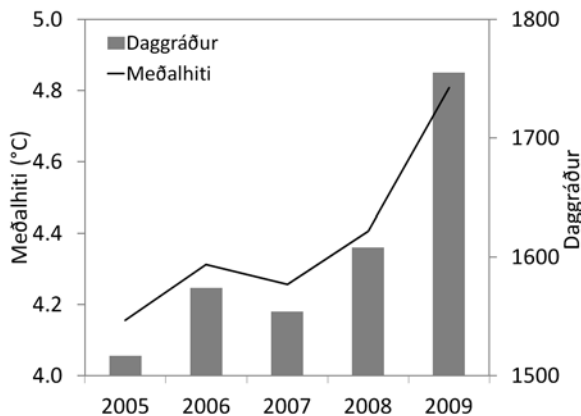
Samanburður á milli svæða og dýpis

Á árinu 2007 var sjávarhiti mældur við eldiskvíar Þorskeldis ehf. á 5 metra dýpi og við hafnargarð á 1,5 metra dýpi miðað við stór-



Mynd 3.50. Staðsetning eldissvæðis Þorskeldis ehf. í Stöðvarfirði og sjávarhitamælinga Hafrannsóknastofnunarinnar utan við hafnargarðinn og innan við þorpið.

Figure 3.50. Location of Thorskeldi farming area in Stöðvarfjörður and Marine Research Institute thermometers outside Stöðvarfjörður port and within the village.



Mynd 3.51. Ársmeðaltal sjávarhita og daggráða í Stöðvarfirði 2005-2009. Mælingarnar voru framkvæmdar með siritamæli á 5 metra dýpi hjá Þorskeldi ehf og á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar á 1,5 metra dýpi undir stórstraumsfjöru utan við hafnargarð.

Figure 3.51. Yearly average of sea temperature and day degrees in Stöðvarfjörður in 2005-2009. The measurements were performed with thermometers at 5 meters depth at Thorskeldi farming area and 1.5 meters depth below low water spring tide at the village port.

straumsfjöru. Niðurstöður mælinganna voru að sjávarhiti var $0,3^{\circ}\text{C}$ hærri við hafnargarð. Munurinn er einkum vegna hærri sjávarhita við hafnargarð um vorið og sumarið (mynd 3.53). Líkleg skýring er að mælirinn við hafnargarð var ofar í sjónum og nær því betur upphitun og hitasveiflum um vorið og sumarið eftir að lagskipting hefur myndast í firðinum. Á þessu svæði er hæðarmunur flóðs og fjöru í meðalstórstraum undir 2 metrum (Unnsteinn Stefánsson 1999). Mælir Hafrannsóknastofnunarinnar við

Hafnargarð hefur því allan tímann verið á minna dýpi en mælir Þorskeldis ehf. við eldiskvíar. Við samanburð þarf einnig að haft í huga að við eldiskvíar var notaður Stow Away TidbiT Temp Logger siritamælir og Starmon við Hafnargarð en nákvæmni mællanna er ekki sú sama.

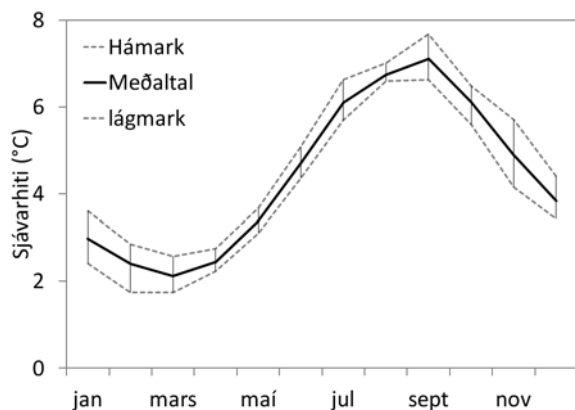
Stöðvarfjörður

Sjávarhiti eftir dögum

Þegar skoðað er eitt heitt ár (2009) og annað kalt ár (2005) kemur fram að það er nokkur munur í sjávarhita einkum yfir vetrarmánuðina (mynd 3.54). Sjávarhiti á árinu 2009 er hærri alla mánuði nema júní (mynd 3.54). Munur í ársmeðaltali sjávarhita þessi tvö ár er $0,65^{\circ}\text{C}$.

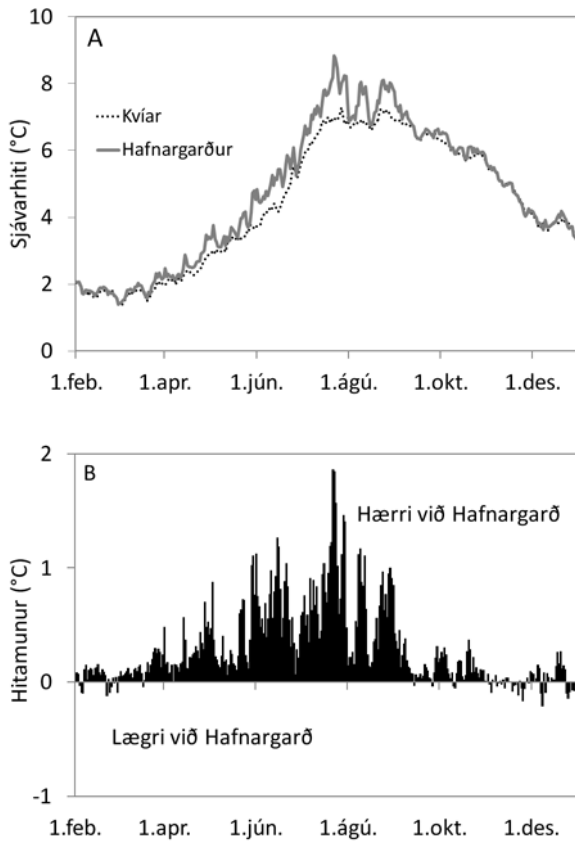
Lægsti og hæsti sjávarhiti

Á árunum 2005-2010 er hámarks sjávarhiti að meðaltali um $8,4^{\circ}\text{C}$ ($7,7-9,4^{\circ}\text{C}$) (mynd 3.55). Sjávarhitinn mældist hæstur yfir tímabilið 27. júlí til 11. september og þrisvar sinnum er hann hæstur í september. Sömu ár er lágmarks sjávarhiti að meðaltali um $1,7^{\circ}\text{C}$ ($1,3-1,9^{\circ}\text{C}$) og mældist hann lægstur frá 2. febrúar til 6. apríl.



Mynd 3.52. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum í Stöðvarfirði árin 2005-2009. Mælingarnar voru framkvæmdar með siritamæli á 5 metra dýpi hjá Þorskeldi ehf og á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar á 1,5 metra dýpi undir stórstraumsfjöru utan við hafnargarð.

Figure 3.52. The average sea temperature by month in Stöðvarfjörður in 2005-2009. The measurements were performed with thermometer at 5 meters depth at Thorskeldi farming area and 1.5 meters depth below low water spring tide at village port.

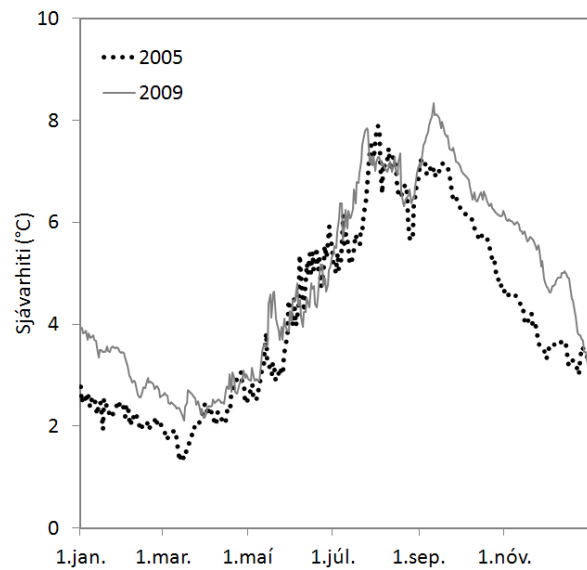


Mynd 3.53. A. Sjávarhiti eftir dögum á 5 metra dýpi við kvíar Þorskeldis ehf. og utan við hafnargarðinn á Stöðvarfirði á 1,5 metra dýpi undir stórstraumsfjöru árið 2007. B. Munur á sjávarhita við kvíar og við Hafnargarð.

Figure 3.53. A. The daily averages of sea temperature in 2007 at 5 meters depth at Thorskeldi farming area and 1.5 meters depth below low water spring tide at village port. B. The deviations in sea temperature at Thorskeldi farming area and village port.

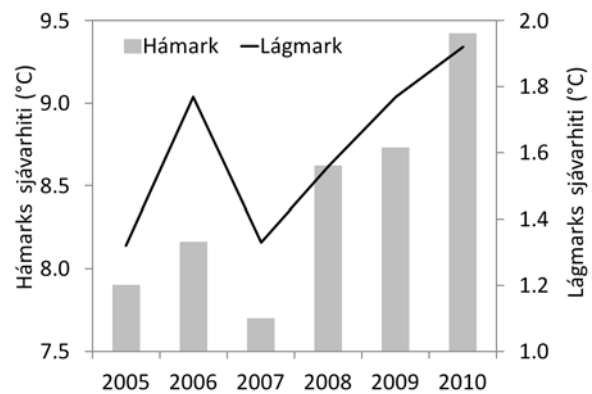
Sjávarhiti eftir dýpi

Á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar var mældur sjávarhiti rétt innan við þorpið á 32 metra dýpi norðan megin í Stöðvarfirði. Notaðir voru mælur frá Húgrúnu sem staðsettir voru á 5 og 30 metra dýpi. Þann 8. júní 1995 þegar mælingarnar hófust hafði myndast heitt yfirborðslag sem hélst fram í seinni hluta ágúst en þá byrjaði það að verða óstöðugt (mynd 3.56). Frá september 1995 fram í apríl 1996 er kaldara á 5 metra dýpi (mynd 3.56 og 3.57). Í byrjun maí 1996 byrjaði að myndast heitara yfirborðslag sem hélst að mestu fram í byrjun október (mynd 3.57). Munur á sjávarhita er aldrei mikill á sumrin og í júní og júlí var hann að meðaltali 0,4°C hærrí við 5 metra dýpi árið



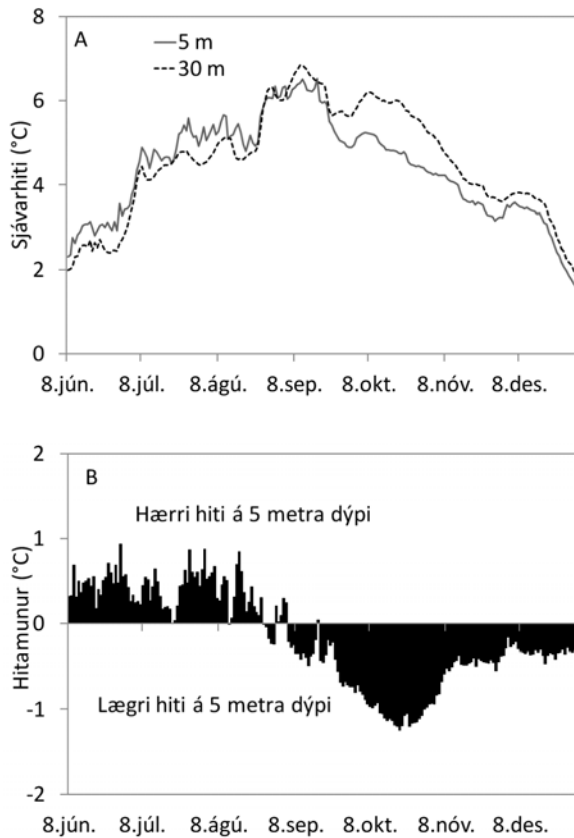
Mynd 3.54. Sjávarhiti eftir dögum árið 2005 og 2009 við hafnargarð í Stöðvarfirði. Mælirinn var staðsettur á 1,5 metra dýpi miðað við stórstraumsfjöru.

Figure 3.54. The daily averages of sea temperature in 2005 and 2009 at village port in Stöðvarfjörður. The thermometer was located at 1.5 meters depth below low water spring tide.



Mynd 3.55. Hámarks og lágmarks sjávarhiti í Stöðvarfirði. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritamælum á 5 metra dýpi við eldiskvíar Þorskeldis ehf. að lágmarki á 6 klukkustunda fresti og mæli Hafrannsóknastofnunarinnar utan við hafnargarð á 1,5 metra dýpi undir stórstraumsfjöru og er þar miðað við dagsmeðaltal.

Figure 3.55. Maximum and minimum sea temperature in Stöðvarfjörður in the years 2005-2010. The measurements were performed with thermometers at 5 meters depth at Thorskeldi farming area with a minimum of 6 hours intervals and on 1.5 meters depth below low water spring tide at village port are based on daily averages.



Mynd 3.56. A. Sjávarhiti eftir dögum á 5 og 30 metra dýpi innan við þorpið í Stöðvarfirði yfir tímabilið frá 8. júní til 31. desember 1995. B. Munur á sjávarhita á 5 og 30 metra dýpi eftir dögum.

Figure 3.56. A. The daily averages of sea temperature at 5 and 30 meters depth within village in Stöðvarfjörður from June 8 to December 31, 1995. B. The difference between sea temperature at 5 and 30 meters depth.

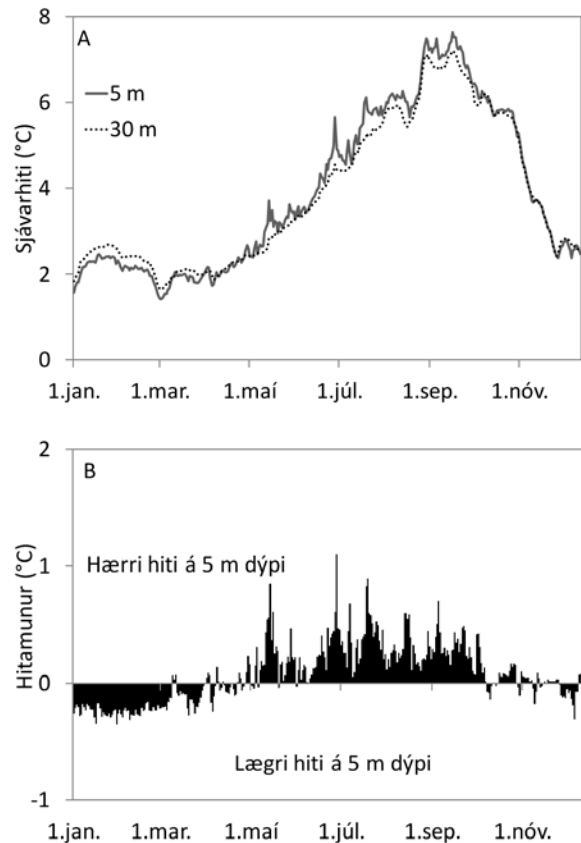
1995 og $0,3^{\circ}\text{C}$ heitara árið 1996. Hitamunurinn um veturinn er verulegur og vekur athygli hve mikill munur er á sjávarhita í október 1995 að meðaltali einni gráðu heitara en á 30 metra dýpi (mynd 3.56).

3.8 Aðrir firðir

Grundarfjörður

Guðmundur Runólfsson hf. hóf áframeldi á þorski á árinu 2003 og var því hætt í janúar 2007. Kvíarnar voru staðsettar á um 20 metra dýpi. Mælingarnar voru framkvæmdar með Starmon síritamæli.

Árin 2003 og 2004 var sjávarhiti mældur á eldissvæði Guðmundar Runólfssonar hf. í Grundarfirði með síritamæli. Hér er aðeins um



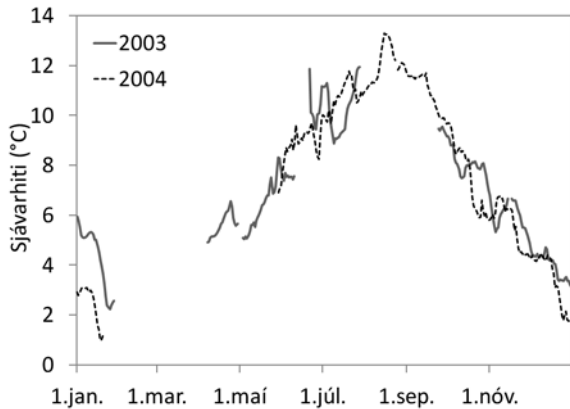
Mynd 3.57. A. Sjávarhiti eftir dögum á 5 og 30 metra dýpi innan við þorpið í Stöðvarfirði yfir tímabilið frá 1. janúar til 12. desember 1996. B. Munur á sjávarhita á 5 og 30 metra dýpi eftir dögum.

Figure 3.57. A. The daily averages of sea temperature at 5 and 30 meters depth within village in Stöðvarfjörður from January 1 to December 12, 1996. B. The difference between sea temperature at 5 and 30 meters depth.

að ræða mælingar hluta úr árinu. Það sem einkennir niðurstöður mælinganna er mikil lækking á sjávarhita í janúar sérstaklega árið 2003 en þá lækkar sjávarhitinn úr 6°C í byrjun mánaðarins niður í $2,5^{\circ}\text{C}$ þann 28. janúar þegar mælingum var hætt (mynd 3.58). Árið 2003 mældist sjávarhitinn hæstur 12°C í júlí en engar mælingar voru gerðar í ágúst. Árið 2004 mældist hæsti sjávarhiti $13,8^{\circ}\text{C}$ þann 14. ágúst.

Vopnafjörður

Á vegum Vopnfisks ehf. voru eldisgildrur staðsettar innan við þorpið að vestanverðu á 20-30 metra dýpi. Tilraunir með þróun eldisgildranna hófust á árinu 2002 og var hætt nokkrum árum síðan. Sjávarhitamælingar voru framkvæmdar með Starmon síritamæli aðeins



Mynd 3.58. Sjávarhiti eftir dögum á eldissvæði Guðmundar Runólfssonar hf. í Grundarfirði árin 2003 og 2004. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritahitamæli á 5 metra dýpi.

Figure 3.58. The daily averages of sea temperature at Gudmundur Runólfsson farming area in Grundarfjörður in the years 2003 and 2004. The measurements were performed with a thermometer at 5 meters depth.

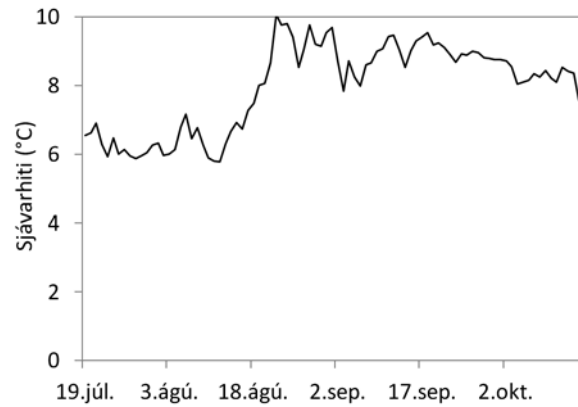
yfir nokkurra mánaða tímabil árið 2003 (mynd 3.59).

Eskifjörður

Eskja hf. var með áframeldi á þorski í Eskifirði árin 2002 til 2004. Kvíarnar voru staðsettar sunnan megin í firðinum í utanverðri Baulhúsavík á Hólmanesi. Mælingar á sjávarhita voru gerðar með Starmon síritamæli frá júní 2002 fram í maí 2003 (mynd 3.60). Sjávarhiti fór hæst í rúmar 8°C en aldrei undir 2°C. Einkenni sjávarhita í Eskifirði eru miklar sveiflur í hita um vorið og sumarið. Þar getur sjávarhiti hækkað eða lækkað um 3-4°C á nokkrum klukkustundum allt niður í rúmar 3°C í júlí (mynd 3.61). Miklar sveiflur í sjávarhita um vorið og sumarmánuðina eru þekktar í mælingum sem gerðar voru á vegum Haf-rannsóknastofnunarinnar á árunum 1987-1990 (Stefán S. Kristmannsson 1989, 1991). Á þessum árum fór sjávarhiti einnig mun lægra niður á veturna eða allt niður í -0,1°C í mars 1988.

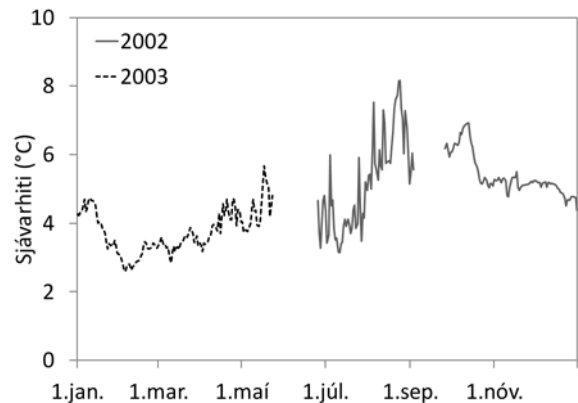
Fáskrúðsfjörður

Á vegum Þorskeldis ehf. var sjávarhiti mældur í Fáskrúðsfirði árin 2008-2009. Við mælingarnar var notaður Stow Away TidbiT Temp Logger síritamælir. Mælirinn var staðsettur við Litlu Hellara í innan- og sunnan-



Mynd 4.59. Sjávarhiti eftir dögum á eldissvæði Vopnfisks ehf. í Vopnafirði árið 2003. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritahitamæli á rúmlega 20 metra dýpi.

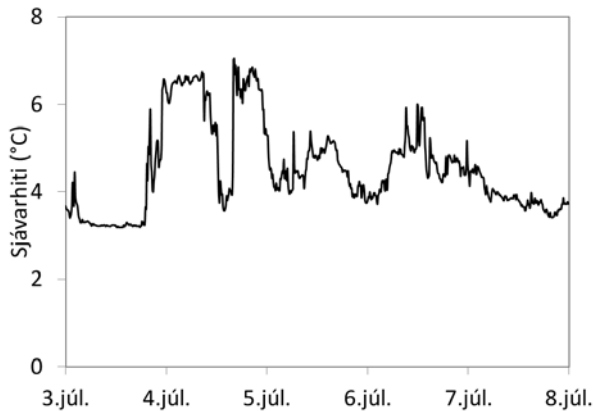
Figure 4.59. The daily averages of sea temperature at Vopnfiskur farming area in Vopnafjörður in 2003. The measurements were performed with a thermometer at over 20 meters depth.



Mynd 3.60. Sjávarhiti á eldissvæði Eskju í Eskifirði árin 2002 og 2003. Mælingarnar voru framkvæmdar með síritahitamæli á 5 metra dýpi.

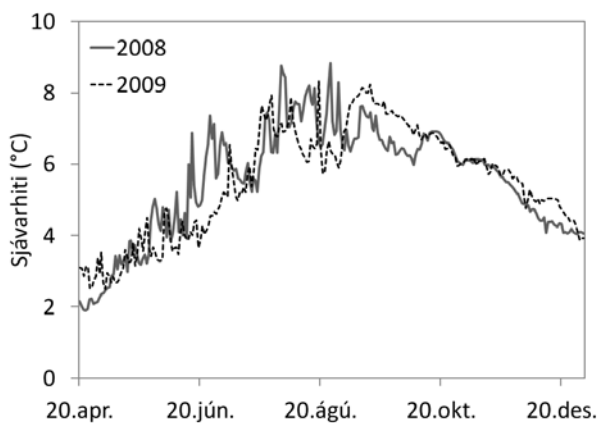
Figure 3.60. The daily averages of sea temperature at Eskja farming area in Eskifjörður in the years 2002 and 2003. The measurements were performed with a thermometer at 5 meters depth.

verðum Fáskrúðsfirði beint á móti þorpinu. Yfir tímabilið frá 20. apríl til loka ársins var meðalhiti 5,6°C árið 2008 og 5,5°C árið 2009 (mynd 3.62). Til samanburðar mældist sjávarhitinn 5,1°C yfir sama tímabil árið 1989 (Stefán S. Kristmannsson 1991). Miklar sveiflur voru í sjávarhita um vorið og sumarið 2002 og 2003 og er það í takt við niðurstöður mælinga á árunum 1987-1990 (Stefán S. Kristmannsson 1989, 1991).



Mynd 3.61. Sjávarhiti á eldissvæði Eskju í Eskifirð 3.-7. júlí 2002. Mælingarnar voru framkvæmdar á 10 mínútna fresti með siritahitamæli á um 5 metra dýpi.

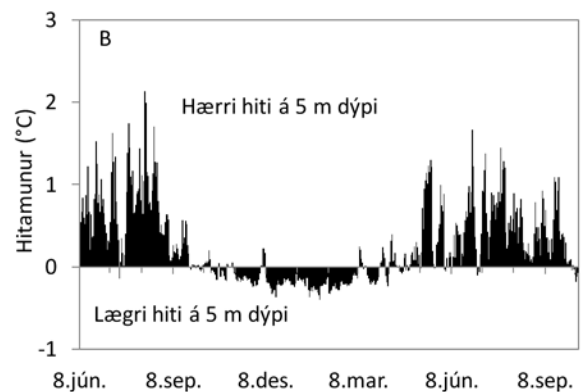
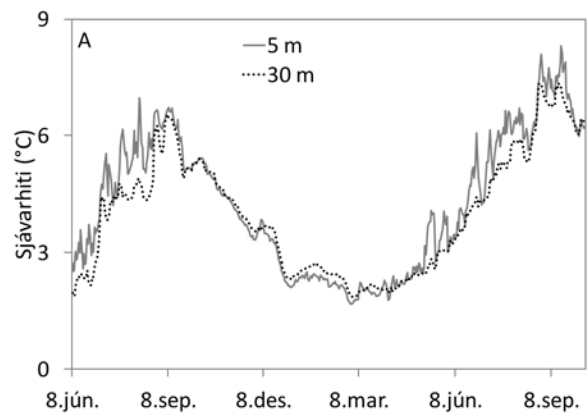
Figure 3.61. The daily averages of sea temperature at Eskja farming area in Eskifjörður from July 3 to July 7, 2002. The measurements were performed every 10 minutes with a thermometer at 5 meters depth.



Mynd 3.62. Sjávarhiti í Fáskrúðsfirði árin 2008 og 2009. Mælingarnar voru framkvæmdar með siritahitamæli á um 5 metra dýpi.

Figure 3.62. The daily averages of sea temperature at Faskrudsfjörður in 2008 and 2009. The measurements were performed with a thermometer at 5 meters depth.

Á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar var mældur sjávarhiti út af bænum Brimnesi á 32 metra dýpi norðan megin í Fáskrúðsfirði. Notaðir voru mælur frá Hugrónu sem voru staðsettir á 5 og 30 metra dýpi. Þegar mælingar hófust í júní 1995 hafði myndast stöðugt hitaskiptalag sem hélst fram í byrjun október (mynd 3.63). Um veturinn (nóvember-mars) voru tiltölulega litlar sveiflur í sjávarhita og sjórinn á 30 metra dýpi að jafnaði $0,16^{\circ}\text{C}$ heitari en á 5



Mynd 3.63. A. Sjávarhiti eftir dögum á 5 og 30 metra dýpi út af bænum Brimnesi í Fáskrúðsfirði yfir tímabilið frá 8. júní 1995 til 10. október 1996. B. Munur á sjávarhita á 5 og 30 metra dýpi eftir dögum.

Figure 3.63. A. The daily averages of sea temperature on 5 and 30 meters depth in vicinity of Brimnes in Faskrudsfjörður from June 8 1995 to October 10 1996. B. The difference between sea temperature at 5 and 30 meters depth.

metra dýpi. Í apríl er lagskiptingin byrjuð að myndast og í maí verður hún stöðugri. Heitara yfirboðslag helst síðan um sumarið en brotnar niður í byrjun október þegar mælingum er hætt.

4. SAMANGURÐUR Á MILLI SVÆÐA OG ÁRA

4.1 Ársmeðaltöl og daggráður

Daggráður

Töluverður munur er á daggráðum milli svæða á árunum 2005-2010 og eru þær að meðaltali 2.050 á Vestfjörðum (Tálknafjörður, Skutulsfjörður og Álftafjörður), 2.090 í Eyjafirði og 1.585 á Austfjörðum (Norðfjörður og

Stöðvarfjörður) (mynd 4.1). Daggráður eru aðeins færri í Álftafirði en Skutulsfirði og er ástæðan einkum sú að í meðaltalinu er eitt kalt ár (2005). Þegar borin eru saman sambærileg tímabil, þ.e.a.s. árin 2006-2009 er fjöldi daggráða 2.072 í Álftafirði og 2.027 í Skutulsfirði. Samanburður á árunum 2005-2007 í Stöðvarfirði og Norðfirði gefa 1.550 og 1.565 daggráður.

Ársmeðaltöl

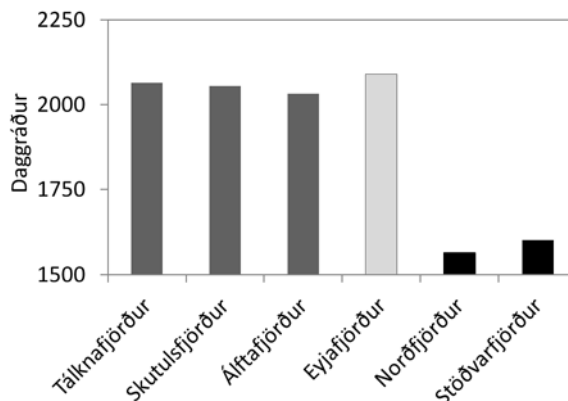
Ársmeðalhiti sjávar árin 2005-2009 var 5,6°C (5,2-5,9°C) á Vestfjörðum, þ.e.a.s. Tálknafirði, Skutulsfirði og Álftafirði. Á Austfjörðum þ.e.a.s. í Norðfirði og Stöðvarfirði var ársmeðaltal aðeins 4,4°C (3,9-4,8°C). Sjávarhiti á Vestfjörðum er því að meðaltali 1,2°C hærri en á Austfjörðum (mynd 4.2).

Yfir tímabilið 2005-2009 er árið 2005 kaldast (5,2°C) og árið 2007 heitast (5,9°C) á Vestfjörðum (mynd 4.2). Á Austfjörðum er árið 2005 einnig kaldast (4,1°C) en aftur á móti var árið 2009 það heitasta (4,8°C). Á árunum 2007 til 2009 hefur ársmeðaltal sjávarhita verið að hækka á Austfjörðum (Stöðvarfirði) en lækka á Vestfjörðum (mynd 4.2). Að vísu benda mælingar úr Skutulsfirði og Tálknafirði árið 2010 til að sjávarhiti sé aftur að hækka (kafla 4.3). Eldri gögn sýna að árið 2002 hafi verið svipað eða jafnvel kaldara en árið 2005 skv. mælingum í Álftafirði, Eyjafirði og Norðfirði (mynd 3.34, 3.42 og 3.48). Jafnframt sýna eldri mælingar í Eyjafirði og Norðfirði að árið 2003 hafi verið óvanalega heitt (mynd 3.42 og 3.48).

4.2 Mánaðarmeðaltöl eftir landsvæðum

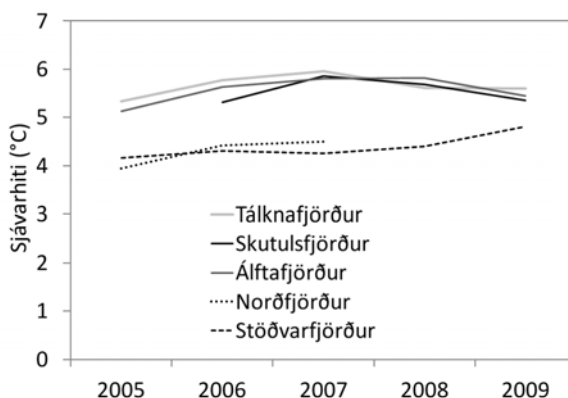
Í samanburði á mánaðarmeðaltölum sjávarhita á Vestfjörðum (Tálknafjörður), Norðurlandi (Eyjafjörður) og Austfjörðum (Stöðvarfirði) kemur fram að mestu sveiflur í sjávarhita eru í Tálknafirði. Yfir vetrarmánuðina er sjávarhiti lægstur í Tálknafirði og hæstur í Eyjafirði. Um sumarið er sjávarhiti hæstur í Tálknafirði en lægstur í Stöðvarfirði (mynd 4.3).

Stöðvarfjörður virðist vera afbrigðilegur um margt. Árstíðarsveiflan er minnst, með mjög lágan sjávarhita um sumarið en tiltölulega háan um veturinn (mynd 4.3). Hámarkshiti mælist í ágúst í Eyjafirði og Tálknafirði en ekki fyrr en í september í Stöðvarfirði. Sumarupphitunin í Stöðvarfirði er mun hægari sem sést af minni halla ferilsins yfir vor- og sumarmánuðina. Allir



Mynd 4.1. Meðaltals daggráður á 5 metra dýpi í Tálknafirði (2005-2009), Skutulsfirði (2006-2010), Álftafirði (2005-2009), Eyjafirði (2005, 2006, 2008, 2009), Norðfirði (2005-2007) og Stöðvarfirði (2005-2009).

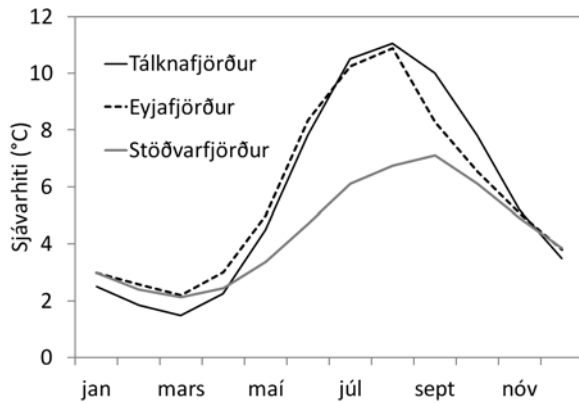
Figure 4.1. The average day-degrees at 5 meters depth in Tálknafjordur (2005-2009), Skutulsfjordur (2006-2010), Álftafjordur (2005-2009), Eyjafjordur (2005, 2006, 2008, 2009), Nordfjordur (2005-2007) and Stöðvarfjordur (2005-2009).



Mynd 4.2. Ársmeðaltal sjávarhita á 5 metra dýpi í Tálknafirði, Skutulsfirði og Álftafirði á Vestfjörðum og Norðfirði og Stöðvarfirði á Austfjörðum árin 2005-2009.

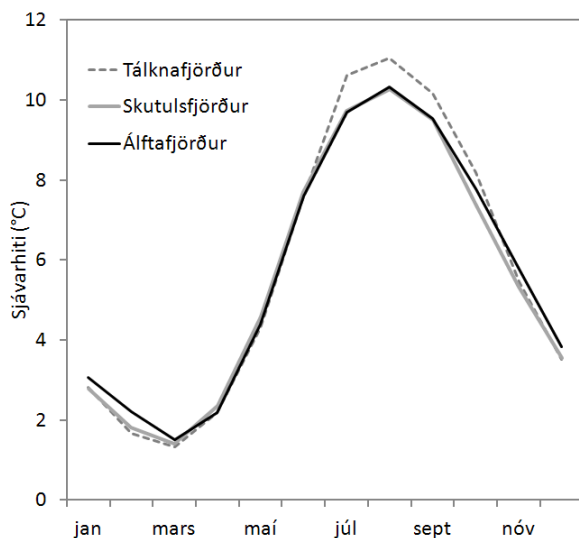
Figure 4.2. The yearly average sea temperature at 5 meters depth in Tálknafjordur, Skutulsfjordur and Álftafjordur on the West coast and in Norðfjordur and Stöðvarfjordur on the East coast in 2005-2009.

þessir þættir stafa af því að blöndun af völdum sjávarfallastrauma, sem eru kröftugri á Austfjörðum, er mikil og hindrar það að þunnt yfirborðslag myndist í firðinum. Upphitun að sumarlagi dreifist því yfir meira dýpi og hiti nær því ekki að hækka jafnmikið. Stöðvarfjörður er einnig frekar stuttur og blöndun við sjóinn úti fyrir er því tiltölulega mikil sem hindrar enn



Mynd 4.3. Meðalsjávarhiti á 5 metra dýpi eftir mánuðum í Tálknafirði (2005-2010), Eyjafirði (2005, 2006, 2008, 2009) og Stöðvarfirði (2005-2010).

Figure 4.3. The average temperature at 5 meters depth by months in Tálknafjordur (2005-2010), Eyjafjordur (2005, 2006, 2008, 2009) and Stöðvarfjörður (2005-2010).



Mynd 4.4. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum árin 2006-2009 í Tálknafirði, Skutulsfjörður og Álftafirði.

Figure 4.4. The average sea temperature by month in 2006-2009 in Tálknafjordur, Skutulsfjordur and Álftafjordur.

frekar að lagskipting myndist (Steingrímur Jónsson 1999b).

Mánaðarmeðaltöl á Vestfjörðum

Þegar borin eru saman mánaðarmeðaltöl árin 2006-2009 í Skutulsfirði og Álftafirði kemur í ljós að svipaður sjávarhiti var í fjörðunum á sumrin en aðeins lægri hiti um veturinn í

Skutulsfirði (mynd 4.4). Þessi munur um veturinn kann hugsanlega að einhverju leyti að stafa af því að stuðst er við sjávarhitamælingar Hafrannsóknastofnunarinnar við Hnífsdalsbryggju hluta af tveimur vetrum af fjörum en þær eru gerðar á minna dýpi. Aðrar ástæður geta einnig hugsanlega skýrt þennan mun eins og meiri landræn kæling í Skutulsfirði.

Töluvert meiri sveiflur eru í sjávarhita í Tálknafirði, sumarið er heitara og veturinn kaldari en í Skutulsfirði og Álftafirði. Ástæðan er líklega mismunandi upphitun og kólnun við snertingu við botninn (fjöruna). Í Breiðafirði eru fjörur 144 km² en aðeins 35 km² á Vestfjörðum (Agnar Ingólfsson 1975). Sjórinn hitnar á sumrin en kólnar á veturna þegar hann fer yfir fjörur í Breiðafirði áður en hann fer inn í Patreksfjörð og Tálknafjörð. Sjórinn berst síðan með straumum með Vestfjörðum til Álftafjarðar og Skutulsfjarðar þar sem addýpi er meira og landrænna áhrifa gætir minna og blandast hugsanlega einnig við sjó sem berst upp að ströndinni, hitar strandsjóinn á veturna og kælir á sumrin.

Frávik frá meðalhita hvers mánaðar

Það er vel þekkt að árferði í sjónum við Ísland getur verið mjög mismunandi milli tímabila (Unnsteinn Stefánsson 1969). Á árunum 2002-2010 voru töluverð frávik í mánaðarhita á milli ára. Hér er reiknað út frá mánaðarmeðaltali þeirra mánaða sem sjávarhitamælingar voru framkvæmdar. Við samanburð á milli svæða skal haft í huga að mælingarnar fóru ekki fram á sama tíma í öllum fjörðunum sem hefur áhrif á breytileika í mánaðarmeðaltölum. Árið 2002 var kalt og sjávarhiti undir meðallagi um veturinn og sumarið og það fer síðan að hlýna um haustið (mynd 4.5). Sjávarhiti var yfir meðallagi árið 2003 og í lok ársins 2004 byrjar að kólna aftur. Árið 2005 var kalt en um vorið var þó sjávarhiti yfir meðallagi á Vestfjörðum, en kaldast var seinnihluta ársins. Í Eyjafirði og Austfjörðum var sjávarhiti undir meðallagi flesta mánuði ársins. Eftir 2005 eru ekki eins skörp skil á milli heitra og kaltra ára. Árið 2006 var nær því að vera meðalár en töluverður breytileiki var á milli svæða. Á árinu 2007 var hlýtt á Vestfjörðum en nær því að vera meðalár á Austfjörðum. Næsta ár var sjávarhiti vel í meðallagi á Vestfjörðum, fyrrihluti ársins var þó tiltölulega kaldur en það hlýnaði seinnihluta ársins. Á árinu 2009 var sjávarhiti rétt undir meðallagi á Vestfjörðum en árið 2010 var heitt.

Í Stöðvarfirði er sjávarhiti flesta mánuði undir meðallagi árin 2006-2008 en síðan hitnar og sjávarhiti er yfir meðallagi flesta mánuði árin 2009-2010. Það er einnig áberandi að frávik í sjávarhita á milli mánaða er mun minna í Stöðvarfirði en í öðrum fjörðum. Það er í takt við niðurstöður fyrri mælinga (Steingrímur Jónsson 2004).

4.3 Áhrif veðurfars á sjávarhita

Samhengi ársmeðaltals lofthita og sjávarhita

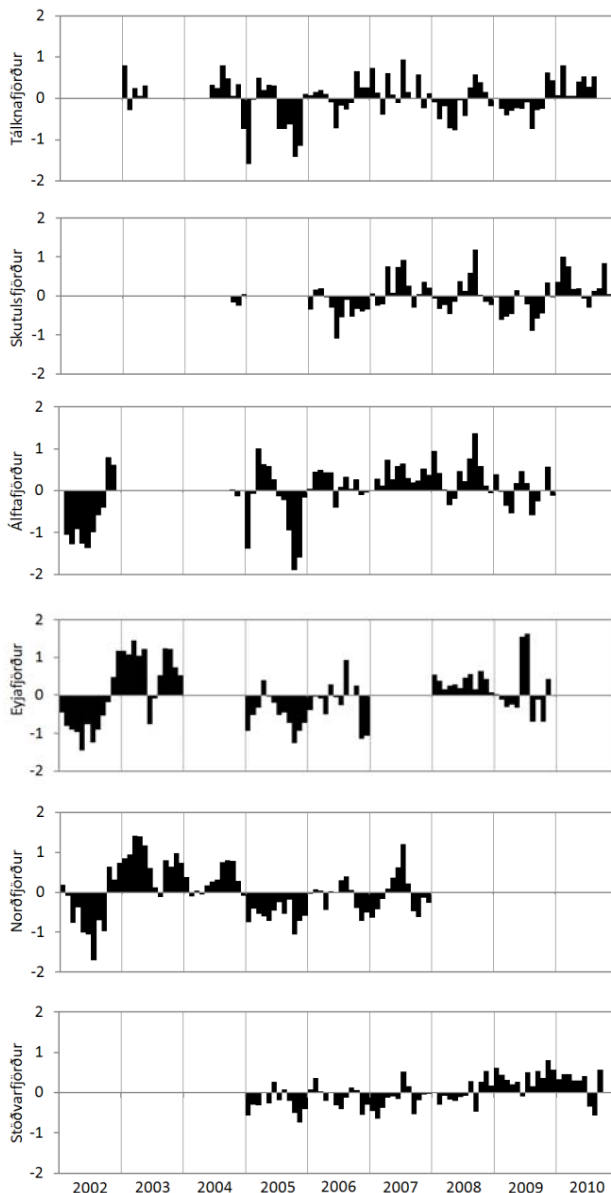
Mælingar á veðurathugunarstöðvum frá seinnihluta nítjándu aldar allt í kringum landið sýna að breytingar í sjávarhita eru í aðalatriðum svipaðar og í lofthita. Köld og hlý skeið eru að mestu hin sömu í báðum tilvikum (Trausti Jónsson 2003; Hanna o.fl. 2006).

Samræmi er í ársmeðalhita sjávar á 5 metra dýpi í Álftafirði og Skutulsfirði árin 2005-2010 og lofthita í Bolungarvík (mynd 4.6). Sama niðurstaða fæst einnig þegar borið er saman ársmeðaltal lofthita á Dalatanga og sjávarhita í Norðfirði þrátt fyrir að mælingar á sjávarhita væru teknar á 35 metra dýpi (mynd 4.7). Mikill munur var í lofthita og sjávarhita á milli landsvæða. Á Vestfjörðum var sjávarhiti að jafnaði $1,7^{\circ}\text{C}$ ($1,5-1,8^{\circ}\text{C}$) hærri í Álftafirði og $1,5^{\circ}\text{C}$ ($1,2-1,8^{\circ}\text{C}$) í Skutulsfirði en lofthiti í Bolungarvík. Aftur á móti var sjávarhiti $0,1^{\circ}\text{C}$ (frá $0,1$ til $-0,4^{\circ}\text{C}$) lægri í Norðfirði en lofthiti á Dalatanga.

Mismunur í sjávarhita á milli ára í efri sjávarlögum er miklu meiri Norðanlands en sunnan og stafar fyrst og fremst af nálægð hafíss og pólsjávar (Unnsteinn Stefánsson 1999). Á síðustu árum hefur lítið orðið vart við hafis og þrátt fyrir að hann hafi komið inn á Vestfirði snemma á árinu 2007 voru áhrifin ekki meiri en það að sjávarhiti var sá hæsti á tímabilinu 2005-2009.

Árstímasveifla sjávarhita og lofthita

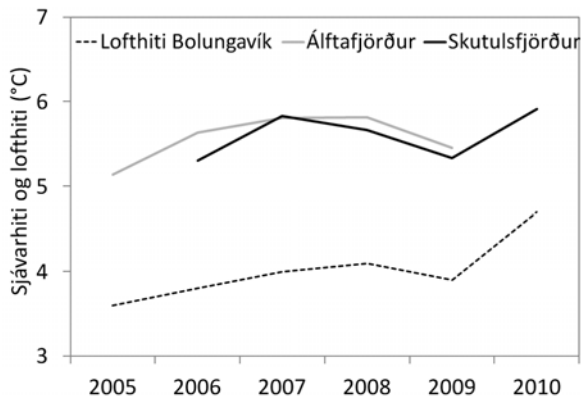
Árstíðasveiflan, þ.e.a.s. munurinn á hæsta og lægsta hita er meiri í lofti en sjó en einnig kemur fram fasamunur þannig að háværk og lágmörk hitans verða $0,5-1,5$ mánuðum seinna í sjó en lofti. Fasamunurinn eykst með vaxandi fjarlægð frá landi en er einnig nokkuð breytilegur eftir landshlutum (Unnsteinn Stefánsson 1999). Það er töluverður fasamunur á milli Vestfjarða og Aust-



Mynd 4.5. Frávik frá meðalhita hvers mánaðar í $^{\circ}\text{C}$.

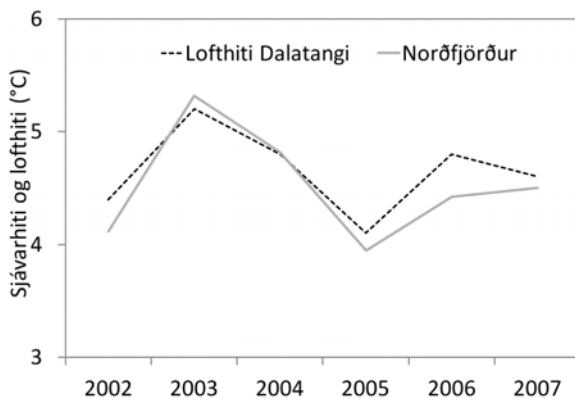
Figure 4.5. Temperature deviations ($^{\circ}\text{C}$) from the calendar month mean for the period 2002-2010.

fjarða (mynd 4.8 og mynd 4.9). Í Álftafirði hækkar sjávarhiti ört með hækkingu lofthita á vorin en hámarksjávarhiti næst þó ekki fyrr en um einum mánuði eftir að hámarkslofthita er náð (mynd 4.8). Sjórinn kólnar síðan mun hægar um haustið en andrúmsloftið. Í Stöðvarfirði hitnar sjórinn mun hægar en lofthiti og nær hámarki tæpum tveimur mánuðum seinna (mynd 4.9) væntanlega vegna meiri uppblöndunar á sjónum en í Álftafirði.



Mynd 4.6. Ársmeðaltal lofthita í Bolungarvík og sjávarhita á 5 metra dýpi í Álftafirði og Skutulsfirði (Gögn um lofthita frá Veðurstofu Íslands).

Figure 4.6. The yearly average of air temperature in Bolungarvík and sea temperature at 5 meters depth in Álftafjörður and Skutulsfjörður (Data on air temperature from the Icelandic Meteorological Office).

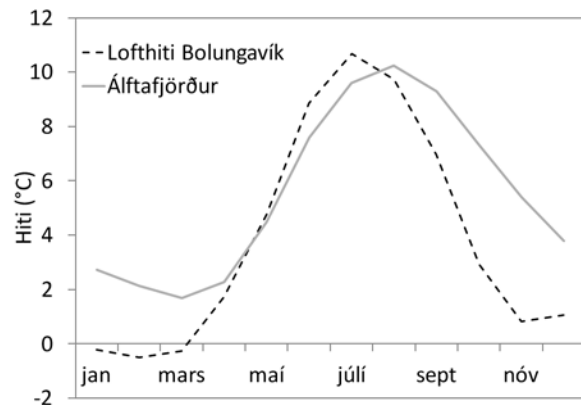


Mynd 4.7. Ársmeðaltal lofthita á Dalatanga og sjávarhita á 35 metra dýpi í Norðfirði (Gögn um lofthita frá Veðurstofu Íslands).

Figure 4.7. The yearly average of air temperature at Dalatangi and sea temperature at 35 meters depth in Norðfjörður (Data on air temperature from the Icelandic Meteorological Office).

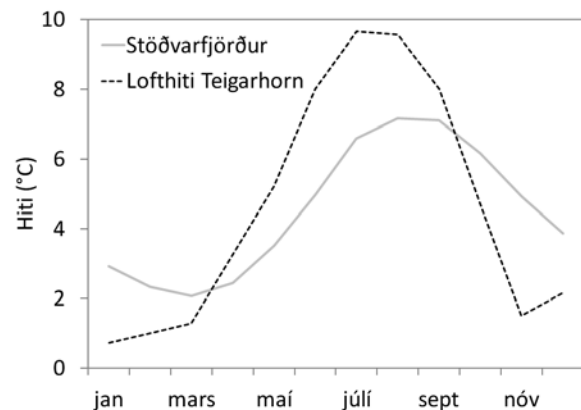
Lofthiti og dægursveiflur sjávarhita

Breytingar í lofthita geta haft veruleg áhrif á dægursveiflur í efstu lögum sjávar eins og fram kemur í mælingum í Skutulsfirði (kafla 3.3). Á heitum logndögum eða þegar vindar eru það litlir að hitaskiptalag brotnar ekki niður er yfirborðsjórinn heitari en sjórinn fyrir neðan. Um morguninn þann 16. mars myndaðist heitara yfirborðslag í Skutulsfirði sem hélst fram undir morgun þann 17. mars (mynd 4.10). Hitamunur á 5 og 15 metra dýpi var allt að 1,5°C en á



Mynd 4.8. Mánaðarmeðaltal lofthita í Bolungarvík og sjávarhita á 5 metra dýpi í Álftafirði á árunum 2005-2009 (Gögn um lofthita frá Veðurstofu Íslands).

Figure 4.8. The monthly average air temperatures at Bolungarvík and sea temperature at 5 meters depth in Álftafjörður, 2005-2009 (Data on air temperature from the Icelandic Meteorological Office).



Mynd 4.9. Mánaðarmeðaltal lofthita á Teigarhorni og sjávarhita í Stöðvarfirði á árunum 2005-2009 (Gögn um lofthita frá Veðurstofu Íslands).

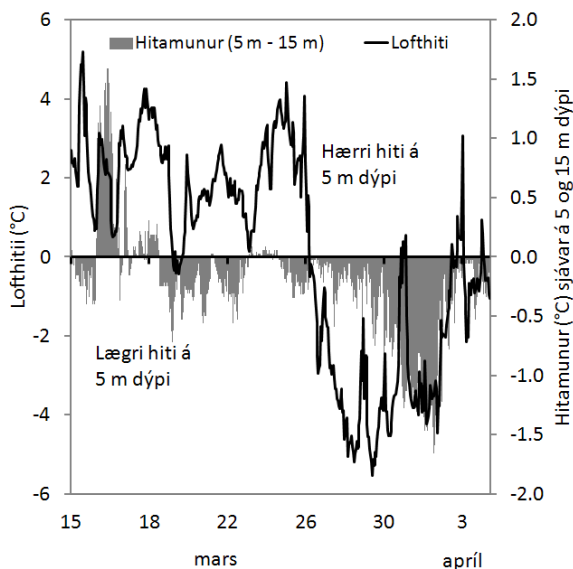
Figure 4.9. The monthly average air temperature at Teigarhorni and sea temperature in Stöðvarfjörður, 2005-2009. (Data on air temperature from the Icelandic Meteorological Office).

þessum tíma var lofthiti yfir 0°C. Aftur á móti um mánaðarmótin mars/apríl lækkar hiti í yfirborðslagi og var allt að 1,5°C kaldara á 5 metra dýpi samfara frostakafla.

4.4 Er sjávarhiti að hækka?

Hefur hitnað á síðustu áratugum?

Gögn frá Æðey, Eyjafirði og Stöðvarfirði benda til þess að hitastig sjávar hafi hækkað á tímabilinu 1990-2009 (myndir 4.11-4.13).



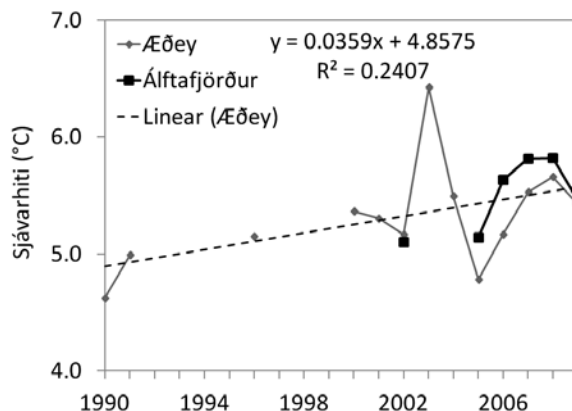
Mynd 4.10. Sjávarhiti á 5,2 og 15,2 metra dýpi og lofthiti yfir tímabilið 15. mars til 3. apríl 2010 við kvíar hjá Álfsfelli ehf. í Skutulsfirði.

Figure 4.10. Sea temperature at 5.2 and 15.2 meters depth (gray column) and air temperature (black line) over the period March 15 to April 3 2010 at Alfsefell farming area in Skutulsfjörður.

Línuleg aðhvarfsgreining gefur til kynna að frá árinu 1990 hafi sjór við Æðey að jafnaði hitnað á hverjum áratug um $0,35^{\circ}\text{C}$ (mynd 4.11), $0,63^{\circ}\text{C}$ í Eyjafirði (mynd 4.12) og $0,51^{\circ}\text{C}$ í Stöðvarfirði (mynd 4.13). Töluvert lægri upphitun í Æðey má e.t.v. skýra með því að fáar mælingar voru gerðar á tíunda áratugnum og inn í seríuna vantar tvö mjög köld ár (1993, 1995). Ef tekið er tillit til þessa er líklegt að sjávarhiti á Vestfjörðum, Norðurlandi og Austfjörðum hafi hækkað að jafnaði um u.þ.b. 1°C á síðustu tveimur áratugum. Í þessum útreikningum eru eingöngu notuð ár þar sem sjávarhitamælingar hafa verið gerðar allt árið. Þegar stuðst er við öll mánaðarmeðaltöl og reiknaður út mismunur í sjávarhita á tíunda (1990-1999) og fyrsta áratug (2000-2009) þessarar aldar hefur hann hækkað um $0,63^{\circ}\text{C}$ í Æðey, $0,87^{\circ}\text{C}$ í Eyjafirði og $0,76^{\circ}\text{C}$ í Stöðvarfirði.

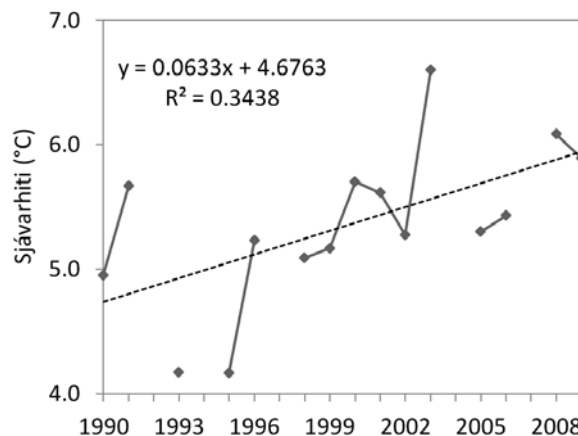
Á hvaða árstíma er mesta hækkunin?

Lofthiti í Stykkishólmi frá 1798 til 2007 hefur hækkað meira að vetrarlagi en sumarlagi (Halldór Björnsson o.fl. 2008). Þegar þetta samhengi er skoðað fyrir sjávarhita við Æðey, í Eyjafirði og Stöðvarfirði á milli tíunda (1990-1999) og fyrsta áratugar (2000-2009) þessarar aldar var hækkunin um vetrarmánuðina minni



Mynd 4.11. Línulega aðhvarfsgreining af ársmeðaltali sjávarhita við Æðey árin 1990-2009 og ársmeðaltal sjávarhita við eldiskvíar Hraðfrystihússins Gunnvarar hf. í Álftafirði árin 2005-2009.

Figure 4.11. Linear regression analysis of yearly average sea temperature at Æðey in 1990-2009 and yearly average sea temperature at HG farming area in Álftafjörður in years 2005-2009.



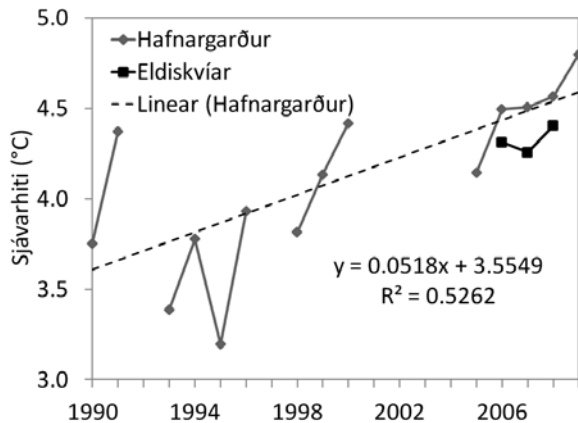
Mynd 4.12. Línuleg aðhvarfsgreining á ársmeðaltal sjávarhita í Eyjafirði árin 1990-2009. Byggt á sjávarhitamælingum Hafrannsóknastofnunarinnar við Hjalteyri og við eldiskvíar Brims fiskeldis ehf.

Figure 4.12. Linear regression analysis of the yearly average sea temperature in Eyjafjörður, 1990-2009. Based on data of sea temperature at Hjalteyri and Brim farming area.

en um sumarið (mynd 4.14). Það skal þó haft í huga að hér er um að ræða stutt tímabil og kunna niðurstöður að vera aðrar þegar tímaserían lengist.

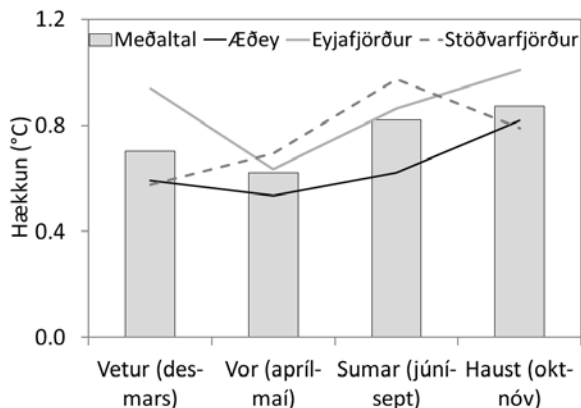
Hækkandi lofthiti

Í skýrslu vísindanefndar um áhrif loftslagbreytinga hér á landi kemur fram að hlýna muni um rúmlega $0,2$ gráður á áratug fram undir



Mynd 4.13. Línulega aðhvarfsgreining af ársmeðaltal sjávarhita við hafnargarð í Stöðvarfirði árin 1990-2009 og ársmeðaltal sjávarhita við eldiskvíar Þorskeldis ehf. árin 2006-2008.

Figure 4.13. Linear regression analysis of yearly average of sea temperature at the port in Stöðvarfjörður, 1990-2009 and the yearly average sea temperature in Thorskelði farming area in 2006-2008.



Mynd 4.14. Meðaltals hækkun sjávarhita á milli tíunda (1990-1999) og fyrsta (2000-2009) áratugar þessarar aldar í Aðey, Eyjafirði og Stöðvarfirði ásamt hækkun á einstökum stöðum um vetur (des.-mars), vor (apríl-mai), sumar (júní-sept.) og haust (okt.-nóv.).

Figure 4.14. The sea temperature rise during two decades (1990-1999 and 2000-2009) in Aðey, Eyjafjörður and Stöðvarfjörður with local rising in winter (December-March), spring (April-May), summer (June-September) and autumn (October-September).

miðja öldina (Halldór Björnsson o.fl. 2008). Þá muni hlýnunin nema 1°C en óvissumörk eru $\pm 1,1^{\circ}\text{C}$. Þrátt fyrir að óvissumörkin séu álíka mikil og hlýnunin, eru þó taldar yfirgnæfandi líkur á hlýnun. Líklegast er að hlýna muni mest að vetrarlagi en minnst á sumrin. Þessi munur

nemur að jafnaði um helmingi af hlýnuninni. Jafnframt er líklegt að kuldaköstum að vetri fækki en hitabylgjum að sumri fjölgi (Halldór Björnsson o.fl. 2008). Ef skoðuð er hlýnun á þremur veðurathugunarstöðvum á tímabilinu 1990-2009 kemur í ljós að það hefur hitnað meira á hverjum áratug eða $0,66^{\circ}\text{C}$ við Aðey (mynd 4.15), $0,43^{\circ}\text{C}$ á Akureyri (mynd 4.16) og $0,44^{\circ}\text{C}$ við Teigarhorn (mynd 4.17). Gott samræmi var á milli lofthita og sjávarhita á þessum árum. Þegar lofthiti er hár er sjávarhiti hár og sama gildir þegar lofthiti er lágur.

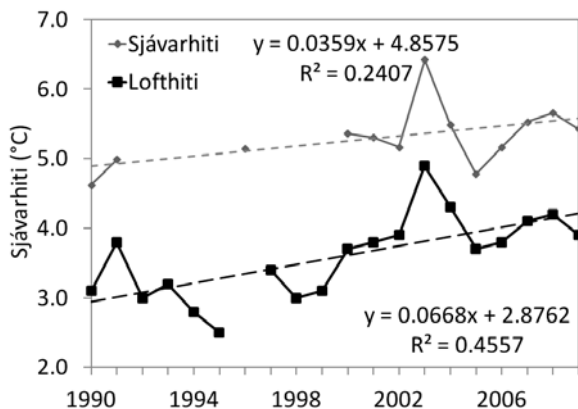
Hver er líkleg þróun í sjávarhita á næstu árum?

Talið er líklegt að hlýnun á Íslandi síðustu áratugi sé bæði vegna náttúrulegs breytileika (afturhvarf frá köldu tímabili) og hlýnunar vegna aukinna gróðurhúsaáhrifa. Á tímabilinu 1975-2008 hækkaði lofthiti á Íslandi um tæpar $0,35^{\circ}\text{C}$ á áratug (Halldór Björnsson o.fl. 2008) eða heldur minna en í Aðey, Akureyri og Teigarhorni fyrir styttra tímabil eða 1990-2009 (myndir 4.15-4.17). Ef þetta gengur eftir og sjávarhiti hækkar áfram samhliða hækkanði lofthita má gera ráð fyrir umtalsverðri hækkan á sjávarhita á næstu árum. Hvort hækkanin nemur $0,35$ - $0,63^{\circ}\text{C}$ á áratug eins og reyndin hefur verið í Ísafjarðardjúpi, Eyjafirði og Stöðvarfirði á tímabilinu 1990-2009 (myndir 4.11-4.13) eða rúmlega $0,2^{\circ}\text{C}$ eins og spáð er í skýrslu vísindanefndar um loftslagsbreytingar (Halldór Björnsson o.fl. 2008) mun tíminn einn leiða það í ljós. Það er þó talið afar ólíklegt að hlýnun á öldinni muni verða samfelld. Frekar að það muni skiptast á skeið mismikillar hlýnunar og kólnunar. Enn er ekki hægt að segja til um hvenær þessi tímabil ganga yfir (Halldór Björnsson 2008).

4.5 Sjávarhiti eftir dýpi

Lagskipting sjávar

Upp við ströndina fylgir sjávarhiti lofthita í öllum meginatriðum. Þegar veðurfar kólnar lækkar sjávarhiti, en í sumarhitum getur yfirborðssjórin hitnað verulega á aðfalli þegar hann fellur yfir heitt fjöruborðið. Í leysingum á vorin og um sumarið myndast ferskara yfirborðslag, sem hitnar og verður eðlisléttara en djúpsjórin. Við það skapast stöðugt ástand svo að blöndun í lóðréttu átt verður mjög lítil. Við þetta myndast svokallað hitaskiptalag en hitastig



Mynd 4.15. Línuleg aðhvarfsgreining á sjávarhita og lofthita við Æðey árin 1990-2009.

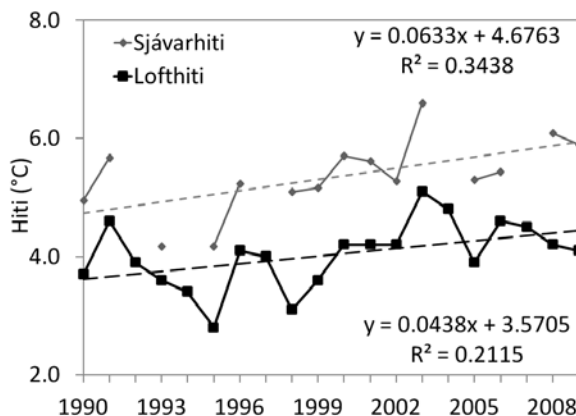
Figure 4.15. Linear regression analysis of sea and air temperature at Æðey the years 1990-2009.

ofan þessa lags er oft tiltölulega stöðugt sökum þess að hitageislunin frá sól og himni dreifist um það við blöndun af völdum vinda og bylgjuhreyfinga. Á haustin þegar yfirborðslagið kólnar, hækkar eðlisþyngd þess svo að það sekkur og blandast við sjóinn í dýpri lögum (Unnsteinn Stefánsson 1999).

Hvenær myndast lagskipting?

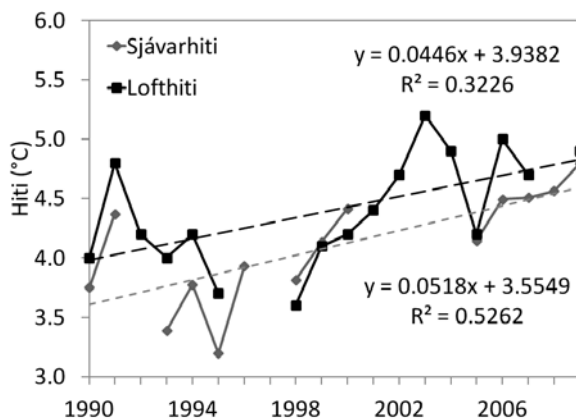
Gerðar hafa verið mælingar á sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi í Patreksfirði, Tálknafirði, og Skutulsfirði (mynd 4.18). Að öllu jöfnu er sjávarhitinn hærri á 12 metra dýpi yfir vetrarmánuðina. Um mánaðarmótin apríl/máí byrjar að myndast heitara yfirborðslag sem nær hámarki í júlí. Seinnihluta ágúst byrja hitaskilin að brotna niður og í september er sjávarhiti orðinn hærri á 12 metra dýpi.

Í Stöðvarfirði og Fáskrúðsfirði var mældur sjávarhiti á 5 og 30 metra dýpi (mynd 4.19). Sjórinn er heitari á 30 metra dýpi frá janúar fram í apríl en þá eru hitaskiptin orðin óstöðug í Fáskrúðsfirði og í maí hefur myndast heitara yfirborðslag í báðum fjörðunum. Lagskiptingin helst síðan fram undir mánaðarmótin október/nóvember nema í Stöðvarfirði árið 1995 en eftir lok ágúst var hann heitari þar á 30 metra dýpi. Ástæðan fyrir þessu er óljós en á þessum tíma var lofthiti nær meðaltali og þessi sveifla átti sér ekki stað í Fáskrúðsfirði. Í Álftafirði var sjávarhiti mældur á um 16 og 40 metra dýpi og þar myndaðist heitara yfirborðslag um miðjan maí sem brotnaði síðan ekki niður fyrr en í október (kaflí 3.4, mynd 3.36).



Mynd 4.16. Línuleg aðhvarfsgreining á sjávarhita við Hjalteyri og eldiskvíar Brims í Eyjafirði og lofthita á Akureyri árin 1990-2009.

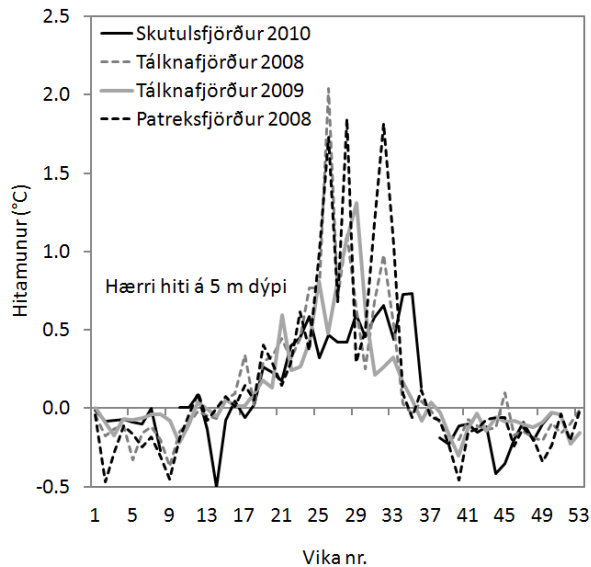
Figure 4.16. Linear regression analysis of the sea temperature at Hjalteyri and Brim farming area in Eyjafjörður and air temperature at Akureyri in the years 1990-2009.



Mynd 4.17. Línuleg aðhvarfsgreining á sjávarhita í Stöðvarfirði og lofthita við Teigarhorn árin 1990-2009.

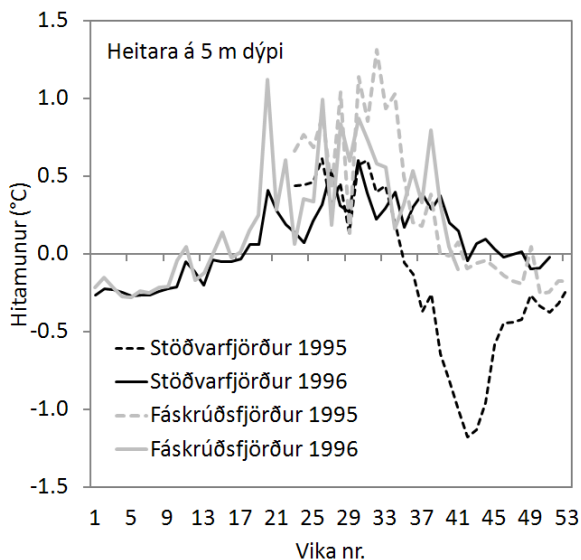
Figure 4.17. Linear regression analysis of the sea temperature in Stöðvarfjörður and air temperature at Teigarhorn the years 1990-2009.

Mælingar á meira dýpi í Eyjafirði og Ísafjarðardjúpi sýna að fyrst í maí myndast nokkurra metra yfirborðslag sem dýpkaði þegar líða tók á sumarið og í september-október á sér stað blöndun í sjónum og sjávarhiti verður svipaður niður við botn og upp í yfirborði (Steingrímur Jónsson 1996; Steingrímur Jónsson og Kristinn Guðmundsson 1994; Ólafur Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1992). Þetta gæti bent til að blöndun á sjónum verði seinna þar sem dýpi er meira.



Mynd 4.18. Munur á sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi við Hvaleyrir í Patreksfirði, við Laugardal í Tálknafirði og á eldissvæði Álfsells ehf. í Skutulsfirði.

Figure 4.18. The difference between sea temperature at 5 and 12 meters depth in the vicinity of Hvaleyrir in Patreksfjörður, Laugardal in Tálknafjörður and Álfsell farming area in Skutulsfjörður.



Mynd 4.19. Munur á sjávarhita á 5 og 30 metra dýpi innan við þorp í Stöðvarfirði og út af bænum Brimnesi í Fáskrúðsfirði árin 1995 og 1996.

Figure 4.19. The difference between sea temperature at 5 and 30 meters depth near the village of Stöðvarfjörður and in the vicinity of Brimnesi in Fáskrúðsfjörður in the years 1995 and 1996.

Hve mikill verður hitamunurinn?

Yfir vetrarmánuðina (nóvember-mars) er hitamunur tiltölulega lítill eftir dýpi. Í Patreksfirði, Tálknafirði, Skutulsfirði, Fáskrúðsfirði og Stöðvarfirði er að jafnaði $0,16^{\circ}\text{C}$ (frá $0,13$ til $0,24^{\circ}\text{C}$) kaldara á 5 metrum undir sjávaryfirborði en á meira dýpi (mynd 4.20). Um sumarið (júní-júlí) er sjávarhiti um $0,9^{\circ}\text{C}$ hærri á 5 metra dýpi í Patreksfirði og Tálknafirði og $0,7^{\circ}\text{C}$ heitari í Fáskrúðsfirði. Aftur á móti er hitamunur aðeins um $0,4^{\circ}\text{C}$ í Skutulsfirði og Stöðvarfirði og kann ástæðan hugsanlega að vera sú að firðirnir eru minni og opnari og blöndun í sjónum meiri. Í Álftafirði er aftur á móti hitamunur $3,2^{\circ}\text{C}$ en þar eru mælarnir staðsettir á mun meira dýpi (16–40 m). Þessar niðurstöður eru í takt við niðurstöður sjávarhitamælinga í Hópinu í Tálknafirði árið 2002 en þá var hitamunurinn 3°C í júlí og var mælt á 1,5 og 30 metra dýpi (kafla 3.2, mynd 3.18).

4.6 Dægursveiflur

Dægursveiflur í yfirborðslagi

Dægursveiflur í sjávarhita í efstu fimm metrum eru oft á bilinu $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ en stundum allt upp í 4°C . Miklar dægursveiflur eru t.d. áberandi á sumrin í Eskifirði (kafla 3.8, myndir 3.60 og 3.61), Eyjafirði (kafla 3.5, mynd 3.44) og Tálknafirði (kafla 3.2, mynd 3.19). Ýmsar ástæður geta verið fyrir dægursveiflum og gera má ráð fyrir að þær séu meiri eftir því sem flatarmál fjara er stærra. Á heitum dögum hitnar sjórinn þegar sjávarborð hækkar og á köldum dögum kólnar hann. Þessara áhrifa gætir þó mis mikið þar sem hæðarmunur flóðs og fjöru er allbreytilegur eftir landshlutum og þar með stærð fjara. Mestur er hann á Suður- og Vesturlandi, rúmlega 4 metrar á meðalstórstraumsfjöru, en minnstur á Norðaustur- og Austurlandi, tæplega $1\frac{1}{2}$ metri meðalstórstraumi (Unnsteinn Stefánsson 1999).

Miklar dægursveiflur í sjávarhita t.d. í Eskifirði (kafla 3.8, mynd 3.61) er varla hægt að skýra með upphitun eða kólnun þegar sjór hækkar þar sem lítill munur er á milli flóðs og fjöru. Þar er sennilega líklegri skýring mikið ferskvatnsafrennsli frá landi sem myndar seltulagskiptingu í sjónum. Sjávarfallastráumar valda miklum sjóskiptum í efstu lögum, fram og tilbaka og á tímabilum er því líklegt að mælirinn sé tímabundið í ferskara og heitara yfirborðslagi og þess á milli í kaldari sjó sem veldur miklum sveiflum í mældum sjávarhita. Fleiri skýringar

geta einnig verið á hitasveiflum s.s. uppstreymi á köldum sjó. Stöðugur vindur sem blæs frá landi leiðir fljótt til uppstreymis og stuðlar þannig að því að lóðrétt blöndun eigi sér stað. Þá getur sterkur vindur að meira og minna leyti brotið niður veikt hitaskiptalag (Unnsteinn Stefánsson 1981). Þegar vindar hafa áhrif á sjávarhita er líklegt að sveiflurnar séu lengri og óreglulegri.

Mismunandi dægursveiflur eftir árstíma

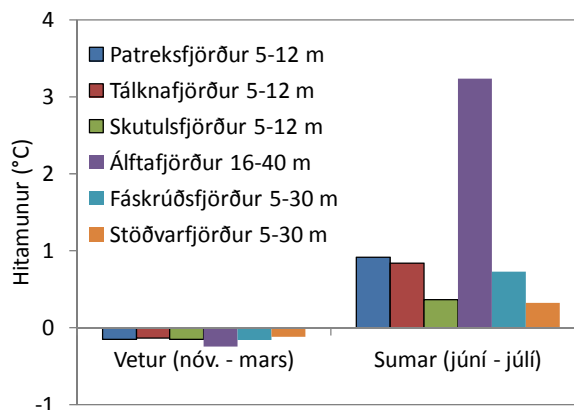
Dægursveiflur eru að jafnaði meiri á sumrin en veturna eins og fram kemur í mælingum þorskeldisfyrirtækja (kafla 3). Það má skýra út frá lagskiptingu sjávar. Á vorin og yfir sumarið myndast ferskara og heitara yfirborðslag. Sólin hitar yfirborðslagið og vindar blanda heitari yfirborðsjó niður að hitaskiptalagi. Kaldur vindur kæla aftur á móti yfirborðslagið og geta orðið miklar dægursveiflur þegar breytingar verða í veðri.

Á veturna og fyrri hluta vors er sjávarhiti aftur á móti jafnari í lóðréttu átt og verða áhrif vindsins því minni. Í nokkrum tilvikum er yfirborðslagið heitara en sjórinn fyrir neðan (kafla 3). Ein skýringin getur verið að á heitum logndögum myndast hitaskiptalag sem brotnar niður samfara kólnun og auknu vindálagi.

Frálandsvindur getur valdið lágum sjávarhita nálægt ströndinni að sumarlagi vegna uppstreymis af köldum sjó til yfirborðsins. Á veturna og fyrri hluta vors er sjávarhiti aftur á móti jafnari í lóðréttu átt og verða þá áhrif frálandsvinds minni (Unnsteinn Stefánsson 1999).

Dægursveiflur á 35-40 metra dýpi

Miklar dægursveiflur í sjávarhita geta verið á 35-40 metra dýpi eins og komið hefur fram í mælingum í Álftafirði (kafla 3.4, mynd 3.37) og Norðfirði (kafla 3.6, mynd 3.48) sérstaklega yfir sumarmánuðina. Í Álftafirði sveiflast sjávarhiti á 40 metra dýpi um 2°C á nokkrum klukkutímum. Í Norðfirði var sjávarhiti mældur daglega á 35 metra dýpi og þar gat hitinn sveiflast um allt að 2,5°C á milli daga eins og um miðjan júlí 2005. Skýringin kann hugsanlega að vera sú að sjávarhitamælirinn og sjóinntakið færast upp og niður á milli hitaskiptalags. Í mælingum á opnum svæðum hefur komið fram að hitaskiptalag myndast á u.þ.b. 20-25 metra dýpi á vorin en þegar líður á sumarið er algengt að það liggi lítið eitt dýpra, oft á 35-40 metrum (Unnsteinn Stefánsson 1999).



Mynd 4.20. Munur á sjávarhita eftir dýpi yfir vetrarmánuðina (nóvember-mars) og sumarið (júní-júlí) við Hvaleyri í Patreksfirði (2008), við Laugardal í Tálknafirði (2008), á eldissvæði Álfsfells ehf. í Skutulsfirði (2010), á eldissvæði Hraðfrystihússins Gunnvarar hf. í Álftafirði (2002), utan við Brimnes í Fáskrúðsfirði (1995) og rétt innan við þorpið í Stöðvarfirði (1995).

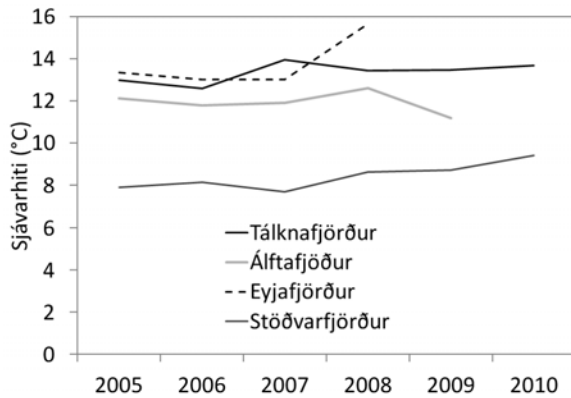
Figure 4.20. The difference in sea temperature according to depth in winter months (November-March) and summer (June-July) at Hvaleyri in Patreksfjörður (2008), Laugardal in Tálknafjörður (2008), Alfsfells farming area in Skutulsfjörður (2010), HG farming area in Álftafirði (2002), in vicinity Brimnes in Faskrúðsfjörður (1995) and near the village in Stöðvarfjörður (1995).

4.7 Hámarks og lágmarks sjávarhiti

Hámarkssjávarhiti

Mikill munur er á hámarkssjávarhita í Tálknafirði, Álftafirði, Eyjafirði og Stöðvarfirði á árunum 2005-2010 (mynd 4.21). Í Tálknafirði og Eyjafirði er algengt að hæsta sjávarhitastig sé 13-14°C, en hæst mælist sjávarhiti í Eyjafirði 15,6°C. Aftur á móti er hámarkssjávarhiti í Álftafirði oftast um 12°C og mun lægri í Stöðvarfirði eða 8-9°C.

Á Vestfjörðum (Tálknafirði, Skutulsfirði og Álftafirði) nær sjávarhiti hámarki í júlí og ágúst (mynd 4.22). Hámarkssjávarhiti mældist á tímabilinu 13. júlí til 9. ágúst. Í Eyjafirði mældist sjávarhiti hæstur í júlí og ágúst, þar af 60% tilfella í fyrstu viku ágúst. Á Austfjörðum (Norðfjörður og Stöðvarfjörður) mældist hæsti sjávarhiti frá 20. júlí til 21. september en algengast er að hámarkshiti mælist í september eða í 50% tilfella.



Mynd 4.21. Hámarkssjávarhiti í Tálknafirði, Álftafirði, Eyjafirði og Stöðvarfirði árin 2005-2010. Mælingarnar voru gerðar á 5 metra dýpi með síritamæli.

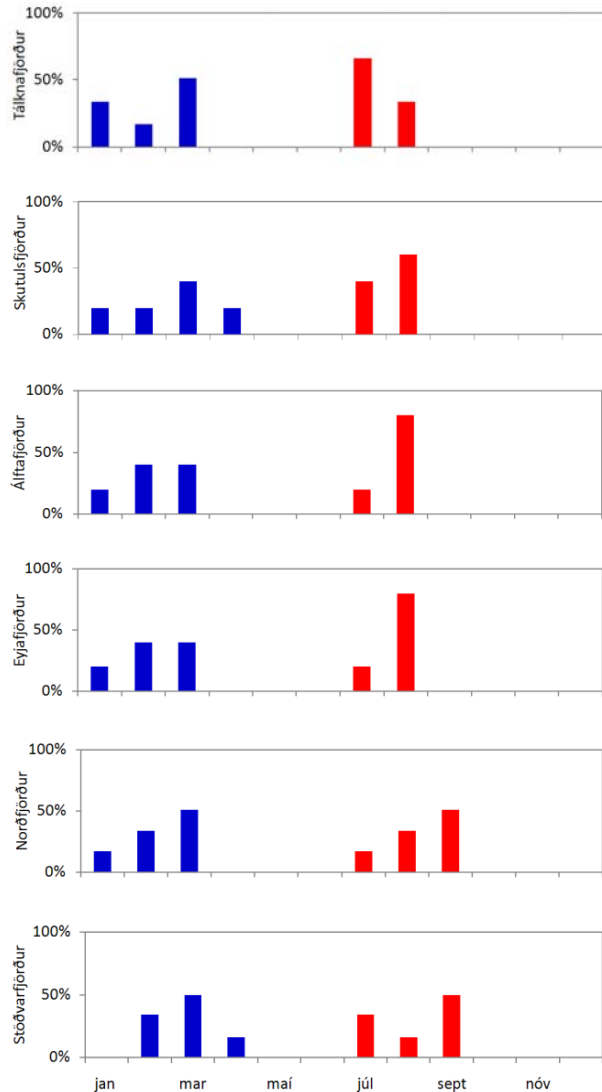
Figure 4.21. The maximum sea temperature in Tálknafjordur, Álftafjordur, Eyjafjordur and Stöðvarfjordur, 2005-2010. Measurements were made at 5 meters depth with thermometer.

Lágmarkssjávarhiti

Á Vestfjörðum (Tálknafirði og Álftafirði) mældist lágmarks sjávarhiti að jafnaði $0,65^{\circ}\text{C}$ ($0,1-1,1^{\circ}\text{C}$) á árunum 2005-2010 (mynd 4.23). Aftur á móti fór lágmarkssjávarhiti í Stöðvarfirði aldrei undir $1,3^{\circ}\text{C}$. Á árunum 2005-2010 voru aðeins að meðaltali tveir dagar á ári sem sjávarhiti mældist $1^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ í Stöðvarfirði. Þar mældist á árunum 1990-2000 $1^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ að meðaltali í um 50 daga á ári (Steingrímur Jónsson 2004).

Í Eyjafirði var lágmarkssjávarhiti á árunum 2005-2008 að jafnaði $0,8^{\circ}\text{C}$ ($0,4-1,1^{\circ}\text{C}$) (mynd 4.23). Mun kaldara var á árunum 1990-2000 og mældist dagsmeðaltal lágmarkssjávarhita við $0^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ að meðaltali rúmlega tíu daga á ári (Steingrímur Jónsson 2004). Aftur á móti fór dagsmeðaltal lágmarkssjávarhita aldrei undir $0,6^{\circ}\text{C}$ á árunum 2005-2008.

Í Álftafirði var lágmarkssjávarhiti allt frá $0,4^{\circ}\text{C}$ upp í $1,1^{\circ}\text{C}$ á árunum 2005-2009. Það eru þó til mælingar sem sýna lágmarkssjávarhita niður í $-0,6^{\circ}\text{C}$ árið 2002 (kafla 3.4, mynd 3.38). Lágmarks dagsmeðaltal sjávarhita hefur hækkað mikið á síðustu tveimur áratugum við Æðey. Á árunum 1988-1999 var sjávarhitinn yfirleitt undir 0°C en yfir 0°C á fyrsta áratugi þessarar aldar (mynd 4.24). Til samanburðar er lágmark dagsmeðaltal sjávarhita í Álftafirði alltaf hærra en við Æðey enda mælingarnar teknar á meira dýpi. Í eldri mælingum frá 1969-1979 í Ísa-fjarðardjúpi var komist að þeirri niðurstöðu að



Mynd 4.22. Tíðni hámarkshita (rauðar súlur) og lágmarkshita (bláar súlur) eftir mánuðum í Tálknafirði (2005-2010), Skutulsfirði (2006-2010, Álftafirði (2002, 2005-2009), Eyjafirði (2002, 2005-2008), Norðfirði (2002-2007) og Stöðvarfirði (2005-2010).

Figure 4.22. The frequency of the maximum (red) and minimum temperature (blue bars) by month in Tálknafjordur (2005-2010), Skutulsfjordur (2006-2010, Álftafjordur (2002, 2005-2009), Eyjafjordur (2002, 2005-2008), Norðfjordur (2002 - 2007) and Stöðvarfjordur (2005-2010).

upp við land í fjörðum sem ganga inn úr djúpinu muni lágmarkshiti vetrar vart vera meiri en 0°C og jafnvel öllu lægri (Unnsteinn Stefánsson 1982).

Lágmarkssjávarhiti hefur mælst allt frá miðjum janúar fram í fyrstu viku apríl (mynd 4.22). Hér er miðað við sjávarhitamælingar sem framkvæmdar voru á Vestfjörðum (Tálknafirði,

Skutulsfirði og Álftafirði), Eyjafirði og Austfjörðum (Norðfirði og Stöðvarfirði) á fyrsta áratugi þessarar aldar. Algengast var að lágmarks sjávarhiti mældist í febrúar og mars eða í 73% tilfella.

4.8 Sjávarhiti og velferð fiska

Afföll á fiski og sjávarhiti

Á niunda áratugnum drapst eldisfiskur í sjókvíum vegna sjávarkulda (Valdimar Ingi Gunnarsson 2007). Erlendar rannsóknir sýna að þorskur getur myndað frostlög og komið hefur í ljós að hann þolir allt að $-1,7^{\circ}\text{C}$ sem er mjög nálægt frostmarki fullsalts sjávar (Fletcher o.fl. 1987, 1997). Skilyrði fyrir því er að þorskurinn komist ekki í snertingu við ískristalla sem er að finna í yfirborði sjávar.

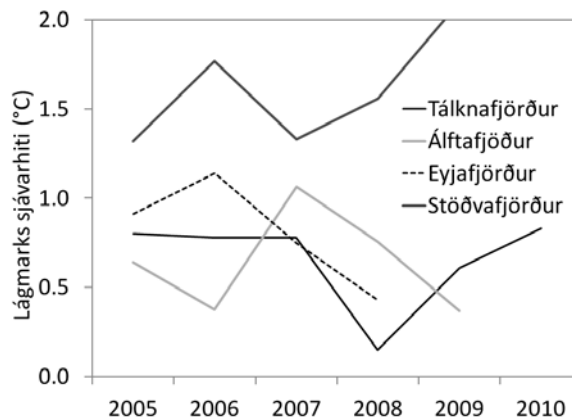
Í áframeldi á þorski hafa afföll aukist seinni hluta sumars á Vestfjörðum, þegar sjávarhiti er hæstur, í tengslum við aukna tíðni fisksjúkdóma (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2010). Á Stöðvarfirði þar sem hámarkssjávarhiti er lægri eru afföll á þorski mun minni.

Líkur á afföllum vegna sjávarkulda hafa minnkað

Lægsti sjávarhiti sem mældur hefur verið á vegum fyrirtækja í þorskeldiskvótaverkefninu er $-0,6^{\circ}\text{C}$ á 16 metra dýpi í Álftafirði árið 2002 (kafla 3.4, mynd 3.38) og $-0,5^{\circ}\text{C}$ á 5 metra dýpi í Patreksfirði árið 2005 (kafla 3.1, mynd 3.9). Hér er um að ræða hærri sjávarhita en mældur var seinni hluta síðustu aldar (kafla 4.7). Sennilega er lítil ástæða til að óttast að þorskur drepist vegna sjávarkulda í kvíum sem eru staðsettar í dýpri fjörðum. Þessi hættu er þó frekar til staðar í mjög grunnum fjörðum þar sem aðgengi að úthafi er takmarkað (Steingrímur Jónsson 2004).

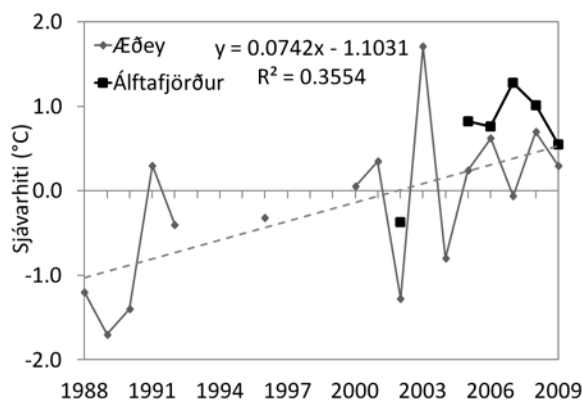
Líkur á afföllum vegna sjávarhita hafa aukist

Á undanförunum árum og áratugum hefur sjávarhitinn verið að aukast en erfitt er að spá um hvað gerist næstu árin og áratuginu, þar sem náttúrulegur breytileiki er mjög mikill. Það er þekkt að tíðni sjúkdóma eykst með hækkandi sjávarhita. Eldisfiskur er að öllu jöfnu varinn fyrir helstu sjúkdómavöldum með bólusetningu. Villtur þorskur sem tekinn er í áframeldi hefur hvorki verið bólusettur né lyfjafóðraður. Það eru því líkur á að afföll á áframeldisþorski muni aukast á næstu árum ef sjávarhiti hækkar að ein-



Mynd 4.23. Lágmarkssjávarhiti í Tálknafirði, Álftafirði, Eyjafirði og Stöðvarfirði árin 2005-2010. Mælingarnar voru gerðar á 5 metra dýpi með síritamæli.

Figure 4.23. The minimum sea temperature in Tálknafjordur, Álftafjordur, Eyjafjordur and Stöðvafjordur, 2005-2010. Measurements were made at 5 meters depth with a thermometer.



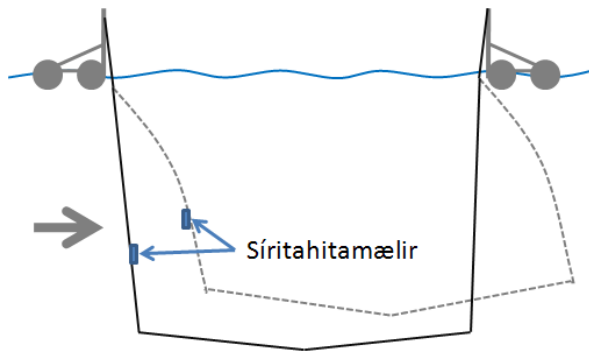
Mynd 4.24. Línuleg aðhvarfsgreining fyrir lágmarks dagsmeðaltal sjávarhita við Æðey árin 1988-2009 og lágmarks sjávarhita í Álftafirði árin 2005-2009.

Figure 4.24. Linear regression analysis of the minimum daily average sea temperature at Æðey 1988-2009 and the minimum sea temperature in Álftafjordur 2005-2009.

hverju marki sérstaklega á þeim svæðum þar sem hitinn fer hæst upp seinni hluta sumars.

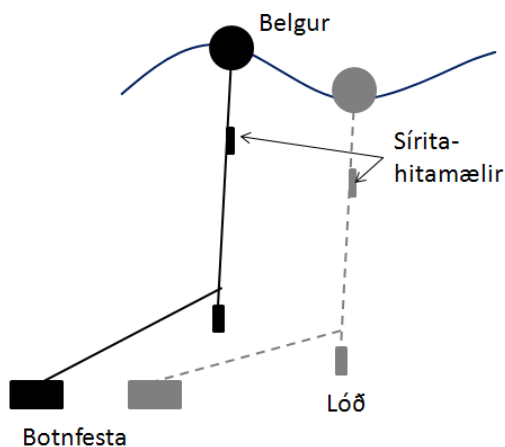
Lagskipting sjávar og eldistækni

Sjávarhiti í efstu lögum endurspeglar að stórum hluta lofthita á svæðinu. Að öllu jöfnu er yfirborðslagið kaldara á veturna og heitara á sumrin. Ef fiskurinn er alinn í grunnum eldiskvíum geta sveiflur í sjávarhita haft veruleg áhrif á velferð hans og hugsanlega aukið afföll. Með því að halda fiskinum á 10 metra dýpi og



Mynd 4.25. Áhrif strauma á netpokann og dýpis sem sírítahitamælir er undir sjávaryfirborði.

Figure 4.25. The effect of currents on thermometer depth under the sea surface.



Mynd 4.26. Áhrif öldu á staðsetningu síritamælis sem festur er í bauju.

Figure 4.26. The effects of a wave on the depth of a thermometer attached to a buoy.

neðar er hægt að forðast mestu sjávarhita-sveiflumnar. Jafnframt er hægt að koma í veg fyrir að ískristallar sem eru eðlisléttari en sjórinn berist með umróti niður að fiskinum. Í dag eru sjókvíar orðnar stærri og dýpri en þær voru hér áður fyrr og hefur fiskurinn því möguleika á að hörfa frá yfirborðslaginu niður á meira dýpi. Til að koma í veg fyrir afföll vegna sjávarkulda eða sjávarhita er fiskurinn ekki fôðraður eða meðhöndlaður á meðan aðstæður eru óhagstæðar. Ef fiskurinn er fôðraður við slíkar aðstæður þarf að fôðra hann niðri í kvinni t.d. er hægt að sökkva fôðurröri nokkra metra undir sjávaryfirborð. Önnur leið er að nota sökkvanlegar kvíar en þá er auðvelt að stjórna staðsetningu fisksins hverju sinni og velja dýpi sem tryggir best velferð hans og hámarka jafnframt vöxt.

4.9 Staðsetning mælis og nákvæmi mælinga

Nákvæmni mælinga

Á vegum þorskeldisfyrirtækja hafa verið notaðar nokkrar gerðir af sírítahitamælum. Algengastur er Starmon hitamælir frá Stjörnuodda sem er mjög nákvæmur með $\pm 0,05^\circ\text{C}$ frávik. Aðrir sírítahitamælir eru með meira frávik eða yfirleitt $\pm 0,2^\circ\text{C}$. Nákvæmni handhitamæla eða mæla í bátum er mjög mismunandi. Til að meta nákvæmni þeirra hafa niðurstöður verið bornar saman við mælingar úr sírítahitamæli. Einguöngu hefur verið stuðst við mælingar úr handhitamælum þegar gott samræmi var við sírítahitamæli.

Staðsetning mælis

Í festum tilvikum er síritamælirinn hjá þorskeldisfyrirtækjum festur í netpokann á um 5 metra dýpi. Straumar og öldur geta haft veruleg áhrif á stöðu mælisins eða hve marga metra hann er undir yfirborði sjávar (mynd 4.25). Í miklum straumum leggst netpokinn undan og getur lyft sírítahitamæli tímabundið upp um einn eða fleiri metra sérstaklega þegar lítil þynging er neðst í pokanum. Þegar sírítahitamælir er t.d. á um 5 metra dýpi getur mismikill straumur yfir sólarhringinn lyft mælinum yfir og undir hitaskiptalagið sem kemur þá m.a. fram í dægursveiflum í sjávarhita.

Í sumum tilvikum hafa þorskeldisfyrirtækin notað bauju sem sírítahitamælirinn er festur við á ákveðnu dýpi (mynd 4.26). Þegar straumar eru miklir er hættu á að mælir færist niður á við sérstaklega þegar flot í bauju er það lítið að það sekkur undir sjávaryfirborð. Í þeim tilvikum sem baujan er staðsett á opnu svæði þar sem ölduhæð er mikil getur staða mælisins breyst mikið allt eftir því hvort belgur er á öldutopp eða í öldudal.

Við staðsetningu síritamæla á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar er miðað við að mælarnir séu á um 1,5 metra undir stórstraumsfjöru. Staðsetning mælanna er því mjög breytileg eftir landshlutum þar sem mikill munur getur verið milli flóðs og fjöru. Á Ísafirði sveiflast t.d. lægsta og hæsta staða mælisins um 3,2 metra í meðalstórstraumsfjöru en aðeins 1,2 metra á Seyðisfirði (Unnsteinn Stefánsson 1999).

Skiptir máli á hvaða dýpi sjávarhiti er mældur?

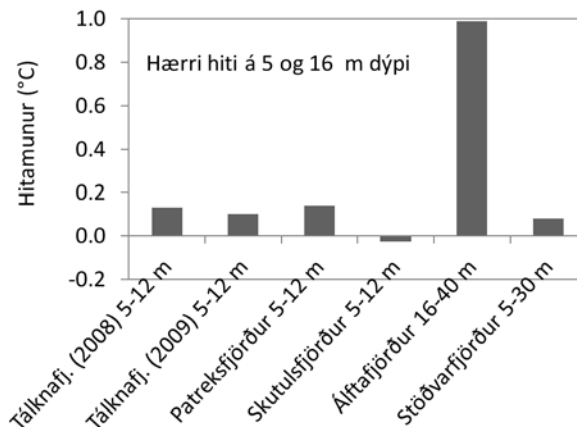
Í Patreks-, Tálkna- og Skutulsfirði er mjög lítil munur á ársmeðaltali sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi eða innan við $0,15^{\circ}\text{C}$ (mynd 4.27). Niðurstöður sjávarhitamælinga í Skutulsfirði á 0,2, 5,2, 7,7, 10,2, 12,7 og 15,2 metra dýpi árið 2010 sýna að mesti munur í ársmeðaltali er $0,23^{\circ}\text{C}$. Hæstur var sjávarhitinn á 0,2 metra dýpi en lægstur á 15,2 metra dýpi. Gera má ráð fyrir meiri mun eftir auknu dýpi en einu mælingarnar sem ná yfir allt árið á Vestfjörðum eru úr Álftafirði frá árinu 2002 (mynd 4.27). Þar var sjávarhiti mældur á 16 og 40 metra dýpi og reyndist ársmeðaltalið vera um einni gráðu herra á 16 metra dýpi. Þetta ár var óvanalega kalt í sjónum og er hugsanlegt að niðurstöður séu aðrar í meðal eða góðu árferði. Í Stöðvarfirði þar sem mælingarnar fóru fram á 5 og 30 metra dýpi var munur á ársmeðaltali sjávarhita aðeins $0,08^{\circ}\text{C}$. Líkleg skýring er meiri blöndun sjávar á Austfjörðum en Vestfjörðum.

Þegar miðað er við ákveðinn árstíma er munurinn í sjávarhita mun meiri eftir dýpi en þegar miðað er við heilt ár eins og gert er í samanburðinum hér að ofan. Þá má gera ráð fyrir að mælingar við sjávaryfirborð gefi hærri meðalhita á sumrin en lægri á veturna en á meira dýpi (kafla 4.5).

Sjávarhitamælingar á mismunandi dýpi hafa mikil áhrif á niðurstöður hámarks- og lágmarks-hita. Ef mælirinn er nálægt yfirborði mælist tiltölulega hár sjávarhiti um sumarið en lágur hiti um veturna. Þessu er öfugt farið þegar mælingin er gerð á meira dýpi eða neðan hita-skiptalagsins (mynd 4.28).

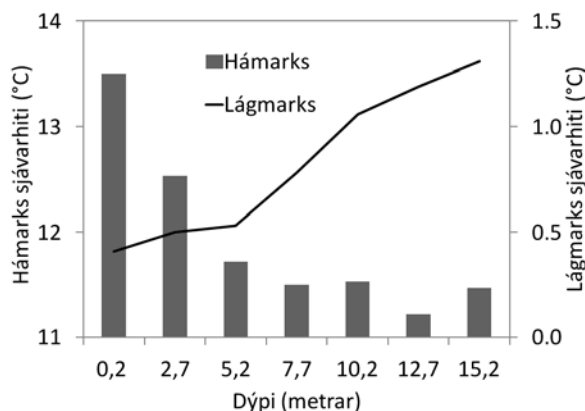
Skiptir máli hvar í firðinum sjávarhiti er mældur?

Í Patreksfirði voru sjávarhitamælingar framkvæmdar árið 2005 við Hvalsker innarlega í firðinum og utan við höfnina en þar á milli eru um 10 km. Árið 2008 voru mælingarnar gerðar við Hlaðeyri og Þúfneyri en þar á milli eru um 8 km (mynd 4.29). Þegar miðað er við ársmeðaltal sjávarhita er munurinn lítil eða aðeins $0,05^{\circ}\text{C}$. Í Tálknafirði var sjávarhiti mældur árið 2005 við Suðureyri og í Hópinu en á milli þessara mælistaða eru um 5 km. Þar var munurinn aðeins meiri en í Patreksfirði eða $0,1^{\circ}\text{C}$ en samt mjög lítil. Í Álftafirði var sjávarhiti mældur innan og utan við Langeyrina árin 2006-2009 en



Mynd 4.27. Munur á ársmeðalhita sjávar eftir dýpi í Patreksfirði (2008), Tálknafirði (2008 og 2009), Skutulsfirði (2010), Álftafirði (2002) og Stöðvarfirði (1996).

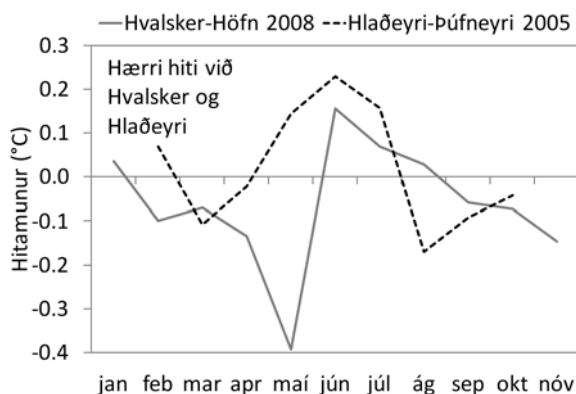
Figure 4.27. The difference between yearly average sea temperature by depth in Patreksfjörður (2008), Tálknafjörður (2008 and 2009), Skutulsfjörður (2010), Álftafjörður (2002) and Stöðvarfjörður (1996).



Mynd 4.28. Munur á hámarks og lágmarks sjávarhita eftir dýpi. Mælingarnar voru framkvæmdar á eldis-svæði Álfsfells í Skutulsfirði árið 2010 með siritahita-mæli.

Figure 4.28. The difference between the maximum and minimum sea temperature by depth in 2010. The measurements were performed with thermometers in Álfsfell farming area in Skutulsfjörður.

þar á milli eru um 1,5 km. Það var að jafnaði $0,08^{\circ}\text{C}$ heitara innan við Langeyrina þessi ár. Þessar mælingar benda til að mikil blöndun sé innan sama fjarðar og ekki þörf á því að hafa fleiri en einn mæli a.m.k. í minni fjörðunum. Aftur á móti ef mælingin er framkvæmd yfir stutt tímabil eins og t.d. yfir sumarmánuðina innst inn í firðinum þar sem lagskipting er



Mynd 4.29. Munur á sjávarhita eftir svæðum innst (Hvalsker, Hlaðeyri) og utarlega (Höfn, Þúfneyri) í Patreksfirði. Mælingarnar gerðar með síritamæli á 5 metra dýpi.

Figure 4.29. The differences in sea temperature in the inner part of Patreksfjörður (Hvalsker and Hlaðeyri) and outer part of the fjord (Höfn and Þúfneyri). Measurements made with thermometers at 5 meters depth.

stöðug og utarlega í firðinum fyrir opnu hafi má vænta þess að meiri munur geti verið á niðurstöðum. Munurinn er þó ekki mikill í Patreksfirði mest $0,23^{\circ}\text{C}$ í júní og er þá miðað við mánaðarmeðaltal (mynd 4.29). Niðurstöður eldri mælinga inni í fjörðum og í nokkurra sjómíla fjarlægð frá landi sýna í meginatriðum að á veturna er hitinn uppi við land $0,5\text{--}1,0^{\circ}\text{C}$ lægri en $0,5\text{--}1,0^{\circ}\text{C}$ hærra á sumrin (Unnsteinn Stefánsson 1982).

5. HEIMILDIR

Agnar Ingólfsson 1975. Lífríki fjörunnar. *Rit Landverndar* 4: 61-99.

Einar Sveinbjörnsson, Guðmundur Hafsteinsson, Hreinn Hjartarson, Kristín Hermannsdóttir, Trausti Jónsson & Þórður Arason 2007. Veðurathuganir á Íslandi – Staða og nánasta framtíð. Skýrsla Veðurathugunarteymis 2006. *Greinagerð 07001*. Veðurstofa Íslands. 34 bls.

Fletcher, G.L., King, M.J. & Kao, M.H. 1987. Low temperature regulation of antifreeze glycopeptides levels in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Zoology* 65: 227-233.

Fletcher, G.L., Wroblewski, J.S., Hickey, M.M.,

Blanchard, B., Kao, M.H. & Goddard, S.V. 1997. Freezing resistance of caged Atlantic cod (*Gadus morhua*) during a Newfoundland winter. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(Suppl. 1): 94-98.

Halldór Björnsson 2008. Gróðurhúsaáhrif og loftslagsbreytingar. Hið íslenska bókmenntafélag. 155 bls.

Halldór Björnsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir, Anna K. Daníelsdóttir, Árni Snorrason, Bjarni D. Sigurðsson, Einar Sveinbjörnsson, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Snorri Baldursson, Sólveig Þorvaldsdóttir & Trausti Jónsson 2008. Hnattrænar loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi – Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar. Umhverfissráðuneytið. 118 bls.

Hanna, E., Trausti Jónsson, Jón Ólafsson & Héðinn Valdimarsson 2006. Icelandic Coastal Sea Surface Temperature Records Constructed: Putting the Pulse on Air–Sea–Climate Interactions in the Northern North Atlantic. Part I: Comparison with HadISST1 Open-Ocean Surface Temperatures and Preliminary Analysis of Long-Term Patterns and Anomalies of SSTs around Iceland. *Journal of Climate* 19(21): 5652-5666.

Héðinn Valdimarsson, Höskuldur Björnsson & Kristinn Guðmundsson 2005. Breytingar á ástandi sjávar á Íslandsmiðum og áhrif þeirra á lífríkið. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* nr. 116: 23-28.

Héðinn Valdimarsson, Ólafur Ástþórsson & Jónbjörn Pálsson 2012. Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species. *ICES Journal of Marine Science* (accepted).

Hátún, H., Sandø, A. B., Drange, H., Hansen, B & Héðinn Valdimarsson 2005. De-stabilization of the North Atlantic thermohaline circulation by a gyre mode. *Science* 309: 1841-1844.

Hreiðar Þór Valtýsson & Steingrímur Jónsson 2000. Sjór og sjávarlíf. Í, Bragi Guðmundsson (ritstj.). *Líf í Eyjafirði*. Rannsóknastofnun Háskólans á Akureyri. bls. 123- 168.

Jóhannes Briem 2001. Hita- og straummælingar í Norðfirði í spetember 2000 og janúar 2001. Hafrannsóknastofnunin 2/2001.

Ólafur S. Ástþórsson & Ástþór Gíslason 1992. Investigation on the ecology of the zooplankton community in Ísafjörðurdeep,

- northwest Iceland. *Sarsia* 77: 225-236.
- Sigurður Guðmundsson, Árný Sveinbjörnsdóttir, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Jón Ólafsson, Stefán Ólafsson, Tómas Jóhannesson & Trausti Jónsson 2000. Veðurfarsbreytingar og afleiðingar þeirra. Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar. Umhverfísráðuneytið, 34 bls.
- Sigurjón Rist 1990. *Vatns er þörf*. Reykjavík. Bókaútgáfa Menningarsjóðs. 248 bls.
- Stefán S. Kristmannsson 1989. Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1987–1988. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 17: 1-102.
- Stefán S. Kristmannsson 1991. Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1989–1990. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 24: 1-105.
- Steingrímur Jónsson 1996. Ecology of Eyjafjörður project: Physical parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992–August 1993. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 48: 1-160.
- Steingrímur Jónsson 1999a. Temperature time series from Icelandic coastal stations. *Rit Fiskideildar* 16: 59-68.
- Steingrímur Jónsson 1999b. Könnun á sjávarhita með tilliti til fiskeldis. *Stafnbúi* 7: 25-30.
- Steingrímur Jónsson 2001. Hitafar við strendur Íslands með tilliti til fiskeldis. *Ægir* 94: 30-33.
- Steingrímur Jónsson 2004. Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við strendur Íslands. Í, Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.). Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 111: 9-20.
- Steingrímur Jónsson & Kristinn Guðmundsson 1994. An interdisciplinary study of Eyjafjörður, North Iceland. ICES C.M. 1994/L:24. 13 p.
- Trausti Jónsson 2003. Langtímasveiflur III - Sjávarhiti. Veðurstofa Íslands. *Greinargerð* 03013. 15 bls.
- Unnsteinn Stefánsson 1969. Sjávarhiti á siglingaleið umhverfis Ísland. Í, Markús Á. Einarsson (ritstj.). *Hafsinn*. Almenna bókafélagið. Reykjavík. bls. 131- 149.
- Unnsteinn Stefánsson 1970. Sjávarhiti og selta á nokkrum stöðum við strendur Íslands áratuginn 1960-1969. *Hafrannsóknir* 2: 9-22.
- Unnsteinn Stefánsson 1982. Sjávarhiti við strendur Íslands. Óbirt handrit. Skýrsla nefndar um fiskeldismál.
- Unsteinn Stefánsson 1999. *Hafið*. Háskólaútgáfan. 480 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson 2007. Reynsla af sjókvíaeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 136. 52 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson & Karl Gunnarsson 2007. Umhverfismál og eldistækni. Í, Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstjóri). *Staða þorskeldis á Íslandi, samkeppnishæfni og stefnumótun rannsókna- og þróunarstarfs*. Sjávarútvegsþjónustan ehf. ISBN 978-9979-70-375-4. bls. 41-76.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Gísli Gíslason, Halldór Þorsteinsson, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Jón Örn Pálsson, Karl Már Einarsson, Ketill Eliásson, Runólfur Viðar Guðmundsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Skjöldur Pálmason, Sverrir Haraldsson, Þórarinn Ólafsson & Þórbergur Torfason 2005. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir füngun og áframeldi þorsks á árinu 2003. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 113, 58 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Davíð Kjartansson, Elís Hlynur Grétarsson, Guðmundur W. Stefánsson, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Jón Örn Pálsson, Ketill Eliásson, Runólfur Guðmundsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Sverrir Haraldsson & Þórarinn Ólafsson 2006. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir füngun og áframeldi þorsks á árinu 2004. Hafrannsóknastofnunin. *Fjölrit* 124, 72 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Jóhanna S. Vilhjálmsdóttir & Ingimar Jóhannsson 2009. Þorskeldiskvóti: Handbók um skýrslugerð aðila sem fá úthlutað aflaheimildum til áframeldis á þorski. Hafrannsóknastofnunin. 32 bls.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Elís Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Ketill Eliásson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur Helgi Haraldsson, Sverrir Haraldsson & Sævar Þór Ásgeirsson 2010. Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir füngun og áframeldi þorsks á árinu 2008. Hafrannsóknastofnunin. *Hafrannsóknir* nr. 150:1-35.

Skarfar og sjókvíaeldi

Valdimar Ingi Gunnarsson, Kristján Lilliendahl og Björn Björnsson

Efnisyfirlit

ÁGRIP	66
ABSTRACT	67
1. INNGANGUR	69
1.1 MARKMIÐ OG GAGNAÖFLUN.....	69
1.2 ÁGANGUR SKARFA Í FISKELDISSTÖÐVUM.....	69
2. LÍFFRÆÐI	70
2.1 STÆRÐ OG EINKENNI.....	70
2.2 ÆTLI.....	70
2.3 ÚTBREIÐSLA OG ATFERLI.....	71
3. TJÓN AF VÖLDUM SKARFA	71
3.1 HVAÐA TJÓNI VALDA SKARFAR?.....	71
3.2 HVE MIKLU TJÓNI VALDA SKARFAR?.....	72
3.3 HVENÆR VALDA SKARFAR TJÓNI?.....	73
4. ATFERLI SKARFA OG VARNIR	74
4.1 OPNAR KVÍAR OG VARNIR.....	74
4.2 NOTKUN Á FUGLANETI.....	75
4.3 NOTKUN Á HLIÐARNETI.....	76
5. ÞAKKARORÐ	77
6. HEIMILDIR	77

ÁGRIP

Valdimar Ingi Gunnarsson, Kristján Lilliendahl og Björn Björnsson 2012. Skarfar og sjókvíaeldi. Hafrannsóknir 161: 65-79.

Þorskeldiskvótaverkefni Hafrannsóknastofnunar hefur verið starfrækt allt frá árinu 2002. Í þessari skýrslu er gefið yfirlit yfir ágang skarfa í sjókvíaeldisstöðvum og hvernig best er að koma í veg fyrir tjón af þeirra völdum. Upplýsingar í skýrslunni byggjast á gagnaöflun 12 sjókvíaeldisstöðva á Vestfjörðum, Eyjafirði og Austfjörðum. Einnig hefur verið gerð heimildaleit um líffræði skarfa, ágang þeirra í fiskeldisstöðvum erlendis og hvernig best er að hindra aðgang skarfa að fiskinum.

Á Íslandi eru tvær tegundir skarfa; toppskarfur (*Phalacrocorax aristotelis*) og dilaskarfur (*Phalacrocorax carbo*). Dilaskarfur er stærri og er talið að fullorðinn fugl þurfi að éta á hverjum degi um 1 kg af þorski en toppskarfur um 0,7 kg.

Hér á landi eins og erlendis hafa skarfar valdið tjóni á eldisfiski í óvörðum eldiseiningum s.s. sjókvíum, einkum á seiðum og smærri fiski. Skarfar geta étið allt að 1 kg þorsk og sært stærri fisk. Í áframeldi á þorski hafa skarfar mest sótt í nýfangaðan smáan þorsk og jafnframt þegar fiskurinn hefur verið stærðarflokkaður og smáþorskur flokkaður frá til áframhaldandi eldis. Algengast er að skarfar fari að sækja í fisk í eldiskvíum um miðjan ágúst og fuglarnir hverfi að mestu seinnihluta vetrar. Ágangur skarfa virðist vera meiri á Vestfjörðum en Austfjörðum.

Opnar óvarðar sjókvíar laða að skarfa og fiskurinn er auðveld bráð fyrir fuglinn. Notkun fæla til að halda skörfum frá eða að skjóta fuglana virðist eingöngu vera skammtímalausn. Eina varanlega lausnin til að halda skörfum frá eldisfiski og koma í veg fyrir að þeir komist ofan í kvína er að loka henni með fuglaneti. Skarfar geta einnig kafað niður með netpokanum, stungið goggi í gegnum möskva og drepíð eða sært fiskinn. Ef gat er á netpoka geta skarfar náð eldisfiski en til að gera fuglinum erfðara fyrir er hægt að vera með grófmöskva hliðarnet.

ABSTRACT

Valdimar Ingi Gunnarsson, Kristján Lilliendahl and Björn Björnsson 2012. Great cormorants and European shags in connection with farming in sea cages. *Marine Research in Iceland* 161: 65-79.

The Marine Research Institute cod quota project has been operating from the year 2002. This report provides an overview of the encroachment of cormorants and shags in sea cage farms and methods to prevent loss of farmed fish. The information in this report is based on data collection of twelve sea cage farms in the north-west, north (Eyjafjörður) and east coast of Iceland. It is also based on literature search on cormorant's and shags biology, encroachment in fish farms and methods to prevent its access to the farmed fish.

In Iceland, there are European shags (*Phalacrocorax aristotelis*) and great cormorants (*Phalacrocorax carbo*). It has been estimated that an adult great cormorant can eat daily 1 kg of cod but an European shag about 0.7 kg.

Cormorants and shags have caused damage to farmed fish in unprotected fish farms such as sea cages, especially on juveniles and small fish. Cormorants can eat cod weighing as much as 1 kg and harm larger fish. In further on-growing of cod in sea cages cormorants and shags have caused greatest damages in newly captured small cod as well as small cod which have been sorted during slaughtering for continued farming. Usually, cormorants and shags first attend sea cages in the middle of August and the birds disappear from the area in late winter. Cormorants and shags are more common in vicinity of sea cages at the northwest and less frequent at the east coast of Iceland.

Unprotected sea cages attract cormorants and shags as farmed fish are easy prey for these birds. Using scares to harass the birds or shooting some of them is only a short-term solution. The only permanent solution to keep cormorants and shags from farmed fish is to close the sea cages with a top net. Cormorants and shags can also dive down outside the cage net, stick their beaks through the mesh and kill or wound fish. If a hole is in the net the birds can reach the farmed fish. To better protect farmed fish and to make it harder for the birds to reach fish, nets with coarse mesh can be set around sea cages.

1. INNGANGUR

1.1 Markmið og gagnaöflun

Markmið

Í þessari skýrslu er fjallað um skarfa og áhrif þeirra á rekstur sjókvíaeldisstöðva. Skýrslan er hluti af þorskeldiskvótaverkefni Hafrannsóknastofnunar sem hefur verið starfrækt frá árinu 2002. Markmið með útgáfu skýrslunnar er að:

- Afla upplýsinga um líffræði skarfa.
- Gera grein fyrir ágangi og tjóni sem skarfar hafa valdið í fiskeldi.
- Benda á leiðir til að halda skörfum frá eldisfiski.

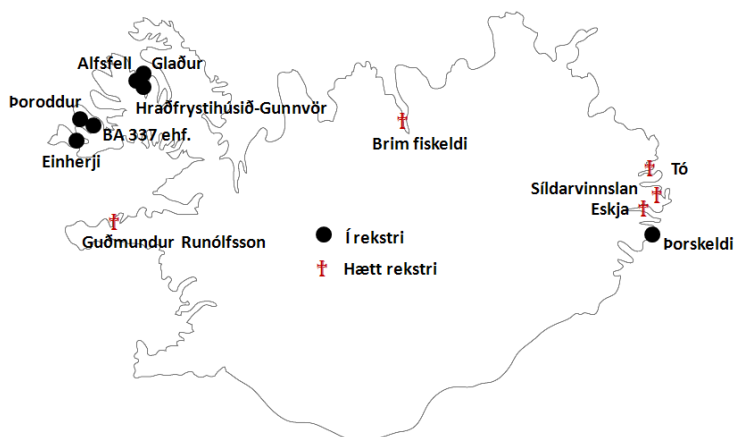
Gagnaöflun

Upplýsinga hefur verið aflað víða. Í fyrsta lagi byggir þessi skýrsla á birtum og óbirtum gögnum úr þorskeldiskvótaverkefninu. Árlega hafa megin niðurstöður verkefnisins verið birtar í skýrslum sem gefnar hafa verið út á vegum Hafrannsóknastofnunar. Byggt er á upplýsingum frá 12 þorskeldisfyrirtækjum í 10 fjörðum (mynd 1.1, tafla 1.1). Gagnaöflun fyrirtækjanna var misjöfn og voru sum þeirra aðeins starfrækt í örfá ár. Í öðru lagi hefur verkefnisstjóri þorskeldiskvótaverkefnisins farið út í eldiskvíar og rætt við eldismenn. Í þriðja lagi var gerð heimildaleit um líffræði skarfa, ágang í fiskeldisstöðvum erlendis og hvaða aðferðum hefur verið beitt til að halda fuglunum í skefjum.

1.2 Ágangur skarfa í fiskeldisstöðvum

Skarfar geta valdið miklu tjóni í opnum óvörðum fiskeldisstöðvum eins og t.d. í sjókvíum og tjörnum. Skarfar eru sjaldgæfir í landeldisstöðvum hér á landi enda fer eldið fram í útikörum sem oft eru varin með netum eða stöðvarnar vaktaðar allan sólarhringinn. Afrán skarfa á eldisfiski er útbreitt vandamál í fiskeldi í Evrópu (Carss 2003; Carss og Marzano 2005). Dæmi eru um að þeir hafi étið stærstan hluta eldisfisks í tjörnum (Glahn og Dorr 2002; Lekuona 2002).

Skarfar hafa valdið tjóni í sjókvíaeldi á Íslandi og þá sérstaklega á smáum fiski. Hjá Hraðfrystihúsinu – Gunnvöru hf. í Seyðisfirði



Mynd 1.1. Staðsetning þorskeldisfyrirtækja sem tóku þátt í upplýsingaöflun um atferli skarfa við sjókvíar. Svartur hringur merkir fyrirtæki í rekstri en rauður kross fyrirtæki sem höfðu hætt starfsemi m.v. árið 2009.

Figure 1.1. Location of cod farms in Iceland where information about behaviour of cormorants and shags near sea cages was collected. Black circles show cod farms in operation and red crosses farms that have ceased operation.

Tafla 1.1. Þorskeldisfyrirtæki og verkefnisstjórar sem safnað hafa gögnum um skarfa við sjókvíaeldisstöðvar.

Table 1.1. The cod farms and project leaders who have collected data on cormorants and shags in vicinity of sea cage farms.

Fyrirtæki	Fjörður	Verkefnisstjóri
Guðmundur Runólfsson hf.	Grundarfjörður	Runólfur Guðmundsson
Einherji ehf.	Patreksfjörður	Ólafur H. Haraldsson
Þoroddur ehf.	Tálknafjörður og Patreksfj.	Jón Örn Pálsson og Sverrir Haraldsson
BA 337 ehf.	Tálknafjörður	Þór Magnússon
Alfsfell ehf.	Skutulsfjörður	Hallgrímur Kjartansson
Glaður ehf.	Skutulsfjörður	Ketill Eliasson
Hraðfrystihúsið Gunnvör hf.	Álftafjörður	Kristján G. Jóakimsson og Þórarinn Ólafsson
Brim fiskeldi ehf.	Eyjafjörður	Óttar M. Ingvason og Sævar Ásgeirsson
Síldarvinnslan	Norðfjörður	Sindri Sigurðsson
Tó hf.	Mjólfjörður	Ingólfur Sigfússon
Eskja hf.	Eskifjörður	Karl Már Einarsson
Þorskeldi ehf.	Stöðvarfjörður	Elís H. Grétarsson

hafa skarfar sótt í sjókvíar með aleldisþorski allt frá árinu 2003 og sum árin hafa þeir valdið tjóni á fiski. Á árinu 2009 var fylgst með hlutfalli skarfabits í dauðfiski sem tekinn var upp úr kví-



Mynd 2.1. Dílaskarfar sitja á handriði kvíar í Skutulsfirði (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 2.1. Great cormorants sitting on a sea cage in Skutulsfjörður (Photo: Valdimar Ingi Gunnarsson).

um hjá Hraðfrystihúsinu Gunnvöru hf. og HB Granda hf. í Berufirði og reyndust 10% fiskanna vera með bitsár eftir skarf (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2010b). Skarfar hafa einnig sótt í kvíar með áframeldisþorski en þar er ágangurinn minni sem má eflaust rekja til þess að fiskurinn er tiltölulega stór (1-2 kg) þegar hann er tekinn í eldið. Sambærilegar athuganir hafa ekki verið gerðar í sjókvíum með laxfiska en þar er einnig ágangur skarfa til staðar og dæmi eru um umtalsvert tjón af hans völdum. Í öðrum löndum þar sem sjókvíaeldi er stundað eins og í Skotlandi telja um 40% fiskeldismanna skarfa vera vandamál (Quick o.fl. 2004). Í könnun á meðal forsvarsmanna sjókvíeldisstöðva í Noregi kom fram að daglega yrði vart við skarfa í annarri hverri eldisstöð (Johansen og Eliassen 1999).

2. LÍFFRÆÐI

2.1 Stærð og einkenni

Á Íslandi eru tvær tegundir skarfa, þ.e.a.s. toppskarfur (*Phalacrocorax aristotelis*) og díla-skarfur (*Phalacrocorax carbo*). Díla-skarfur (3.1-4.3 kg) er stærri en toppskarfur (1.7-2.2 kg). Erfitt er að greina toppskarfrá díla-skarfi á færi. Á sumrin eru fullorðnir díla-skarfar brún-leitir á baki og vængjum en annars svartir. Stöku hvítar fjaðrir eru á hnacka en gráleit áferð sem af því hlýst er misáberandi eftir einstaklingum. Toppskarfar eru á sumrin alsvartir en í návígi bregður fyrir grænni sliktu sem

einkum er greinileg í sólskini. Helstu einkenni sem greinir tegundirnar í sundur yfir varptímann eru hvítir kverk- og lærblettir díla-skarfa og toppur á höfði toppskarfs. Lærblettir á díla-skarfi hverfa síðsumars en koma í ljós á ný í janúar (mynd 2.1). Toppurinn á toppskarfi sem sveigir fram á við vex undir vorið og hverfur yfirleitt þegar kemur fram á sumar. Toppskarfur er jafn-framt minni og rennilegri en díla-skarfur og nefið grennra. Ungskarfar eru torgreindari. Á fyrsta ári eru díla-skarfar þó langtum ljósari á kviði en toppskarfar. Torveldara er að greina fugla á öðru ári í sundur, en nef díla-skarfa er ætíð sverara en nef toppskarfa (Ævar Petersen 2005).

2.2 Æti

Hve mikið éta skarfar?

Rannsóknir á fæðunámi díla-skarfs yfir vetrartímann benda til þess að hann éti að meðaltali 670 g (440-1.100 g) á dag í Norður - Evrópu (Grémillet o.fl. 2003). Í annarri rannsókn var áætlað að díla-skarfur æti 1.170 g af fæðu á dag yfir vetrarmánuðina á Grænlandi (Grémillet o.fl. 2005b). Át díla-skarfs eykst með aukinni stærð (Grémillet o.fl. 2003). Díla-skarfur sem er stærri en toppskarfur étur mun meira. Á varptíma var áætlað að díla-skarfur æti 800-890 g á dag en toppskarfurinn aðeins 478-583 g (Grémillet o.fl. 1996). Talið er að full-vaxinn díla-skarfur þurfi að éta á hverjum degi fæðu sem hefur orkuinnihald um 4.300 kJ og toppskarfur um 2.900 kJ (Kristján Lillindahl og Jón Sólmundsson 2006). Ef miðað er við þorskfiska (4 kJ/g) þarf díla-skarfur að éta um 1 kg á dag og toppskarfur um 0,7 kg en minna magn þegar feitara fiskmeti er étið.

Hvaða stærð af fiski éta skarfar?

Skarfar éta fisk af mismunandi stærð og í einni rannsókn mældist lengd fiska sem díla-skarfur át frá 4 cm upp í 34 cm, en mest var étið af 10-15 cm fiski og stærstu fiskarnir voru rúm 500 g að þyngd (Opacak o.fl. 2004). Í íslenskri rannsókn kom fram að díla-skarfur étur töluvert stærri fæðu (> 10 g, mest um 100 g) en topp-skarfur (2-5 g). Mest af þorskinum sem díla-skarfur át var 100-500 g en einnig át fuglinn þorsk sem var 0,5-1,0 kg (Kristján Lillindahl o.fl. 2004; Kristján Lillindahl og Jón Sólmundsson 2006). Í öðrum rannsóknum hefur einnig komið fram að díla-skarfur hafi étið eins

kílóa þorsk sem var um 50 cm að lengd (Lunneryd og Alexandersson 2005). Í áframeldi á þorski á Íslandi hafa skarfar valdið bitsárum á smáum fiski (<1-2 kg).

2.3 Útbreiðsla og atferli

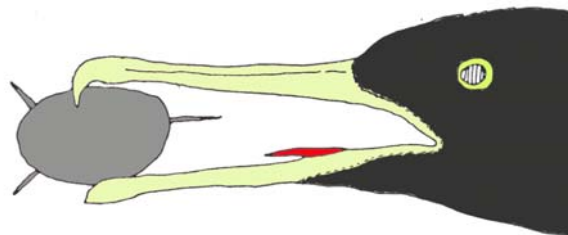
Fjöldi og útbreiðsla

Varpstaðir dílaskarfs og toppskarfs hér á landi eru við Vesturland aðallega í Breiðafirði (Arnþór Garðarsson 1979). Gerðar voru fjórar talningar á fjölda hreiðra dílaskarfs á tímabilinu 1975-1994 og var fjöldi þeirra að meðaltali 3.141 (2.539-3.702) (Arnþór Garðarsson 1996). Á tímabilinu 1975-2007 voru einnig gerðar fjórar talningar á fjölda hreiðra toppskarfs og voru þau 4.900-7.100, fæst árið 2007 samtals 4.900 (Arnþór Garðarsson og Ævar Petersen 2009). Áætlað er að fjöldi toppskarfa yfir vetrarmánuðina sé 30.000-40.000 og fjöldi dílaskarfa 10.000-20.000 (Ævar Petersen 2005).

Dílaskarfurinn verpir á vorin og ungarnir eru í hreiðrum fram eftir sumri. Síðsumars dreifast ungir dílaskarfar fljótt frá varp-stöðvunum og flækjast allt í kringum land yfir á fæðustöðvar. Jafnvel strax í ágúst eru margir þeirra komnir austur á firði. Fullorðnir skarfar halda líklega mest til nálægt varpstöðvunum. Toppskarfurinn heldur sig aðallega við vestanvert landið og er ekki að finna við Austfirði (Ævar Petersen 2005).

Far fuglanna

Um miðjan ágúst verður vanalega fyrst vart við ágang skarfa við sjókvíar á Vestfjörðum en seinna á Austfjörðum. Skarfar halda sig síðan á svæðinu allt fram á seinnihluta vetrar þegar fuglinn sækir aftur á varpstöðvarnar. Í skoskri rannsókn kom fram að lítið var um dílaskarf um sumarið (júní-ágúst) og allir voru þeir ókynþroska. Kynþroska dílaskarfar koma fyrst á svæðið í september en í mestum mæli í nóvember. Skarfur hélt sig yfirleitt í nágrenni við sjókvíar en kom að þeim öðru hvoru og var á svæðinu fram á vor (Carss 1993a). Rannsóknir á toppskarfi í Skotlandi sýna að atferlið er svipað og hjá dílaskarfi. Yfir sumarmánuðina er lítill fjöldi ókynþroska fugla á svæðinu, en þeim fjölga síðan og kynþroska fugl kemur á svæðið í október og er búinn að yfirgefa það um vorið (Carss 1993b).



Mynd 2.2. Dílaskarfur með fisk í kjafti (Byggt á Beveridge 2004).

Figure 2.2. A Great cormorant with a fish in mouth (Based on Beveridge 2004).

Fæðuatferli

Dílaskarfur veiðir aðallega í birtu, sérstaklega á morgnana, en á sumum svæðum einnig á kvöldin (Russell o.fl. 2003). Í atferlisrannsókn sem framkvæmd var á Grænlandi kom fram að dílaskarfur kafar eftir æti alltaf á sama tíma (05:00-20:00) frá júlí til apríl (Grémillet o.fl. 2005a). Dílaskarfur kafar að öllu jöfnu að meðaltali ekki dýpra en tæpa 5 metra eftir æti (Ropert-Coudert o.fl. 2005). Aðrar rannsóknir sýna þó að dílaskarfur kafar dýpra eftir æti og að hann kafar að meðaltali dýpra á daginn (12,3 m) en á næturnar (6,3 m) og fór niður á allt að 30 metra dýpi á daginn (White o.fl. 2008). Dílaskarfur er mjög afkastamikill afræningi og veiðir hann 12-41 g á minútu á meðan hann er í kafi (Grémillet 1997; Grémillet o.fl. 2004). Dagleg fæðuöflun tekur 40-120 mínútur hjá dílaskarfi, mismunandi eftir árstíma og var tíminn stytur um haustið (Grémillet o.fl. 2005b). Í atferlisrannsókn kom fram að í um 60% tilrauna tókst dílaskarfi að ná æti en stærri fiskurinn slapp frekar þótt hluti þeirra særst eftir gogg fuglsins (Grémillet o.fl. 2006).

3. TJÓN AF VÖLDUM SKARFA

3.1 Hvaða tjóni valda skarfar?

Tjón af völdum skarfa

Skarfar geta valdið tjóni á eldisfiski á margvislegan hátt og í því sambandi má nefna að þeir geta (Anon. 1989; Adamek o.fl. 2007; Kortan o.fl. 2008):

- Valdið afföllum með því að éta fiskinn.
- Sært fiskinn til ólífis.
- Sært fiskinn og valdið sýkingu í sári.
- Dregið úr markaðsvirði afurða vegna gogg-sára.



Mynd 3.1. Sár að öllum líkindum eftir skarf (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 3.1. A wound probably inflicted by a cormorant (Photo: Valdimar Ingi Gunnarsson).

- Borið með sér sjúkdómsvalda.
- Valdið streitu og dregið úr sjúkdómaþoli fisksins.
 - Dregið úr fódurtöku fisksins og minnkað vöxt.

Í könnun í Noregi töldu 75% forsvarsmanna fiskeldisstöðva að skarfar hafi étið eða skaðað eldisfisk, 59% að þeir hafi valdið streitu, en færri töldu að þeir hafi valdið tjóni á búnaði, valdið slyasleppingu eða borið sjúkdóma á milli fiskeldisstöðva (Johansen og Eliassen 1999).

Goggsár

Í skoskri rannsókn voru 75% þeirra fiska sem dílaskarfur hafði bitið með djúpt þríhyrningslaga sár á annarri hliðinni en rispur á hinn hliðinni eftir neðri gogg. Flestir fiskarnir voru með sár við tálknok (39%) og kvið (33%) þar sem goggur hafði farið inn að hjarta eða sært innfyli. Aðrir fiskar voru særðir við bakugga og sporð (Carss 1993a). Toppskarfur er ekki með krók á goggi, hreisturslos og sár eru því minna áberandi en eftir dílaskarf (Anon. 1990). Stærð á eldisfiski sem skarfar særa getur verið allt upp í 2 kg en það er þó sjaldgæft að þeir særi fisk sem er yfir 1 kg (Adámek o.fl. 2007). Í dauðum aleldisþorski hér á landi greindust 8% fiskanna með bit eftir skarfa í kvi þar sem meðalþyngd var um 2 kg (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2010b). Tjón af völdum skarfa á áframeldisþorski hefur ekki verið skoðað sérstaklega á skipulagðan hátt en eldismenn hafa orðið varir við rispur á fiski sem talið er að stafi af skarfabiti og einnig sár á bók s.s. aftan við eyrugga (mynd 3.1).

3.2 Hve miklu tjóni valda skarfar?

Erlendar rannsóknir

Í skoskri rannsókn fundust dauðir eldisfiskar (13-35 cm) með sár eftir dílaskarf í þrjá mánuði af sjö yfir tímabilið september – mars. Hlutfall dauðra fiska vegna skarfabits var þó lágt eða að meðaltali vel undir 1% af heildarafföllum og mest 4,7% einn mánuðinn (Carss 1993a). Í annarri skoskri rannsókn kom fram að aðeins 0,1% af heildarafföllum voru rakin til bits toppskarfs (Carss 1993b). Aðrar eldri rannsóknir í Skotlandi sýna þó hærra hlutfall af særðum fiski (Beveridge 1988). Hugsanlega hefur á seinni árum betur verið staðið að því að verja fiskinn fyrir fuglinum. Í norskri rannsókn sem gerð var yfir tímabilið september til desember 2008 nam hlutfall affalla vegna afræningja um 2% af heildarfjölda dauðra fiska. Skarfar komust inn í eina sjókvíaeldisstöð og drápu 600 fiska á einni viku (Hanche-Olsen og Nilsen 2009).

Íslensk athugun

Í athugun sem gerð var hér á landi í desember 2008 og janúar 2009 í tveimur sjókvíaeldisstöðvum með aleldisþorsk kom fram að mikið var um skarfabit og námu skráð afföll á mánuði um 0,2% af heildarfjölda fiska í kvíunum (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2009). Í framhaldi af þessu voru kvíarnar betur varðar með fuglaneti en þrátt fyrir það voru um 10% dauðra þorska í flestum kvíum með bit eftir skarf á árinu 2009 (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2010b). Engar innlendar upplýsingar liggja fyrir um hlutdeild skarfategundanna í tjóni á eldisfiski. Erlendar rannsóknir benda þó til að báðar tegundirnar geti komið við sögu.

Erfitt að meta tjón af völdum skarfa

Það er tiltölulega auðvelt að greina og telja fiska með skarfabit á meðal dauðra fiska sem teknir eru upp í dauðfiskaháfi. Það getur verið erfiðara að greina fjölda fiska sem skarfar éta nema þegar slátrað er upp úr kvínni. Það er þó ekki hægt að fullyrða að skarfar hafi étið þá fiska sem upp á vantar. Margar aðrar ástæður geta skýrt óskráð afföll s.s. sjálfrán, afrán annarra afræningja, dauður fiskur náí að rotna, röng talning í kví og að fiskur hafi sloppið út (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2010a).

Í þeim tilvikum þar sem skotnir skarfar í eldiskvíum hjá þorskeldisfyrirtækjum hér á landi hafa verið opnaðir reyndust þeir vera með tóman maga og voru því ekki nýlega búnir að

éta fisk úr kvínni. Þekkt er að skarfar með tóman maga eru eingöngu teknir snemma á morgnana (Opacak o.fl. 2004). Einnig kunna að vera aðrar skýringar, en vart hefur orðið við að skarfar æli eldisfiski þegar þeir eru áreittir í kvíum (Barði Ingibjartsson, munnl. uppl.), væntanlega til að létta sig fyrir flug.

Hve mikið getur fuglinn étið?

Gera má ráð fyrir að dílaskarfur éti 1,0 kg af þorski á dag og ef miðað er við einn fugl í 100 daga þá étur hann 1.000 fiska sem eru 100 g að þyngd. Áframeldisþorskur er að jafnaði meira en 1-2 kg að þyngd þegar hann er settur í eldiskvíar. Oft er þó nokkur fjöldi fiska undir 1 kg og því nægilega smáir til að dílaskarfur geti étið þá. Hér nægir einn eldisfiskur í dagsskammt fyrir dílaskarf. Yfir hundrað daga tímabil er einn dílaskarfur aðeins búinn að éta um 100 fiska og því erfitt að gera sér grein fyrir afráðinu þegar fáir fuglar eru á svæðinu og eldiskvíin stór með tugþúsundir fiska. Aftur á móti ef dílaskarfur fær að vera óáreittur í lengri tíma geta afföll í prósentum orðið veruleg í litlum óvörðum kvíum með smáum áframeldisþorski og fuglinn étið megnið af fiskinum þegar smá aleldisseiði eru í kvínni.

Tjón af völdum skarfa í áframeldi

Það er reynsla eldismanna að skarfar sækir meira í eldiskvíar með smáum nýfönguðum þorski. Jafnframt hafa skarfar verið ágengir þegar áframeldisþorskur hefur verið stærðarflokkaður og smáþorskur alinn áfram upp í heppilega sláturstærð. Einnig hafa skarfar verið ágengir í söfnunarkvíum, en það eru kvíar sem nýfönguðum fiski er safnað í áður en hann er fluttur yfir í eldiskví. Það liggja þó ekki fyrir nákvæmar upplýsingar um umfang tjóns af völdum skarfa í söfnunar- og eldiskvíum. Það er þó talið mun minna en í aleldi á þorski og eldi laxfiska þar sem fiskurinn er smærri. .

3.3 Hvenær valda skarfar tjóni?

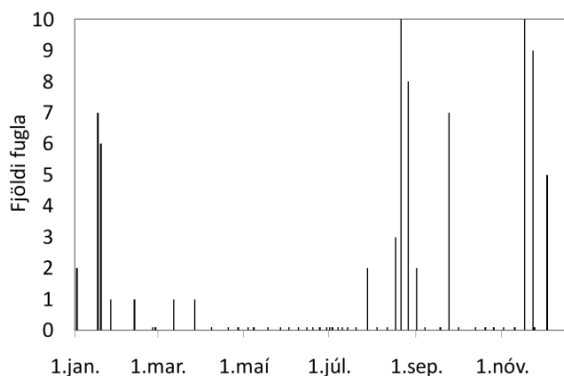
Hvenær á árinu má helst vænta tjóns?

Skarfar geta verið í nágrenni við sjókvía-eldisstöðvar allt árið um kring en þó í mun minna mæli yfir sumarmánuðina. Reynsla þeirra sem hafa verið með áframeldi á þorski hér á landi er að um miðjan ágúst byrji skarfar að sækja í eldisfisk í sjókvíum. Skarfarnir geta síðan verið nokkuð ágengir fram eftir vetri en



Mynd 3.2. Dílaskarfur og rita á handriði sjókvíar í Skutulsfirði (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 3.2. Great cormorants and kittiwakes on a sea cage in Skutulsfjörður (Photo: Valdimar Ingi Gunnarsson).



Mynd 3.3. Fjöldi skarfa við kvíar hjá Þóroddi í Tálknafirði á árinu 2009 þá daga sem fóðrun á áframeldisþorski átti sér stað.

Figure 3.3. Number of cormorants and shags in the vicinity of sea cages in Tálknafjörður in 2009 on the days of feeding of wild farmed cod.

fljótlega eftir áramótin fer að draga úr ásókn þeirra eins og fram kemur í talningu hjá Þóroddi í Tálknafirði (mynd 3.3). Skráningar á fjölda skarfa við eldiskvíar eru ekki mjög nákvæmar. Haft skal í huga að það geta liðið margir dagar, allt upp í hálfan mánuð á milli þess að farið er út í kvíar á veturna en á sumrin er áframeldisþorskur yfirleitt fóðraður þrisvar í viku.

Það er einnig margt sem bendir til þess að skarfar valdi tjóni yfir sumarmánuðina hér á landi eins og erlendis. Þann 15. maí 1996 voru 200-500 g þorskseiði sett í sjókvíar í Stöðvarfirði á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar. Þann 25. júní voru seiðin talin og vigtuð og kom þá í ljós að um 20% afföll höfðu orðið



Mynd 4.1. Fugl að éta fóðurleifar sem berast út úr sjókvínni (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 4.1. Birds eating feed that drifts out of the sea cage (Photo: Valdimar Ingi Gunnarsson).

og um 25% af fiskunum með bitför þvert yfir búkinn eftir fuglsgogg. Ekki varð vart við fugl við kvíarnar en margt bendir til þess að hér hafi verið um að ræða bit eftir skarfa (Björn Björns-son, munnl. uppl.).

Ágangur skarfa eftir árstíma fer eflaust mikið eftir staðsetningu sjókvíaeldisstöðvar. Í Evrópulöndum er mjög misjafnt eftir svæðum hvenær á árinu ágangur skarfa er mestur. Í norðvestur og suðaustur hluta Evrópu er ágangurinn mestur um veturinn (október-mars). Á varpstöðvunum í Hollandi og flestum Eystar-saltslöndum er mest afrán um sumarið (apríl-september). Í þriðja lagi er afrán allt árið í mið Evrópu (Danmörk, Þýskaland og Tékkland) þar sem skarfar verpa og hafa vetrardvöl (Carss 2003; Carss og Marzano 2005). Í viðtölum við forsvarsmenn sjókvíaeldisstöðva í Noregi hefur komið fram að skarfar valda tjóni allt árið en í mestum mæli tímabilið nóvember til janúar (Johansen og Eliassen 1999).

Mismunandi ágangur eftir árum

Í skoskri rannsókn kom fram að fjöldi díla-skarfa við sjókvíaeldisstöðvar var mismunandi milli ára (Carss 1993a). Ágangur skarfa hér við land hefur einnig verið mismunandi eftir árum og varð t.d. meira vart við skarfa veturinn 2008/2009 en 2009/2010. Líklega tengist það aðgengi fuglsins að fiskinum í kvíunum, en eldismenn fóru að verja þær betur og loka með fuglaneti. Aðrar ástæður geta skýrt mismunandi ágang milli ára og er margt sem bendir til að meira sé um skarfa þegar náttúruleg fæða er takmörkuð á svæðinu (Johansen og Eliassen 1999).

Hvenær á sólarhringnum valda skarfar tjóni?

Það er ekki vitað til þess að gerðar hafi verið rannsóknir á því hvenær á sólarhringnum skarfar sækja í eldisfisk í kvíum. Líklegt er að mesta afránið eigi sér stað á morgnana. Hvort skarfar sækja í einhverjum mæli í kvíar eftir að dimmt er orðið er ekki vitað. Rannsóknir á fæðuöflun dílaskarfs við náttúrulegar aðstæður gefa þó til kynna að ekki sé hægt að útiloka þann möguleika (kafla 2.3).

4. ATFERLI SKARFA OG VARNIR

4.1 Opnar kvíar og varnir

Opnar kvíar eru fæðusvæði fyrir fuglinn

Það er bæði fódrið og fiskurinn í eldiskvínni sem laðar að fuglinn. Talið er að fuglar sækja meira í eldið þar sem þéttleiki á fiski er mikill (Gorenzel o.fl. 1994). Í áframeldi á þorski þar sem yfirleitt eru notaðar frosnar pönnur af upp-sjávarfiski berst mikið af fóðrinu út úr kvínni sem fuglinn sækir í. Oft er mikill fjöldi máfa-tegunda sem standa á floteiningunni eða synda í sjónum í nágrenni við kvína (mynd 4.1). Í þeim tilvikum þar sem kvíin er ekki varin með fugla-neti leitar fuglinn ofan í hana og sækir í fódrið. Það er ekki vitað hvort skarfar éti fódrið, en mikil fuglamergð við kvína gefur til kynna að þar sé fæða að finna.

Afgangur af fóðrinu getur einnig nýst sem fæða villtra fisktegunda í grennd við kvíarnar og stækkað stofn þeirra. Meiri fjöldi villtra fiska getur því einnig laðað skarfa að kvíunum. (Carss 1993b)

Afrán í óvörðum kvíum

Þegar ekkert fuglanet er yfir kvínni fara skarfar ofan í hana og kafa eftir fiski og geta náð að éta umtalsvert magn ef þeir eru látnir óáreitir. Þegar eldismenn koma að skarfi í kví hafa þeir séð hann klifra upp hoppnetið með því að beita kjafti og klóm (mynd 4.2). Sama gildir ef ekki er nægilega vel gengið frá fuglaneti og það illa fest við hoppnetið eða að möskvar eru of stórir (kafla 4.2). Eflaust er það misjafnt hve auðvelt er fyrir skarfa að komast upp úr kví. Í fallaskiptum er netið lárétt og erfiðara fyrir þá að klifra upp hoppnetið. Aftur á móti í miklum straumi lyftist netið og auðveldara er fyrir fuglinn að klifra upp úr kvínni (mynd 4.2). Það er eflaust misjafnt milli sjókvíaeldisstöðva hve auðvelt er fyrir skarfa að komast upp úr kvíum.

Í tveimur sjókvíaeldisstöðvum á Vestfjörðum hefur orðið vart við dauða skarfa ofan í eldiskvíum sem voru án fuglanets. Ekki er vitað um ástæðu þess að fuglarnir drápu í kvínni en haft skal í huga að það geta liðið margir dagar á milli þess að vitjað sé um kvíar eru af eldismönnum.

Staðsetning

Mesta afrán á eldisfiski er á svæðum sem eru í nágrenni við varpstöðvar eða hvíldarsvæði skarfa (Beveridge 1988). Í Norður-Noregi hefur orðið vart við skarfa í tæplega 80% sjókvíaeldisstöðva og í mestum mæli á svæðum þar sem fjöldi þeirra er mestur (Johansen og Eliassen 1999). Á Íslandi hefur orðið vart við skarfa í öllum sjókvíaeldisstöðvum með áframeldi á þorski. Ágangur er þó mismikill, mestur á Vestfjörðum og minnstur á Austfjörðum. Í sumum Evrópulöndum, s.s. Póllandi og Hollandi þar sem skarfar bæði verpa og hafa vetrarstöðvar er ágangur þeirra allt árið en mesta afránið er um vorið, sumarið og fram á haust (Carss og Marzano 2005). Með því að staðsetja sjókvíaeldisstöðvar í Breiðafirði í nágrenni við varpstöðvarnar mun ágangur og tjón af völdum skarfa eflaust aukast og vera viðvarandi allt árið. Aftur á móti má vænta minnsta ágangs skarfa á Austfjörðum enda er lítið af þeim þar. Það skal þó haft í huga að óvarðar fiskeldisstöðvar eru gott ætissvæði fyrir skarfa og það eru dæmi um að fuglinn hafi fyrst byrjað að sækja inn á svæðið með tilkomu nýrrar fiskeldisstöðvar (Beveridge 1988).

Fuglinn drepinn

Dráp á skörfum í nágrenni við fiskeldisstöðvar skilar aðeins takmörkuðum árangri í nokkra daga, vikur eða mánuði (Carss 2003). Rannsóknir á atferli skarfa sýna einnig að þeir eru ekki nægilega staðbundnir, nýir fuglar koma fljótt á svæðið í stað þeirra sem hafa verið skotnir (Wright 2003). Einnig er erfðara að halda fuglunum frá eldinu þegar aðgengi að fiski í kvíunum er tiltölulega auðvelt (Carss 2003). Skarfar eru mikið á ferðinni og sækja í meira mæli á svæði þar sem mest er æti og óvarið svæði þar sem fiskeldi er stundað er því eitt af kjörsvæðunum. Til að halda fuglinum frá eldinu þarf stöðugt að drepa nýja fugla sem koma á svæðið sem bæði er kostnaðarsamt og getur valdið árekstrum og óvinsældum hjá nágroñnum. Varanleg lausn er að draga úr aðdráttarafla fuglsins að kvíunum s.s. að hindra aðgengi að fiskinum (Wires o.fl. 2001; Anon.



Mynd 4.2. Máfur að klifra upp úr sjókví (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 4.2. A sea gull climbing out of a sea cage (Photo: Valdimar Ingi Gunnarsson).

2006). Veiði á skörfum hér á landi er eingöngu leyfð frá 1. september til 15. mars (Ævar Petersen 2005). Skarfar geta verið ágengir í ágúst og það þarf sérstaka heimild til að drepa þá á þeim árstíma. Í lögum nr. 64/1994 um vernd, friðun og veiðar á villtum fuglum og spendýrum kemur fram að þar sem talið er að villt dýr valdi tjóni einhvern tiltekinn tíma árs eða á svæðum þar sem viðkomandi tegundir eru friðaðar getur umhverfisráðherra að fenginni umsögn Umhverfisstofnunar og Náttúrufræðistofnunar Íslands, veitt tímabundið leyfi til veiða í því skyni að koma í veg fyrir tjón.

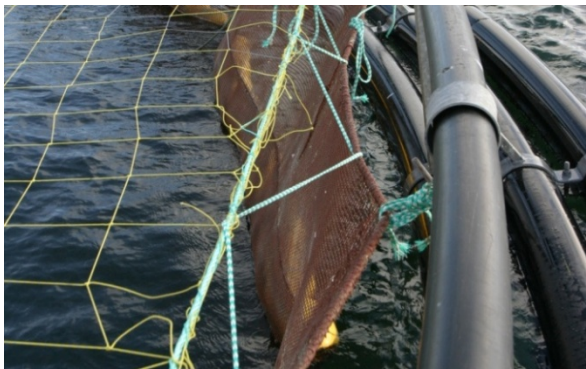
Fuglinn áreittur

Fætur sem valda áreiti eins og t.d. hljóðfætur, ljós og fuglahræður hafa takmörkuð áhrif einar og sér þar sem fuglinn lærir fljótt að ekki er um raunverulega hættu að ræða (Curtis o.fl. 1996). Til að bæta virkni þeirra er best að breyta reglulega um staðsetningu staðbundinna fæla og jafnframt breyta því hverjar eru virkar á hverjum tíma (Wires o.fl. 2001). Fætur eru því eingöngu tímabundin lausn og þegar ákveðnir fuglar hætta að hræðast þær er lagt til að þeir verði drepnir (Barras o.fl. 2005). Betri lausn er að hindra aðgang fuglsins að kvíunum með netum.

4.2 Notkun á fuglaneti

Notkun á fuglaneti er áhrifarík aðferð

Algengt er að nota net (möskvastærð 10-20 cm) í fiskeldisstöðvum í Evrópu til að halda fuglunum frá eldinu (Carss 2003). Í könnun sem gerð var á meðal skoskra forsvarsmanna sjó-



Mynd 4.3. Frágangi ábótavant og skarfar komast auðveldlega á milli fuglanets og hoppnets. Einnig eru möskvar í fuglaneti of stórir til að hindra aðgengi skarfa (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 4.3 Cormorants are able to enter the sea cage between topnet and hopnet. The mesh and shag are also too large in topnet to prevent access of cormorants (Photo: Valdimar Ingi Gunnarsson).



Mynd 4.4. Góður frágangur á fuglaneti og hoppneti (Ljósmynd: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 4.4. The sea cage closed with a topnet to prevent access of cormorants and shags. (Photo: Valdimar Ingi Gunnarsson).

kvíaeldisstöðva kom fram að þeir töldu netgirðingar áhrifaríkari leið til að halda skörfum frá eldinu en að skjóta þá (Quick o.fl. 2004). Hér skiptir miklu máli hvernig gengið er frá fuglanetinu. Strengd bönd yfir kvíar hafa ekki dugað til að koma í veg fyrir að skarfar fari ofan í þær. Algengt er að notuð séu 200 mm fuglanet hér á landi en vart hefur orðið við að dílaskarfur festist í því. Það skal jafnframt haft í huga að skarfar eru af mismunandi stærð, ungar og kvenfugl minni en karlfuglinn. Það er því mælt með að nota 100 mm möskvastærð í fuglaneti (Iwama o.fl. 1997; Anon. 2007).

Frágangur á fuglaneti

Þegar fuglanet er fest ofan á kví þarf að gæta sérstaklega að því að netið sé fest vel við hoppnetið til að hindra að fuglinn komist þar á milli (mynd 4.3). Til að koma í veg fyrir að fuglinn geti sest á netið, ýtt því niður með þunga sínum og náð fiski úr kvínni þarf að setja stand fyrir miðju til að halda netinu uppi í stærri kvíum (mynd 4.4).

Þó skarfar sækja mest í seiði fara þeir einnig í kvíar með stærri fiski. Það er mælt með því að nota fuglanet allt fram að því að fiskurinn er kominn í 2 kg í þeim tilvikum þar sem fiskurinn er af svipaðri stærð. Aftur á móti þegar stærðarmunurinn er mikill geta einstakir fiskar vakið áhuga fuglsins og í þeim tilvikum er æskilegt að hafa fuglanet yfir kvínni lengur.

4.3 Notkun á hliðarneti

Skarfar kafa niður með netpoka

Í þeim tilvikum þar sem aðgangur fuglsins að kvínni er hindraður með fuglaneti geta skarfar kafað niður með netpokanum, stungið goggi í gegnum möskva og drepð eða sært fiskinn (Anon. 1990; mynd 4.5). Einnig geta skarfar kafað niður á 20-30 metra dýpi og sótt í eldisfisk frá botni netpokans (Beveridge 2004). Í hve miklum mæli skarfar valda tjóni með því að sækja að fiskinum í gegnum hliðarnet eða botn er ekki vitað. Ef nótin er með smáum möskva ná þeir ekki fiskinum en geta hugsanlega drepð eða sært marga fiska. Skarfar ná ekki fisknum út úr netpokanum nema í þeim tilvikum þar sem gat er á poka. Í athugun á afráni toppskarfs kom fram að hann skemmdi ekki möskva í netpoka sjókvíar (Carss 1993b). Dílaskarfur er aftur á móti með krók á goggi og eru því meiri líkur á að hann skemmi möskva á netpoka.

Hliðarnet

Til að koma í veg fyrir eða draga úr tjóni af völdum goggsára er hægt að hafa hliðarnet sem hangir niður úr floteiningunni (mynd 4.6). Fuglinn þarf að kafa lengur og færri tilraunir heppnast við veiðar á fiski úr kvínni (Bildsø o.fl. 1998; Anon. 2007). Hliðarnet með 100 mm möskvastærð eru m.a. notuð í Skotlandi og Írlandi með góðum árangri til að verjast skörfum og öðrum afræningjum (Anon. 1990; Carss 2003). Í tilraunum hefur komið fram að með því að hafa hliðarnet utan um kvína tókst

að draga úr afföllum vegna skarfabíts. En besti árangurinn náðist þó þegar notaðar voru vel grónir netpokar (Carss 1993a). Til að hliðarnet veiti sem bestu vörn þarf það að vera sem lengst frá netpokanum. Í miklum straumi og mismunandi mótstöðu hliðarnets og netpoka s.s. vegna gróðurs og þyngingar er alltaf hættá á að netin leggist saman og að fuglinn eigi auðvelt aðgengi að fiskinum. Þegar notaðir eru grunnir netpokar er betra að nota hliðarnet með botni til að hinda aðgang fuglsins að fiski sem er niður við botn netpokans.

5. ÞAKKARORÐ

Verkefnisstjórar þorskeldisfyrirtækja hafa sent Hafrannsóknastofnuninni árlega greinargerð um árangur tilrauna af föngun og áframeldi á þorski. Þessar skýrslur byggja á greinargerðum eftirtalinnar verkefnistjóra: Elís Hlynur Grétarsson, Þorskeldi ehf., Hallgrímur Kjartansson, Álfsfell ehf., Jón Örn Pálsson, Þóroddur ehf., Karl Már Einarsson, Eskja ehf., Ketill Elíasson, Glaður ehf., Kristján G. Jóakimsson, Hraðfrystihúsið - Gunnvör hf., Ólafur Helgi Haraldsson, Einherji ehf., Óttar Már Ingvarsson, Brim-fiskeldi ehf., Runólfur Guðmundsson, Guðmundur Runólfsson hf., Sindri Sigurðsson, Síldarvinnslan hf., Sverrir Haraldsson, Þóroddur ehf., Sævar Þór Ásgeirsson, Brim-fiskeldi ehf., Þór Magnússon, BA 334 ehf. og Þórarinn Ólafsson, Hraðfrystihúsið - Gunnvör hf.

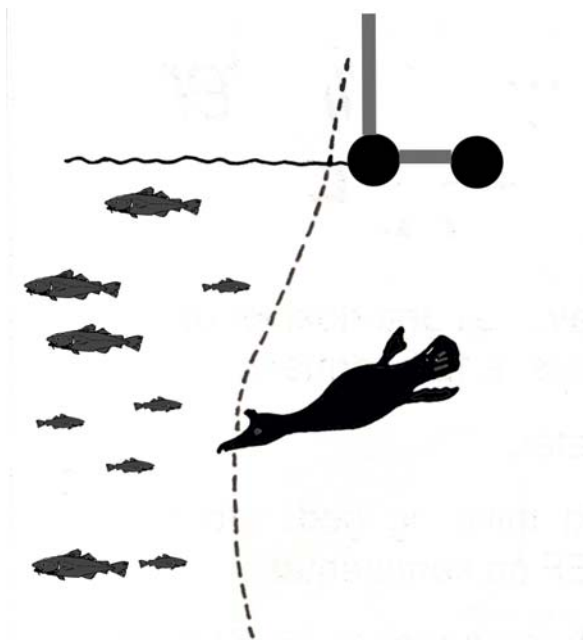
Farið var með eldismönnum út í kvíar og rætt við eftirtalda starfsmenn eldisfyrirtækja sem hafa miðlað upplýsingum í þessa skýrslu: Barði Ingibjartsson, Eiríkur Ragnarsson, Þorbergur Jóhannesson Hraðfrystihúsinu - Gunnvöru hf., Birgir Guðmundsson, Þorskeldi ehf., Davíð Kjartansson, Álfsfell ehf., Sigurvin Hreiðarsson og Matthías Ágústsson, Þóroddi ehf. Öllum þessum aðilum er þakkað þeirra framlag við upplýsingaöflun í þessa skýrslu.

6. HEIMILDIR

Adámek Z., Kortan J. & Flajšhans M., 2007.

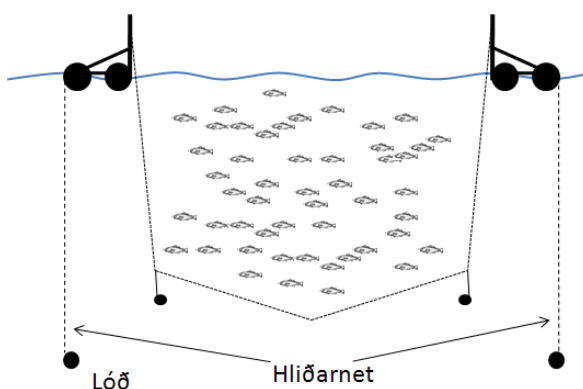
Computer-assisted image analysis in the evaluation of fish wounding by cormorant [*Phalacrocorax carbo sinensis* (L.)] attacks. *Aquaculture International* 15: 211–216.

Anon. 1989. Report of the EIFAC Working Party on prevention and control of bird predation in



Mynd 4.5. Toppskarfur gerir árás á eldisfisk í gegnum möskva á hliðarneti (Byggt á Anon. 1990).

Figure 4.5. A European shag attacks farmed fish through the net mesh (Based on Anon. 1990).



Mynd 4.6. Hliðarnet utan um eldiskví til að verjast ágangi afræningja (Teikning: Valdimar Ingi Gunnarsson).

Figure 4.6. Net around the sea cage to prevent access of predators (Drawing: Valdimar Ingi Gunnarsson).

aquaculture and fisheries operations. European Inland Fisheries Advisory Commission. *EIFAC Technical Paper* 51: 79 p.

Anon. 1990. Salmon farming and predatory wildlife. A code of practice. Scottish Salmon Growers Association. 33 p.

- Anon. 2006. Cormorants – The facts. FACT Joint Wildlife Management Group. 4 p.
- Anon. 2007. Reducing the impact of cormorants: the use of fish refuges. Natural England Technical Information Note TIN028. 7 p.
- Arnþór Garðarsson 1979. Skarfatal 1975. *Náttúrufræðingurinn* 49(2): 126-154.
- Arnþór Garðarsson 1996. Dílaskarfsbyggðir 1975-1984. *Bliki* 17: 35-42.
- Arnþór Garðarsson & Ævar Petersen 2009. Íslenski toppskarfsstofninn. *Bliki* 30: 9-25.
- Barras, S.C. & Godwin, K.C. 2005. Controlling Bird Predation at Aquaculture Facilities: Frightening Techniques. *SRAC Publication No.* 401. 4p.
- Beveridge, M.C.M. 1988. Problems caused by birds at inland waters and freshwater fish farms. In, Report of the EIFAC Working Party on prevention and control of bird predation in aquaculture and fisheries operations. European Inland Fisheries Advisory Commission, *EIFAC Technical Paper* 51: 34-73.
- Beveridge M.C.M. 2004. Cage Aquaculture. 3rd Ed. Fishing News Books, Oxford. 368 p.
- Bildsøe, M., Jensen, I.B. & Vestergaard, K.S. 1998. Foraging behaviour of cormorants *Phalacrocorax carbo* in pound nets in Denmark: the use of barrel nets to reduce predation. *Wildlife Biology* 4: 129-136.
- Carss, D.N. 1993a. Cormorants *Phalacrocorax carbo* at cage fish farms in Argyll, Western Scotland. *Seabird* 15: 38-44.
- Carss, D.N. 1993b. Shags *Phalacrocorax aristotelis* at cage fish farms in Argyll, Western Scotland. *Bird Study* 40: 203-211.
- Carss, D. N. (ed.) 2003. Reducing the conflict between cormorants and fisheries on a pan-European scale: REDCAFE. Final Report to the EU, contract No. Q5CA-2000-31387, 169 p.
- Carss, D.N. & Marzano, M. (eds.) 2005. Reducing the conflict between cormorants and fisheries on a pan-European scale: REDCAFE - Summary and national overviews. NERC/Centre for Ecology & Hydrology, 374pp. (CEH Project no. C01749).
- Curtis, K.S., Pitt, W. C. & Conover, M.R. 1996. Overview of techniques for reducing bird predation at aquaculture facilities. Jack H. Berryman Institute for Wildlife Damage Management and International Association of Fish and Wildlife Agencies. 20 p.
- Glahn, J. & Dorr B. 2002. Captive Double-crested cormorant *Phalacrocorax auritus* predation on channel catfish *Zctalurus punctatus* fingerlings and its influence on single-batch cropping production. *Journal of the World Aquaculture Society* 33(1): 85-93.
- Gorenzel, W.P., Conte, F.S. & Salmon, T.P. 1994. Bird damage at aquaculture facilities. Jack H. Berryman Institute. Department of Fisheries and Wildlife. College of Natural Resources. Utah State University. 18 p.
- Grémillet, D. 1997. Catch per unit effort, foraging efficiency and parental investment in breeding Great Cormorants (*Phalacrocorax carbo carbo*). *ICES Journal of Marine Science* 54: 635-644.
- Grémillet, D., Dey, R., Wanless, S., Harris, M. P. & Regel, J., 1996. Determining food intake by Great Cormorants (*Phalacrocorax carbo*) and European Shags (*Phalacrocorax aristotelis*) with electronic weighing units. *Journal of field Ornithology* 67: 637-648.
- Grémillet D., Wright, G., Lauder, A., Carss, D.N. & Wanless, S. 2003. Modelling the daily food requirements of wintering great cormorants: a bioenergetics tool for wildlife management. *Journal of Applied Ecology* 40: 266-277.
- Grémillet, D., Kuntz, G., Delbart, F., Mellet, M., Kato, A., Robin, J-P., Chaillon, P-E., Gendner, J-P., Lorentsen S-H. & Le Maho, Y. 2004. Linking the foraging performance of a marine predator with local prey abundance. *Functional Ecology* 18: 793-801.
- Grémillet, D., Kuntz, G., Gilbert, C., Woakes, A. J., Butler, P.J. & Maho, le Y. 2005a. Cormorants dive through the Polar night. *Biology Letters* 1(4): 469-471.
- Grémillet, D., Kuntz, G., Woakes, A.J., Gilbert, C., Robin, J-P, Le Maho, Y. & Butler, P.J. 2005b. Year-round recordings of behavioural and physiological parameters reveal the survival strategy of a poorly insulated diving endotherm during the Arctic winter. *Journal of Experimental Biology* 208: 4231-4241.
- Grémillet, D., Enstipp M.R., Boudiffa M. & Liu H. 2006. Do cormorants injure fish without eating them? An underwater video study. *Marine Biology* 148: 1081-1087.
- Hanche-Olsen, R. & Nilsen, A. 2009b. Kategorisering av dødsårsaker i torskeoppdrett. *Norsk fiskeoppdrett* 34(5): 42-45.

- Johansen, R. & Eliassen, R. 1999. Viltskader I fiskeoppdrett. Nordlandforskning nr. 66/99.
- Iwama, G., Nichol L. & Ford J. 1998. Salmon Aquaculture Review - Marine mammals and other species. Environmental Assessment Office. British Columbia.
- Lekuona, J. M. 2002. Food intake, feeding behaviour and stock losses of cormorants, *Phalacrocorax carbo*, and grey herons, *Ardea cinerea*, at a fish farm in Arcachon Bay (southwest France) during breeding and non-breeding season. *Folia Zoology* 51: 23–34.
- Lunneryd, S.-G. & Alexandersson, K. 2005. Födoanalyser av storskarv, *Phalacrocorax carbo*, i Kategatt-Skagerrak. *Finfo* 11: 1-20.
- Kortan, J., Adámek, Z., Flajšhans, M. & Piačková, V. 2008. Indirect manifestation of cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis* (L.)) predation on pond fish stock. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 389(1): 1-11.
- Kristján Lilliendahl, Jón Sólmundsson & Anton Galan 2004. Fæða toppskarfs og dílaskarfs við Ísland. *Bliki* 25: 1-12.
- Kristján Lilliendahl & Jón Sólmundsson 2006. Feeding ecology of sympatric European shags *Phalacrocorax aristotelis* and great cormorants *P. carbo* in Iceland. *Marine Biology* 149: 979–990.
- Opacak, A., Florijancic, T., Horvat, D., Ozimec, S. & Bodakos, D. 2004. Diet spectrum of great cormorants (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) at the Donji Miholjac carp fishponds in eastern Croatia. *European Journal of Wildlife Research* 50: 173–178.
- Quick, N.J., Stuart J., Middlemas, S.J. & Armstrong, J.D. 2004. A survey of antipredator controls at marine salmon farms in Scotland. *Aquaculture* 230: 169– 180.
- Ropert-Coudert, Y., Grémillet, D. & Kato, A. 2005. Diving angle of great cormorants. *Polar Bioscience* 18: 54-59.
- Russel, I.C., Dare, P.J., McKay, H.V. & Ives, S.J. 2003. The potential for using fish refuges to reduce damage to inland fisheries by cormorants (*Phalacrocorax carbo*). Pp. 259-277. *In*, Interactions between fish and birds: Implications for management. Cowx, I.G. (ed.). Fishing News Books.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Kristján G. Jóakimsson, Kristján Ingimarsson & Sævar Þ. Ásgeirsson 2009. Mortality of farmed cod in Iceland. Foredrag på prosjektmøte-Nordisk torskehelse 11. februar 2009, Bergen.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Árni Kristmundsson, Barði Ingibjartsson, Kristján Ingimarsson & Kristján Guðmundur Jóakimsson 2010a. Afföll á fiski í eldiskví og notkun dauðfiskaháfs. *Sjávarútvegurinn – Vefrit um sjávarútvegsmál* 10(1): 1-5.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Árni Kristmundsson, Barði Ingibjartsson, Kristján Ingimarsson & Kristján Guðmundur Jóakimsson 2010b. Af-föll á þorski í sjókvíum. *Sjávarútvegurinn – Vefrit um sjávarútvegsmál* 10(2): 1-17.
- Ævar Petersen 2005. Íslenskir fuglar. Vaka-Helgafell. 312 bls.
- Wires, L.R., Cuthbert, F.J., Trexel D.R. & Joshi A.R. 2001. Status of the Double-crested Cormorant (*Phalacrocorax auritus*) in North America. Final Report to USFWS. 377 p.
- Wright, G.A. 2003. Turnover in a wintering cormorant population; implication for management. Pp. 345-353. *In*, Interactions between fish and birds: Implications for management. Cowx, I.G. (ed.). Fishing News Books.
- White, C.R., Bubler, P.J., Grémillet, D. & Martin, G.R. 2008. Behavioural strategies of cormorants (*Phalacrocoracidae*) foraging under challenging light conditions. *Ibis* 150 (Suppl. 1): 231–239.

Hafrannsóknir – var Fjölrít

Marine Research

Pessi listi ásamt öllum texta fjölrítanna er aðgengilegur á netinu:
This list with full text of all the reports is available on the Internet:

<http://www.hafro.is/Bokasafn/Timarit/fjolar.htm>

1. **Kjartan Thors, Þórdís Ólafsdóttir:** Skýrsla um leit að byggingarefnum í sjó við Austfirði sumarið 1975. Reykjavík 1975. 62 s. (Ófáanlegt - Out of print).
2. **Kjartan Thors:** Skýrsla um rannsóknir hafsbotsins í sunnanverðum Faxaflóa sumarið 1975. Reykjavík 1977. 24 s.
3. **Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson:** Áhrif skolpmengunar á fjöruþörungum í nágrenni Reykjavíkur. Reykjavík 1977. 19 s. (Ófáanlegt - Out of print).
4. **Einar Jónsson:** Meingunarrannsóknir í Skerjafirði. Áhrif frárennslis á botndýralíf. Reykjavík 1976. 26 s. (Ófáanlegt - Out of print).
5. **Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson:** Stórpari á Breiðafirði. Reykjavík 1979. 53 s.
6. **Karl Gunnarsson:** Rannsóknir á hrossaþara (*Laminaria digitata*) á Breiðafirði. 1. Hrossaþari við Fagurey. Reykjavík 1980. 17 s. (Ófáanlegt - Out of print).
7. **Einar Jónsson:** Líffræðiathuganir á beitusmökk haustið 1979. Áfangaskýrsla. Reykjavík 1980. 22 s. (Ófáanlegt - Out of print).
8. **Kjartan Thors:** Botngerð á nokkrum hrygningarstöðvum síldarinnar. Reykjavík 1981. 25 s. (Ófáanlegt - Out of print).
9. **Stefán S. Kristmannsson:** Hitastig, selta og vatns- og seltubúskapur í Hvalfirði 1947-1978. Reykjavík 1983. 27 s.
10. **Jón Ólafsson:** Þungmálmur í kræklingi við Suðvesturland. Reykjavík 1983. 50 s.
11. Nytjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1987. Aflahorfur 1988. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1987. Fishing Prospects 1988.* Reykjavík 1987. 68 s. (Ófáanlegt - Out of print).
12. Haf- og fiskirannsóknir 1988-1992. Reykjavík 1988. 17 s. (Ófáanlegt - Out of print).
13. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum. Reykjavík 1988. 76 s. (Ófáanlegt - Out of print).
14. Nytjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1988. Aflahorfur 1989. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1988. Fishing Prospects 1989.* Reykjavík 1988. 126 s.
15. Ástand humar- og rækjustofna 1988. Aflahorfur 1989. Reykjavík 1988. 16 s.
16. **Kjartan Thors, Jóhann Helgason:** Jarðlög við Vestmannaeyjar. Áfangaskýrsla um jarðlagagreiningu og könnun neðansjávareldvarpa með endurvarpsmælingum. Reykjavík 1988. 41 s.
17. **Stefán S. Kristmannsson:** Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1987-1988. Reykjavík 1989. 102 s.
18. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem:** *Western Iceland Sea. Greenland Sea Project. CTD Data Report. Joint Danish-Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1987.* Reykjavík 1989. 181 s.
19. Nytjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1989. Aflahorfur 1990. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1989. Fishing Prospects 1990.* Reykjavík 1989. 128 s. (Ófáanlegt - Out of print).
20. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1989. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1989. 54 s.
21. Nytjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1990. Aflahorfur 1991. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1990. Fishing Prospects 1991.* Reykjavík 1990. 145 s.
22. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1990. Reykjavík 1990. 53 s. (Ófáanlegt - Out of print).
23. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1988.* Reykjavík 1991. 84 s. (Ófáanlegt - Out of print).
24. **Stefán S. Kristmannsson:** Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1989-1990. Reykjavík 1991. 105 s. (Ófáanlegt - Out of print).
25. Nytjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1991. Aflahorfur fiskveiðarárið 1991/92. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1991. Prospects for the Quota Year 1991/92.* Reykjavík 1991. 153 s. (Ófáanlegt - Out of print).
26. **Páll Reynisson, Hjálmar Vilhjálmsson:** Mælingar á stærð loðnustofnsins 1978-1991. Aðferðir og niðurstöður. Reykjavík 1991. 108 s.
27. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1989.* Reykjavík 1991. Reykjavík 1991. 93 s.
28. **Gunnar Stefánsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1991. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1991. 60 s.
29. Nytjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1992. Aflahorfur fiskveiðarárið 1992/93. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1992. Prospects for the Quota Year 1992/93.* Reykjavík 1992. 147 s. (Ófáanlegt - Out of print).

30. **Van Aken, Hendrik, Jóhannes Briem, Erik Buch, Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Sven Ober:** *Western Iceland Sea. GSP Moored Current Meter Data Greenland - Jan Mayen and Denmark Strait September 1988 - September 1989.* Reykjavík 1992. 177 s.
31. **Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1992. Reykjavík 1993. 71 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
32. **Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson, Ólafur V. Einarsson:** Útbreiðsla grálúðu við Vestur- og Norðvesturland 1992. Reykjavík 1993. 42 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
33. **Ingvar Hallgrímsson:** Rækjuleit á djúpslóð við Ísland. Reykjavík 1993. 63 s.
34. Nyttjastofnar sjávar 1992/93. Aflahorfur fiskveiðiárið 1993/94. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1992/93. Prospects for the Quota Year 1993/94.* Reykjavík 1993. 140 s.
35. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1993. Reykjavík 1994. 89 s.
36. **Jónbjörn Pálsson, Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson:** Könnun á útbreiðslu grálúðu fyrir Austfjörðum 1993. Reykjavík 1994. 37 s.
37. Nyttjastofnar sjávar 1993/94. Aflahorfur fiskveiðiárið 1994/95. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1993/94. Prospects for the Quota Year 1994/95.* Reykjavík 1994. 150 s.
38. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1990.* Reykjavík 1994. 99 s.
39. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1991.* Reykjavík 1994. 94 s.
40. Þættir úr vistfræði sjávar 1994. Reykjavík 1994. 50 s.
41. **John Mortensen, Jóhannes Briem, Erik Buch, Svend-Aage Malmberg:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - Moored Current Meter Data Greenland - Jan Mayen, Denmark Strait and Kolbeinsey Ridge September 1990 to September 1991.* Reykjavík 1995. 73 s.
42. **Einar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1994. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1995. 107 s.
43. Nyttjastofnar sjávar 1994/95. Aflahorfur fiskveiðiárið 1995/96. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1994/95. Prospects for the Quota Year 1995/96.* Reykjavík 1995. 163 s.
44. Þættir úr vistfræði sjávar 1995. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1995.* Reykjavík 1995. 34 s.
45. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1995. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1995. Survey Report.* Reykjavík 1996. 46 s.
46. Nyttjastofnar sjávar 1995/96. Aflahorfur fiskveiðiárið 1996/97. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1995/96. Prospects for the Quota Year 1996/97.* Reykjavík 1996. 175 s.
47. **Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésón, Jónbjörn Pálsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumarið 1995 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summer 1995 - Survey Report.* Reykjavík 1996. 38 s.
48. **Steingrímur Jónsson:** *Ecology of Eyjafjörður Project. Physical Parameters Measured in Eyjafjörður in the Period April 1992 - August 1993.* Reykjavík 1996. 144 s.
49. **Guðni Þorsteinsson:** Tilraunir með þorsgildrur við Ísland. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1996. 28 s.
50. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig Ólafsdóttir, Þórarinn Arnarson:** Næringarefni í sjó undan Ánanaustum í nóvember 1995. Unnið fyrir Gatnamálastjórnann í Reykjavík. Reykjavík 1996. 50 s.
51. **Þórunn Þórðardóttir, Agnes Eydal:** *Phytoplankton at the Ocean Quahog Harvesting Areas Off the Southwest Coast of Iceland 1994.* Svifþörungur á kúfiskmiðum út af norðvesturströnd Íslands 1994. Reykjavík 1996. 28 s.
52. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1996. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1996. Survey Report.* Reykjavík 1997. 46 s.
53. Þættir úr vistfræði sjávar 1996. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1996.* Reykjavík 1997. 29 s.
54. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir, Guðni Þorsteinsson og Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1996. *Gill-net Survey to Establish Indices of Abundance for the Spawning Stock of Icelandic Cod in 1996.* Reykjavík 1997. 22 s.
55. Hafrannsóknastofnunin: Rannsókn- og starfsáætlun árin 1997-2001. Reykjavík 1997. 59 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
56. Nyttjastofnar sjávar 1996/97. Aflahorfur fiskveiðiárið 1997/98. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1996/97. Prospects for the Quota Year 1997/98.* Reykjavík 1997. 167 s.
57. Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. Reykjavík 1997. 410 s.
58. **Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson (editors):** *BORMICON. A Boreal Migration and Consumption Model.* Reykjavík 1997. 223 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
59. **Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson:** *BORMICON. User's Manual.* Reykjavík 1997. 61 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
60. **Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson:** *BORMICON. Programmer's Manual.* Reykjavík 1997. 215 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
61. **Þorsteinn Sigurðsson, Einar Hjörleifsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur Karvel Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum haustið 1996. Reykjavík 1997. 34 s.
62. **Guðrún Helgadóttir:** *Paleoclimate (0 to >14 ka) of W and NW Iceland: An Iceland/USA Contribution to P.A.L.E. Cruise Report B9-97, R/V Bjarni Sæmundsson RE 30, 17th-30th July 1997.* Reykjavík 1997. 29 s.
63. **Halldóra Skarphéðinsdóttir, Karl Gunnarsson:** Lífríki sjávar í Breiðafirði: Yfirlit rannsókna. *A review of literature on marine biology in Breiðafjörður.* Reykjavík 1997. 57 s.
64. **Valdimar Ingi Gunnarsson og Anette Jarl Jörgensen:** Þorskrannsóknir við Ísland með tilliti til hafbeitar. Reykjavík 1998. 55 s.
65. **Jakob Magnússon, Vilhelmina Vilhelmsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpslóð á Reykjaneshrygg: Könnunar-

- leiðangrar 1993 og 1997. *Deep Water Area of the Reykjanes Ridge: Research Surveys in 1993 and 1997*. Reykjavík 1998. 50 s.
66. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorsknetum 1997. *Gill-net Survey of Spawning Cod in Icelandic Waters in 1997. Survey Report*. Reykjavík 1998. 19 s.
 67. Nýttastofnar sjávar 1997/98. Aflahorfur fiskveiðiárið 1998/99. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1997/98. Prospects for the Quota year 1998/99*. Reykjavík 1998. 168 s.
 68. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson:** Ýsurannsóknir á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1989-1995. Reykjavík 1998. 75 s.
 69. **Jónbjörn Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Hjörleifsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésson, Kristján Kristinsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumrin 1996 og 1997 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summers 1996 and 1997 - Survey Report*. Reykjavík 1998. 38 s.
 70. **Kristinn Guðmundsson, Agnes Eydal:** Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana. *Phytoplankton, a Potential Risk for Shellfish Poisoning. Species Identification and Environmental Conditions*. Reykjavík 1998. 33 s.
 71. **Ásta Guðmundsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorsknetum 1998. *Gill-net survey of spawning cod in Icelandic waters in 1998*. Reykjavík 1998. 19 s.
 72. Nýttastofnar sjávar 1998/1999. Aflahorfur fiskveiðiárið 1999/2000. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1998/1999. Prospects for the Quota year 1999/2000*. Reykjavík 1999. 172 s. (Ófánlegt - Out of print.)
 73. Þættir úr vistfræði sjávar 1997 og 1998. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1997 and 1998*. Reykjavík 1999. 48 s.
 74. **Matthías Oddgeirsson, Agnar Steinarsson og Björn Björnsson:** Mat á arðsemi sandhverfueidis á Íslandi. Grindavík 2000. 21 s.
 75. Nýttastofnar sjávar 1999/2000. Aflahorfur fiskveiðiárið 2000/2001. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1999/2000. Prospects for the Quota year 2000/2001*. Reykjavík 2000. 176 s.
 76. **Jakob Magnússon, Jútta V. Magnússon, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpfiskarannsóknir. Framlag Íslands til rannsóknaverkefnisins EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999. *Deep-Sea Fishes. Icelandic Contributions to the Deep Water Research Project. EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999*. Reykjavík 2000. 164 s. (Ófánlegt - Out of print.)
 77. Þættir úr vistfræði sjávar 1999. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1999*. Reykjavík 2000. 31 s.
 78. dst^2 Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2000. Reykjavík 2001. 341 s. (Ófánlegt. - Out of print.)
 79. *Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries*. Co-ordinator: Vilhjálmur Þorsteinsson. Reykjavík 2001. 179 s.
 80. Nýttastofnar sjávar 2000/2001. Aflahorfur fiskveiðiárið 2001/2002. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2000/2001. Prospects for the Quota year 2001/2002*. Reykjavík 2001. 186 s.
 81. **Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir:** Ástand sjávar á losunarsvæði skolps undan Ánanaustum í febrúar 2000. Reykjavík 2001. 49 s.
 82. **Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjór og sjávarnytjar í Héraðsflóa. Reykjavík 2001. 20 s.
 83. Þættir úr vistfræði sjávar 2000. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2000*. Reykjavík 2001. 37 s.
 84. **Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjávarnytjar í Hvalfirði. Reykjavík 2001. 14 s.
 85. Rannsóknir á straumum, umhverfisþáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október 2000. *Current measurements, environmental factors and biology of Reyðarfjörður in the period late July to the beginning of October 2000*. Hafsteinn Guðfinnsson (verkefnisstjóri). Reykjavík 2001. 135 s.
 86. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig R. Ólafsdóttir, Jóhannes Briem:** Ferskvatnsáhrif í sjó við Norðausturland að vorlagi. Reykjavík 2002. 42 s.
 87. dst^2 Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2001. Reykjavík 2002. 300 s.
 88. Nýttastofnar sjávar 2001/2002. Aflahorfur fiskveiðiárið 2002/2003. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2001/2002. Prospects for the Quota year 2002/2003*. Reykjavík 2002. 198 s.
 89. **Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveig Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Óivind Kaasa:** Ecology of Eyjafjörður project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992-August 1993. Reykjavík 2002. 129 s.
 90. **Ólafur K. Pálsson, Guðmundur Karlsson, Ari Arason, Gísli R. Gíslason, Guðmundur Jóhannesson, Sigurjón Aðalsteinsson:** Mælingar á brottkasti þorsks og ýsu árið 2001. Reykjavík 2002. 17 s.
 91. **Jenný Brynjarsdóttir:** Statistical Analysis of Cod Catch Data from Icelandic Groundfish Surveys. M.Sc. Thesis. Reykjavík 2002. xvi, 81 s.
 92. Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Ritstjóri: Karl Gunnarsson. Reykjavík 2003. 81 s.
 93. **Guðrún Marteinsdóttir** (o.fl.): *METACOD: The role of sub-stock structure in the maintenance of cod metapopulations*. METACOD: Stofngerð þorsks, hlutverk undirstofna í viðkomu þorskstofna við Ísland og Skotland. Reykjavík 2003. vii, 110 s.
 94. **Ólafur K. Pálsson, Guðmundur Karlsson, Ari Arason, Gísli R. Gíslason, Guðmundur Jóhannesson og Sigurjón Aðalsteinsson:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2002. Reykjavík 2003. 29 s.
 95. **Kristján Kristinsson:** Lúðan (*Hippoglossus hippoglossus*) við Ísland og hugmyndir um aðgerðir til verndunar hennar. Reykjavík 2003. 33 s.
 96. Þættir úr vistfræði sjávar 2001 og 2002. *Environmental conditions in Icelandic water 2001 and 2002*. Reykjavík 2003. 37 s.
 97. Nýttastofnar sjávar 2002/2003. Aflahorfur fiskveiðiárið 2003/2004. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2002/2003. Prospects for the Quota year 2003/2004*. Reykjavík 2003. 186 s.

98. *ds² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2002.* Reykjavík 2003. 346 s.
99. **Agnes Eydal:** Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörungna í Hvalfirði. Reykjavík 2003. 44 s.
100. **Valdimar Ingi Gunnarsson** (o.fl.): Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2002. Reykjavík 2004. 26 s.
101. Þættir úr vistfræði sjávar 2003. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2003.* Reykjavík 2004. 43 s.
102. Nytjastofnar sjávar 2003/2004. Aflahorfur fiskveiðiárið 2004/2005. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2003/2004. Prospects for the Quota Year 2004/2005.* Reykjavík 2004. 175 s.
103. **Ólafur K. Pálsson** o.fl.: Mælingar á brottkasti 2003 og Meðafli í kolmunnaveiðum 2003. Reykjavík 2004. 37 s.
104. **Ásta Guðmundsdóttir, Þorsteinn Sigurðsson:** Veiðar og útbreiðsla íslensku sumargotssíldarinnar að haust- og vetrarlagi 1978-2003. Reykjavík 2004. 42 s.
105. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson:** Ýsa á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1994-1998. Reykjavík 2004. 44 s.
106. **Kristinn Guðmundsson, Þórunn Þórðardóttir, Gunnar Pétursson:** *Computation of daily primary production in Icelandic waters; a comparison of two different approaches.* Reykjavík 2004. 23 s.
107. **Kristinn Guðmundsson, Kristín J. Valsdóttir:** Frumframleiðnimælingar á Hafrannsóknastofnuninni árin 1958-1999: Umfang, aðferðir og úrvinnsla. Reykjavík 2004. 56 s.
108. **John Mortensen:** *Satellite altimetry and circulation in the Denmark Strait and adjacent seas.* Reykjavík 2004. 84 s.
109. **Svend-Aage Malmberg:** *The Iceland Basin. Topography and oceanographic features.* Reykjavík 2004. 41 s.
110. **Sigmar Arnar Steingrímsson, Sólmundur Tr. Einarsson:** Kóralsvæði á Íslandsmiðum: Mat á ástandi og tillaga um aðgerðir til verndar þeim. Reykjavík 2004. 39 s.
111. **Björn Björnsson, Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.):** Þorskeldi á Íslandi. Reykjavík 2004. 182 s.
112. **Jónbjörn Pálsson, Kristján Kristinsson:** Flatfiskar í humarleidangri 1995-2003. Reykjavík 2005. 90 s.
113. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2003. Reykjavík 2005. 58 s.
114. **Kristján Kristinsson, Björn Ævarr Steinarsson og Sigfús Schopka:** Skyndilokanir á þorskveiðar í botnvörpu á Vestfjarðamiðum. Reykjavík 2005. 29 s.
115. **Erlingur Hauksson** (ritstj.). Sníkjuormar og fæða fisks, skarfs og sels. Reykjavík 2005. 45 s.
116. Þættir úr vistfræði sjávar 2004. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2004.* Reykjavík 2005. 46 s.
117. **Ólafur K. Pálsson** o.fl.: Mælingar á brottkasti 2004 og Meðafli í kolmunnaveiðum 2004. Reykjavík 2005. 37 s.
118. *ds² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Final report: 1 January 2000 to 31 August 2004. Volume 1.* Reykjavík 2005. 324 s.
119. *ds² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Final report: 1 January 2000 to 31 August 2004. Volume 2.* Reykjavík 2005. 194 s.
120. **James Begley:** *Gadget User Guide.* Reykjavík 2005. 90 s.
121. Nytjastofnar sjávar 2004/2005. Aflahorfur fiskveiðiárið 2005/2006. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2004/2005. Prospects for the Quota Year 2005/2006.* Reykjavík 2005. 182 s.
122. **Sólveig Ólafsdóttir:** Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland. Nutrient concentrations in Icelandic waters. Reykjavík 2006. 24 s.
123. **Sigfús A. Schopka, Jón Sólmundsson, Vilhjálmur Þorsteinsson:** Áhrif svæðafriðunar á vöxt og viðgang þorsks. Niðurstöður úr þorskmerkingum út af norðanverðum Vestfjörðum og Húnaflóa sumurin 1994 og 1995. **Guðmundur J. Óskarsson:** Samanburður á íslensku sumargotssíldinni sem veiddist fyrir austan og vestan land árin 1997-2003. Reykjavík 2006. 42. s.
124. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2004. Reykjavík 2006. 72 s.
125. Þættir úr vistfræði sjávar 2005. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2005.* Reykjavík 2006. 34 s.
126. Nytjastofnar sjávar 2005/2006. Aflahorfur fiskveiðiárið 2006/2007. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2005/2006. Prospects for the Quota Year 2006/2007.* Reykjavík 2006. 190 s.
127. **Ólafur K. Pálsson** o.fl. Mælingar á brottkasti botnfiska og meðafli í kolmunnaveiðum 2005. Reykjavík 2006. 27 s.
128. **Agnes Eydal o.fl.:** Vöktun eiturbörunga í tengslum við nýtingu skelfisks árið 2005. Reykjavík 2007. 19 s.
129. Nytjastofnar sjávar 2006/2007. Aflahorfur fiskveiðiárið 2007/2008. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2006/2007. Prospects for the Quota Year 2007/2008.* Reykjavík 2007. 180 s.
130. Þættir úr vistfræði sjávar 2006. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2006.* Reykjavík 2007. 39 s.
131. **Höskuldur Björnsson ofl:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum (SMB) 1985-2006 og stofnmæling botnfiska að haustlagi (SMH) 1996-2006. Reykjavík 2007. 220 s. (*With English summary*)
132. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2005. Reykjavík 2007. 42 s.
133. **Sigfús A. Schopka:** Friðun svæða og skyndilokanir á Íslandsmiðum – Sögulegt yfirlit. Reykjavík 2007. 86 s.

134. **Ólafur K. Pálsson o.fl.:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2006. Reykjavík 2007. 17 s.
135. **Gunnar Karlsson:** Afli og sjósókn Íslendinga frá 17 öld til 20. aldar. Reykjavík 2007. 64 s.
136. **Valdimar Ingi Gunnarsson:** Reynsla af sjókvíældi á Íslandi. Reykjavík 2008. 46 s.
137. **Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2006. Reykjavík 2008. 40 s.
138. Nýttastofnar sjávar 2007/2008. Aflahorfur fiskveiðiárið 2008/2009. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2007/2008. Prospects for the Quota Year 2008/2009.* Reykjavík 2008. 180 s.
139. Þættir úr vistfræði sjávar 2007. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2007.* Reykjavík 2008. 40 s.
140. **Hrafnkell Eiríksson:** Dragnót og dragnótaveiðar við Ísland. Reykjavík 2008. 19 s.
141. **Steinunn Hilma Ólafsdóttir og Sigmar Arnar Steingrímsson:** Botndýralíf í Héraðsflóa: grunnástand fyrir virkjun Jökulsár á Dal og Jökulsár í Fljótsdal (Kárahnjúkavirkjun). Reykjavík 2008. 34 s.
142. **Ólafur K. Pálsson o.fl.:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2007 og Göngur þorsks á Íslandsmiðum kannaðar með GPS staðsetningu, bergmálstækni og rafeindamerkjum. Reykjavík 2008. 30 s.
143. Sjór og sjávarlífverur, Ráðstefna Hafrannsóknastofnunarinnar á Hótel Lofleiðum, Reykjavík 20. og 21. febrúar 2009 Ocean and marine biota, Marine Research Institute Conference at Loftleiðir Hótel, Reykjavík, February 20 and 21, 2009. Reykjavík 2009. 79 s.
144. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2007. Reykjavík 2009. 35 s.
145. Þættir úr vistfræði sjávar 2008. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2008.* Reykjavík 2009. 74 s.
146. Nýttastofnar sjávar 2008/2009. Aflahorfur fiskveiðiárið 2009/2010. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2008/2009. Prospects for the Quota Year 2009/2010.* Reykjavík 2009. 174 s.
147. **Ólafur K. Pálsson o.fl. og Sigmar Arnar Steingrímsson:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2008 og Botndýralíf í Seyðisfirði: Rannsókn gerð í tengslum við undirbúning á laxeldi í sjó. Reykjavík 2009. 34 s.
148. **Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson og Einar Hreinsson:** Föngun á þorski. *Capture of cod.* Reykjavík 2009. 122 s.
149. **Svend-Aage Malmberg og Jóhannes Briem:** Hita, seltu og strammælingar í Botnsvogi, Hvalfirði 1973. Reykjavík 2010. 47 s.
150. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2008. *Cod quota for on-growing: results for the year 2008.* Reykjavík 2010. 35 s.
151. **Guðrún G. Þórarinsdóttir o.fl.:** Áhrif dragnótaveiða á lífríki botns í innanverðum Skagafirði. Reykjavík 2010. 19 s.
152. Þættir úr vistfræði sjávar 2009. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2009.* Reykjavík 2010. 53 s.
153. Nýttastofnar sjávar 2009/2010. Aflahorfur fiskveiðiárið 2010/2011. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2009/2010. Prospects for the Quota Year 2010/2011.* Reykjavík 2010. 178 s.
154. **Ólafur K. Pálsson o.fl.:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2009. Reykjavík 2010. 16 s.
155. **Ingbjörg G. Jónsdóttir o.fl.:** Stofmæling hrygningarþorsks með þorsknetum 1996-2009. *Gill-net survey of spawning cod in Icelandic waters 1996-2009.* Reykjavík 2010. 53 s.
156. *Manuals for the Icelandic bottom trawl surveys in spring and autumn* (Enskar útgáfur handbóka stofnmælinga með botnvörpu að vori og hausti) Reykjavík 2010. 125 pp.
157. **Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson o.fl.:** Þorskeldiskvótaverkefnið 2010. Reykjavík 2011. 87 s.
158. Þættir úr vistfræði sjávar 2010. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2010.* Reykjavík 2011. 80 s.
159. Nýttastofnar sjávar 2010/2011. Aflahorfur fiskveiðiárið 2011/2012. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2010/2011. Prospects for the Quota Year 2011/2012.* Reykjavík 2010. 180 s.
160. **Ólafur K. Pálsson o.fl.:** Mælingar á brottkasti þorsks og ýsu 2001-2010, Göngur þorsks til og frá friðunarsvæðum norðan Íslands og Lífríki fjörunnar við útfall Reykjanesvirkjunar. Reykjavík 2012. 41 s.
161. **Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson o.fl.:** Þorskeldiskvótaverkefnið 2011. Reykjavík 2012. 79 s.