

Hörpudiskurinn í Breiðafirði  
Rannsóknir og ástand stofnsins

Jónas Páll Jónasson

Greinargerð unnin fyrir Háskólasetur Snæfellsness og Náttúrustofu  
Vesturlands  
Nóvember 2007

# Efnisyfirlit

<b>Samantekt</b>	<b>3</b>
<b>1. Líffræði hörpudisks</b>	<b>5</b>
1.1 Útbreiðsla . . . . .	5
1.2 Vöxtur og fæða . . . . .	6
1.3 Náttúruleg vanhöld . . . . .	7
1.4 Kynþroski og hrygning . . . . .	10
<b>2. veiðar á hörpudiski</b>	<b>11</b>
2.1 Veiðar á hörpudiski í Norður-Atlantshafi . . . . .	11
2.2 Veiðar á hörpudiski við Ísland . . . . .	12
<b>3. Veiðar og þróun hörpudisksstofnsins í Breiðafirði</b>	<b>15</b>
3.1 Veiðarnar . . . . .	15
3.2 Þróun stofnvisitölu . . . . .	19
3.3 Fiskveiðidaudi og náttúruleg vanhöld . . . . .	25
3.4 Umhverfisþættir og vöðvaþyngd . . . . .	28
3.5 Sveiflur í nýliðun . . . . .	31
3.6 Samband stofnsveiflna við lífræna og ólífræna þætti . . . . .	33
3.7 Samantekt og umræða . . . . .	34
<b>4. Framtíð veiða og rannsókna í Breiðafirði</b>	<b>35</b>
4.1 Mælingar á stofnstærð og nýliðun . . . . .	35
4.2 Svæðisbundinn þéttleiki, vöxtur, nýliðun, lírfurek og stofnerfðafræði . . . . .	37
4.3 Fyrirkomulag veiða, friðuð svæði og svæðislokanir . . . . .	39
4.4 Afrán á hörpudiski . . . . .	40
4.5 Áhrif veiðarfæra, vistvænni veiðarfæri ? . . . . .	41
4.6 Umhverfissvöktun (sjúkdómar, fæða og umhverfisskilyrði) . . . . .	42
4.7 Ræktun, ungvíði sett út . . . . .	42
Forgangsröðun nýrra rannsókna . . . . .	44
<b>Heimildaskrá</b>	<b>45</b>

# Samantekt

Greinargerð þessi var tekin saman til að kynna niðurstöður úr rannsóknum undanfarinna ára á ástandi hörpudisksstofnsins í Breiðafirði. Stofninn er búinn að vera í mikilli lægð undanfarið og veiðar hafa ekki verið leyfðar frá því í byrjun árs 2003.

Meirihluti greinargerðarinnar var unnin upp úr Meistaraverkefni undirritaðs sem unnið var við Háskóla Íslands í samstarfi við Hafrannsóknastofnunina. Efni ritgerðarinnar má finna í eftirfarandi ritum:

Jonasson, J.P., Thorarinsdóttir, G.G., Eiriksson, H. & Marteinsdóttir, G. (2004). Temperature tolerance of Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) under controlled experimental conditions. *Aquaculture Research*, 35, 1405-1414.

Jonasson, J.P., Thorarinsdóttir, G.G., Eiriksson, H., Solmundsson, J. & Marteinsdóttir, G. (2005). The effects of environment and fishing on the abundance and the condition of Iceland scallop, *Chlamys islandica* in Breidifjörður. ICES-CM-2005/O:24.

Jonasson, J.P., Thorarinsdóttir, G.G., Eiriksson, H., Solmundsson, J. & Marteinsdóttir, G. (2007). Collapse of the fishery for Iceland scallop (*Chlamys islandica*) in Breidafjörður, West Iceland. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 298-308.

Töluverðar veiðar hafa verið stundaðar á hörpudisknum í Norður Atlantshafi, en þær hafa oftast staðið frekar stutt yfir á hverjum stað vegna ofnýtingar (bls : 11). Hörpudiskurinn er hægvoxta, tiltölulega langlíf, arktísk tegund og slíkar tegundir eru oft viðkvæmar fyrir nytjum. Veiðarnar við Ísland hafa hinsvegar verið frekar stöðugar, sérstaklega í Breiðafirði þar sem lang umfangsmesta veiðin hefur farið fram (bls: 13). Allsnörp lækking varð á stofnvísitölunni í Breiðafirði undir lok 10. áratugs síðustu aldar (bls: 13) og samfara minnkaði aflinn á hverja sóknareiningu (bls: 19). Nokkru síðar hækkaði meðalsumarhiti sjávar (bls: 28) og árið 2003 var hitastig svipað og hæstu gildi á síðustu öld (milli 1930 - 1950). Nýliðun inn í veiðistofninn var sveiflukennd og var lág í lok 10. áratugarins (bls: 31). Heildar fiskveiðidauði (beinn og óbeinn vegna veiðarfæra) var metinn frekar hár og æ færri árgangar voru í veiðinni. Mjög hár náttúrulegur dauði sem var nokkuð svæðisbundinn í syðri hluta Breiðafjarðar fylgdi svo í kjölfarið (bls: 27). Náttúrulegi dauðinn stafaði líklegast af sýkingu sem greindist í skelinni en einnig er líklegt að

hitastig og fæðuframboð hafi spilað þar inn í. Leiða má að því líkum að hér hafi verið um að ræða orsakasamhengi nokkurra þátta sem varð þess valdandi að stofninn féll, það er að segja nýliðunarbrests, veiða og aukningar í náttúrulegum dauða (bls: 34).

Undir lok greinargerðarinnar er framtíðar rannsóknaverkefnum list og þeim forgangsraðað (bls: 44). Þau verkefni sem brýnast er talið að ráðast í og efla snúa að mælingum á stofnstærð og nýliðun (bls: 35) og verkefni er tengjast umhverfissvöktun á sjúkdómum, fæðu og öðrum umhverfisskilyrðum (bls: 42). Fleiri aðkallandi verkefnum er lýst sem mjög þarft er að framkvæma. Mikilvægi hörpudiskins fyrir samfélögin við Breiðafjörð kallar á að þessum verkefnum sé sinnt vel svo að framtíðarnyt tegundarinnar verði stunduð í sem bestri sátt við umhverfið með það að markmiði að þau verði sjálfbær.

# 1. Líffræði hörpudisks

Lindýrið hörpudiskur (*Chlamys islandica*, 1.1. mynd) er samloka af diskaætt (Pectinidae). Hörpudiskurinn er stærstur þeirra 11 tegunda diska sem finnast við Ísland og sú eina þeirra sem hefur verið nytjuð.



Mynd 1.1: Hörpudiskur, kvendýr vinstra megin og karldýr hægra megin.

## 1.1 Útbreiðsla

Hörpudiskur (*Chlamys islandica*) er útbreiddur á norðlægum slóðum og markast suðurhluti útbreiðslunnar við svæði þar sem sjávarhiti fer upp í 12 - 15 °C (Sundet, 1988; Hovgaard *et al.*, 2001) og finnst hann aðallega þar sem sjávardýpi er minna en 100 m (Wiborg, 1963). Búsvæði hörpudisksins er á grófgerðum hafsbotni þar sem finna má sand, skeljasand, mól og steinvölur. Hann er sjaldgæfari þar sem er grýttur eða leirkenndur botn (Wiborg, 1963; Eiríksson, 1993). Hörpudiskinn má helst finna á straumþungum svæðum sem eru hentug fyrir dýr sem síá sjó til að afla sér fæðu. Yfirleitt festir hann sig við undirlagið (t.d. tómar skeljar og steina) með þráðum úr þar tilgerðum spunakirtli en mest er um það að yngri skeljar festi sig.

Í Norðaustur Atlantshafi finnst hörpudiskurinn í suðvestanverðu Karahafi, í Hvítahafi, við Svalbarða, við Bjarnarey, í Barentshafi meðfram ströndum Novaya

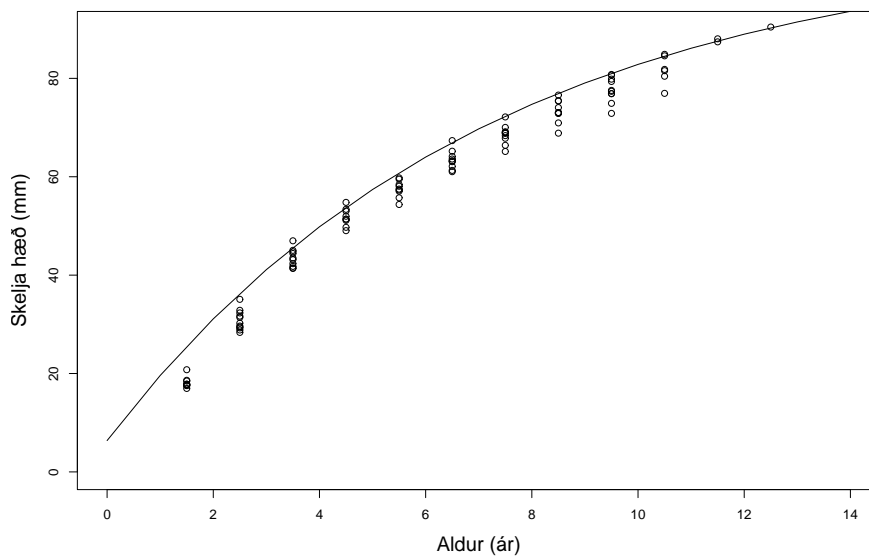
Zemlya, við Jan Mayen, við vesturströnd Noregs auk þess sem hann finnst allt í kringum Ísland að suðurströndinni undanskilinni (Guijarro Garcia, 2006). Í Norðvestanverðu Atlantshafi er hörpudiskur við mest alla vesturströnd Grænlands, frá 77°N suður eftir að 60°N. Við austurströndina er útbreiðsla hans takmörkuð af kalda Austur Grænlandlandsstraumnum og finnst hann einkum í suðaustri við ströndina sem kennd er við Frirðik VI Danakonung. Við austurströnd Kanada finnst hörpudiskur frá Cumberlandnesi, Hudsonflóa og Foxesundi allt suður að Þorskhöfða í Bandaríkjunum (t.d. Guijarro Garcia, 2006). Náskyldar tegundir hörpudisks má finna í Kyrrahafi (Waller, 1991).

## 1.2 Vöxtur og fæða

Hörpudiskurinn er langlíf tegund. Við Noreg hafa greinst einstaklingar allt að 23 ára gamlir (Vahl, 1981) en mun eldri einstaklingar fundust í hörpudiskstofninum við Nuuk á Grænlandi. Þar var talið að 40% af stofninum væri eldri en 21 árs og þar mátti finna einstaklinga sem taldir voru eldri en 35 ára (Pedersen, 1989). Vöxtur hörpudiska er yfileitt mældur eftir hæð dýrsins, frá hjör að mestu hæð. Vaxtarhraði og hámarksstærð hörpudisks er mjög breytileg eftir svæðum og stjórnast að öllum líkindum af hitastigi og fæðuframboði (Vahl, 1981). Vöxturinn er hraðastur í upphafi en minnkar þegar skelin eldist eins og sést berlega þegar skoðuð eru gögn úr Breiðafirði (1.2. mynd). Þar var aldur skelja metinn með svokallaðri Bhattacharya's aðferð (Sparre & Venema, 1998) en hún felur það í sér að gröf eru notuð sjónrænt til að ákvarða einstaka hópa sem tilheyra ákveðnum aldurshópi (hér árgangi, þar sem hörpudiskurinn hrygnir einu sinni á ári). Það er þó mun algengara að meta aldur út frá talningu á 'vetrarvaxtarbaugum' á skeljunum, eða lesa í árhringina sem finna má undir lamarstrengnum sem heldur skeljunum saman (Johannessen, 1973).

Í Breiðafirði nær hörpudiskurinn 60 mm hæð við u.þ.b. 6 ára aldur og telst þá hluti veiðistofnsins (Mynd 1.2). Í yfirliti Pedersen (1994) kom fram að við Grænland tekur það hörpudiskinn 9 ár að ná þessari stærð en við Norður Noreg tekur það um 7 ár. Yfirleitt vex hann hraðar með hækkandi hitastigi. Algengt er að hörpudiskur við Ísland nái 80-100 mm hæð en dæmi eru um hörpudiska frá Jökulfjörðum sem náðu 140 mm skelhæð (Hrafnkell Eiríksson munnlegt).

Hörpudiskurinn líkt og aðrar diskstegundir síar svifþörungum og aðrar smáar fæðuagnir úr sjónum. Diskategundir geta almennt nýtt sér agnir sem eru stærri en 5 - 7  $\mu\text{m}$  og eru það heldur stærri agnir en almennt hjá samlokum (3 - 4  $\mu\text{m}$ , Bricelj *et al.*, 1991). Hörpudiskurinn getur nýtt sér minni agnir en flestir aðrir diskar



Mynd 1.2: Skelhæð eftir aldri. Byggt á gögnum úr stofnmælingu hörpudisks í Breiðafirði á undirsvæði 12.1, 1993 - 2003. Vaxtarkúrfra von Bertalanffy var svo felld að gögnunum og er teiknuð sem lína inn á grafið.

og heldur eftir um 30 % af ögnum sem eru 2  $\mu\text{m}$  að stærð (Vahl, 1973). Botnlægir kísilþörungar eru líka oft mikilvæg fæða hjá diskategundum og eykst mikilvægi þeirra eftir því sem neðar dregur (Shumway *et al.*, 1987). Hlutfall ólífrænna og lífrænna agna (PIM/POM) í sjónum skiptir miklu um hversu árangursríkt hörpudiskurinn nær að sía lífrænar agnir úr sjónum og tengist hlutfallið þannig vexti (Vahl, 1980). Hlutfallið hækkar yfirleitt þegar nær dregur botni og skýrir það ásamt auknu magni svifþörunga í efri lögum sjávar hraðari vöxt hörpudisks í búrum nærri yfirborði en á botni (Þórarinsdóttir, 1994).

### 1.3 Náttúruleg vanhöld

Náttúruleg vanhöld hörpudisks eru frekar lítil í samanburði við aðra nytjastofna. Í St. Lawrenceflóa í Kanada voru náttúruleg vanhöld í óveiddum stofni metin 2.4 - 8.4% á ári (ekki ungvíði). Þar var dauðinn metinn út frá hlutfalli dauðra skelja sem hanga enn á hjör. Hörpudiskurinn helst á hjör í um 200 daga eftir að hann drepst (Jónasson, 2004). Út frá þeim upplýsinum er hægt að meta náttúrulegan dauða (jafna: 3.4 á bls: 27). Þessi mæling tekur ekki tillit til affalla af völdum lífvera er bryðja skelina og er því alltaf um vanmat að ræða.

### **Afrán**

Fjölmargar skepnur éta hörpudiska þó helst ungvíði. Ýmsar krabba- (t.d. Arsenault & Himmelman, 1996) og fiskitegundir (Naidu & Meron, 1986) éta smærri skel. Einkum hafa skeljaleifar fundist í flatfiskum. Hér við land, hefur hörpudiskur m.a. fundist í ýsu, þorski og steinbít (Haraldur Einarsson, munnlegt). Hörpudiskurinn er hins vegar mjög staðbundinn tegund og það er því erfitt að alhæfa um heildarafrán á Íslandsmiðum. Hér verður vikið nánar að nokkrum stórtækum afræningjum.

Hörpudiskur var um helmingur allrar fæðu æðarfugls og æðarkóns í athugun í Balsfirði í Norður-Noregi (Brand, 1991). Í Balsfirði eru gjöful hörpudisksmið og þar er framboð af hörpudiski mikið. Æðurin bryður skelina og er erfitt að meta afrán hennar beint. Eftir því sem hörpudiskurinn stækkar og skelin þykkar á æðurin erfiðara með að bryðja hann og við 50 mm stærð minnkar mjög tíðni hörpudisks sem bráðar (Brand, 1991).

Krossfiskar eru mikilvægir afræningjar á hörpudiski, bæði litlum og stórum. Krossfiskarnir þröngva sér inn í skelina og melta hana með úthverfum maga. Skelin helst eftir á hjörinni og mælist því afrán þeirra beint. Jákvætt samband hefur fundist á milli náttúrulegs dauða og magn krossfisks (*Asterias rubens*) í rannsóknatogum í Breiðafirði (Jónasson, 2005). Einnig hafa krossfiskar valdið fjöldadauða á hörpudisksmiðunum í Balsfirði (Brun, 1968).

Í Norður Noregi er rauður kóngakrabbi (*Paralithodes camtschaticus*), ný innflutt tegund orðin mikilvirkur afræningi á hörpudiski (Jørgensen, 2005). Krabbanum hefur fjölgað mjög í nýjum heimkynnum sínum frá því hann var fluttur þangað fyrir um 40 árum og hefur útbreiðsla hans aukist mikið, einkum til vesturs og svo áfram suður meðfram ströndum Noregs (Pedersen *et al.*, 2006). Hann er ósérhæfður afræningi og virðist éta það sem er nærtækast. Stórir krabbar (2.5 - 3 kíló) átu í tilraunum í kringum 330 gr af hörpudiski á dag, þegar hermt var eftir sama fæðuframboði og finnst á hörpudisksmiðum í Balsfirði í Norður-Noregi (Jørgensen, 2005).

### **Umhverfisþættir, mengun**

Afföll hjá hörpudiski eru þekkt vegna breyttra umhverfiskilyrða, bæði vegna skammtíma- og langtímabreytinga. Langtímabreytingarnar eru í eðli sínu svar tegunda við breyttum umhverfisaðstæðum hverju sinni. Slíku má búast við á mörkum útbreiðslusvæða tegunda.

Wiborg (1963) fann mikið af dauðri skel fyrir utan fjarðarmynni þröskuldsfjarða (firðir með grynningar við fjarðarmynni) í Norður Noregi ásamt töluvert af yngri skel. Hann taldi að dauðinn stafaði annað hvort af snöggum hitastigshækkunum eða



seltulækkun. Innar í firðinum, þar sem er umhverfið var stöðugra voru hörpudiskstofnar í ágætis standi. Þegar mikil hlýnun varð í Barentshafi upp úr 1930 hurfu margir stofnar í fjörðum sem voru án þröskulds í Noregi (Wiborg, 1963). Sams konar hlýnun varð á sama tíma í Breiðafirði og er ekki vitað hvaða áhrif hún hafði á hörpudisk við Ísland (Jónasson *et al.*, 2004), enda hófust veiðar og rannsóknir ekki fyrr en 1970 (Eiríksson, 1997). Við Ísland finnst hörpudiskur einna syðst í Hvalfirði. Leitt hefur verið að því líkum að hár sjávarhiti þar árið 1982 hafi átt þátt í miklum afföllum (Eiríksson, 1997). Hjá hafdiski (*Placopecten magellanicus*) í Kanada hefur hár sjávarhiti einnig verið tengdur við mikil dauðsföll (Dickie & Medcof, 1963).

Diskar henta vel sem vöktunartegundir fyrir mengun sér í lagi málma. Málmur safnast í miklum mæli upp í vefjum skeljarinnar og jafnvel í ríkara mæli en hjá bláskel (*Mytilus edulis*). Lagt hefur verið til að nota disktegundir sem nokkurs konar lífræna mengunarvaktara (Gould & Fowler, 1991). Mengun í íslenskum fjörðum hefur hingað til yfirleitt verið talin lítið vandamál (Egilsson *et al.*, 1999). Málmurinn kadmíum hefur þó fundist yfir viðmiðunarmörkum til mannelis í hörpudiski úr Arnarfirði. Þetta mikla kadmíummagn hefur ekki verið rakið til mannlegra þátta (Hrafnkell Eiríksson munnlegt) en ekki liggja enn fyrir upplýsingar um umfang þessarar mengunar. Há kadmíumgildi eru vel þekkt í disktegundum frá ýmsum stöðum og eru oftast en ekki talin stafa af náttúrulegum orsökum (Gould & Fowler, 1991). Þó hefur verið bent á að samhengi sé á milli háskadmíumsmagns og lélegs fæðuframboðs hafdiskis í Kanada (Uthe & Chou, 1987). Hörpudiskur gæti einnig hentað sem vöktunartegund fyrir þrávirk lífræn efni en sýnt hefur verið fram á í skyldri tegund, *Chlamys ferrari*, að hún henti vel til að mæla skemmdir vegna fjölhringja arómatískra efna (benzo(*k*)fluoranthén, Pan *et al.*, 2005).

### ***Sjúkdómar og sníkjudýr***

Almennt má segja að flestir þekktir sjúkdómar og sníkjudýr í disktegundum hafa fundist þegar eldi hefst (Getchell, 1991). Árið 2002 greindust þó tvenns konar sýkingar í villtum hörpudiski úr Breiðafirði sem rekja má til frumdýra (*Coccidia*, Kristmundsson, 2007). Þau virtust annars vegar sýkja hjartað og hins vegar blóðfrumurnar. Frumdýrið sem sýkir blóðfrumurnar er talið geta valdið miklum skaða. Í blaðaviðtali árið 2007 taldi Árni Kristmundsson sýkingarnar vera megin orsakavald fyrir hrúni hörpudisksins í Breiðafirði (Kristmundsson, 2007), en Jónas Páll Jónasson og fleiri (2007) töldu að hrúnið ætti sér flóknari forsendur. Frumdýrin hafa fundist í öllum þeim sýnum sem aflað hefur verið við Ísland, í Breiðafirði, Hvalfirði, Arnarfirði og í Húnaflóa (Kristmundsson *et al.*, 2004; Kristmundsson, 2007). Svipaðar sýkingar af völdum frumdýra hafa einnig fundist í öðrum disktegundum eins og í *Argopecten*

*irradians* og valdið þar háum dauðsföllum, sér í lagi í eldi (Leibovitz *et al.*, 1984). Ýmsar ásætur og samlífis eða sníkjudýr einkenna disktegundir og eru mörg dæmi um ýmis konar afföll af þeirra völdum (t.d. Getchell, 1991). Við Ísland hafa kalkþörungar (*Lithothamnium sp.*) í Arnarfirði, Ísafjarðardjúpi og í Húnaflóa valdið dauða þar sem efri skelin grotnar niður við ásetuna (Eiríksson, 1986). Bakteríusýkingar hafa einnig fundist í ýmsum disktegundum og hafa þær orsakað fjöldadauða (t.d. Getchell, 1991).

## 1.4 Kynþroski og hrygning



Mynd 1.3: Ungur hörpudiskur úr lirlfusöfnurum. Tólf, tíu og fimm mánaða skeljar.

Við Ísland verður hörpudiskurinn kynþroska við um 40 - 50 mm skelhæð eða við 4 - 5 ára aldur. Tegundin er einkynja og myndar karldýrið hvítleitann sviljasekk en kvendýrið bleikan eða appelsínuraudan hrognasekk (1.1. mynd). Hlutfall kynja er yfirleitt nokkuð jafnt (Eiríksson, 1986). Hörpudiskur hrygnir einu sinni á ári um mitt sumar. Aðalhrygningin á sér stað í lok júní og nær hámarki í júlí í Breiðafirði þegar hiti og fæða eru í hámarki (Eiríksson, 1986, 1970; Þórarinsdóttir, 1993). Í Balsfirði í Noregi er hrygningarhámark tengt snöggri hækkun hitastigs (Skreslet, 1973) en þroskun kynkirtlana er tengd hækkun hitastigs og auknu fæðuframboði (Skreslet & Brun, 1969; Þórarinsdóttir, 1991). Norskar rannsóknir hafa sýnt fram á að lirlfurnar eru sviflægar í um 6 vikur (Skreslet & Brun, 1969; Sundet, 1988). Íslenskar athuganir hafa sýnt að flestar lirlfur verða botnlægar (1.3. mynd) í september eftir 6-8 vikur í svifinu (Þórarinsdóttir, 1991; Guijarro Garcia *et al.*, 2003).

## 2. Stofnstærðarbreytingar: Veiðar á hörpudiski

Stofnstærðarsveiflur hjá fiskum og skelfiskum hafa verið skilgreindar sem ýmist stöðugar, reglubundnar, óreglulegar eða slitróttar sveiflur (Caddy & Gulland, 1983). Hjá disktegundum eru nokkrir þættir sem geta haft áhrif á stofnstærðina auk beinna og óbeinna áhrifa veiða. Þar ber helst að nefna breytileika í nýliðun og háa dánartíðni af ýmsum orsökum (Orensanz *et al.*, 1991). Langlífur norðlægur og arktískur tegundir líkt og hörpudiskurinn (*C. islandica*) hafa verið taldar falla inn í skilgreininguna um stöðugan stofn (Orensanz *et al.*, 1991). Þó hefur orðið vart við töluverðar sveiflur í nokkrum stofnum hörpudiska í Norður-Atlantshafi; meðal annars vegna breytinga á seltu og hitastigi (Wiborg, 1963), vegna afráns krossfiska (Brun, 1968) og vegna ofveiði (Hovgaard *et al.*, 2001).

Hjá mismundandi stofnum hörpudisks er mjög breytilegt hversu tíð góð nýliðun er. Eftir að skammlífum hörpudisksveiðum við Jan Mayen og við Svalbarða lauk vegna ofveiði í kringum 1986 - 1987 (Anon., 1988), varð fyrst vart við góða nýliðun árið 1996 (Anon., 2002). Það gefur til kynna að góð nýliðun á þeim slóðum komi með nokkuð löngu millibili en minnkun hrygningarstofns gæti spilað þar einhverja rullu. Reyndar hefur verið bent á að um neikvætt samband kunni að vera á milli stofnstærðar og nýliðunar í hörpudiski (Vahl, 1981). Við vesturströnd Grænlands einkennast flestir stofnarnir af gömlum einstaklingum og lágrí nýliðun og eru þeir oft viðkvæmir fyrir veiðum (Pedersen, 1994). Aftur á móti virðist vera nokkuð stöðug nýliðun við eyjuna St.Pierre í St.Lawrenceflóa í Kanada (Naidu & Anderson, 1984).

### 2.1 Veiðar á hörpudiski í Norður-Atlantshafi

Veiðar á hörpudiski hafa verið stundaðar á nokkrum stöðum í Norður-Atlantshafi. Við vesturströnd Norður-Ameríku hafa verið stundaðar veiðar um langt skeið en þar er þó langsamlegast mest veitt af hafdiski. Veiðarnar á hörpudiski við norðaustur St.Lawrenceflóa hafa sum árin verið hátt í 300 tonn af vöðva (um 3 000 tonn

heildarþyngd, Black *et al.*, 1993).

Veidum við norðaustur Atlantshaf var gerð góð skil í yfirlitsriti Elenu Guijarro Garcia (2006). Við strendur Noregs hefur hörpuðiskur verið veiddur um aldir (fyrstu heimildir frá um 1770) og hefur þá aðallega verið nýttur sem beita við línuveiðar (Bratrein, 1988). Stærstu hörpuðisksmiðin voru kortlögð í Balsfirði í Norður Noregi og var talið að það svæði gæti gefið um 500 - 1 000 tonn af skel á ári. Seinna var þó talið að hámarksveiðin ætti að vera um 250 tonn (sjá nánar í: Guijarro Garcia, 2006). Árið 2007 er ráðlagður kvóti við strendur Noregs 250 tonn en undanfarin ár hefur sá kvóti ekki verið veiddur nema að litlu leyti (Anon., 2007a). Úthafsveiðar Norðmanna á skel hófust við Jan Mayen árið 1985. Árið 1986 voru veidd þar um 13 000 tonn en lágt stofnmat árið 1987 leiddi til þess að veiðisvæðinu var lokað. Innan við 2 000 tonnum af skel var landað af Svalbarðasvæðinu árið 1986. Mikil aukning í veiðum átti sér stað við Svalbarða árið 1987 þegar um 40 000 tonnum var landað. Mikil minnkun átti sér strax stað árið 1988 þegar aflinn var 8 000 tonn. Næstu ár á eftir var um 2 000 - 7 000 tonnum landað (sjá nánar í: Guijarro Garcia, 2006) en árið 1992 var svæðinu lokað. Það bann stendur enn því magn hörpuðisks á veiðisvæðunum árið 2006 var enn langt undir því sem það var áður en veiðar hófust (Anon., 2007a). Umfangsmiklar veiðar voru einnig við Bjarnarey árin 1987 - 1992 (Guijarro Garcia, 2006) en veiðum var líka hætt þar árið 1992 þegar gengið hafði verið mjög nærri stofninum (Anon., 2007a). Þó ber að geta þess að á árunum 1993 - 1995 voru um 2 000 - 4 000 tonn veidd í tilrauna- og atvinnuskyni við Bjarnarey og á völdum svæðum við Svalbarða (Guijarro Garcia, 2006).

Við Grænland hófust veiðar í litlum mæli árið 1983 (Pedersen, 1994). Árin 1988 - 1992 var landað frá 400 - 1 900 tonnum en síðan 1995 hefur veiðin verið um 1 200 - 2 600 tonn á ári (sjá nánar í: Guijarro Garcia, 2006). Veiðisvæðin við Vestur-Grænland hafa einkennst líkt og kom fram hér að ofan af hægvaxta einstaklingum sem safnast hafa upp á löngum tíma sökum lítillar nýliðunar. Gengið hefur verið mjög nærri einstaka veiðisvæðum á tiltölulega skömmum tíma (Pedersen, 1994) en þegar veiði þverr á einu svæði eykst þungi veiðanna annars staðar (sjá nánar í: Guijarro Garcia, 2006).

## 2.2 Veiðar á hörpuðiski við Ísland

Hér verður fjallað um veiðar á hörpuðiski við Ísland á öðrum svæðum en við Breiða-fjörð en veiðunum þar verða gerð skil í næsta kafla. Veiðarnar hófust árið 1969 frá Bolungarvík við Ísafjarðajúp (Eiríksson, 1986). Hrafnkell Eiríksson (1986) gerði í riti

sínu grein fyrir þeim tilraunaleiðöngrum sem farnir voru og kortlagði hörpudisksmiðin.

Tafla 2.1: Afli hörpudisks (tonn) við Ísland eftir svæðum frá 1969 - 2003. Engar veiðar voru stundaðar árin 2004 - 2006 (Anon., 2007b).

Ár	Breiða- fjörður	Arnar- fjörður	Ísafjarðar- djúp	Húna- flói	Hval- fjörður	Patreks- fjörður	Dýra- fjörður	Skaga- fjörður	Vopna- fjörður	Samtals
1969			402							402
1970	2 216		199	17						2 432
1971	2 542	140	534	374		68				3 658
1972	4 564	295	2 087	306		78	19			7 349
1973	3 218	196	1 219	72		140	3			4 848
1974	2 851									2 851
1975	2 729	27				28				2 784
1976	3 420	148		101						3 669
1977	3 752	73	260	342						4 427
1978	7 575	126	603	270		17	128			8 719
1979	6 055	178	473	937		16	141			7 800
1980	7 133	279	615	855	42		155			9 079
1981	8 328	522	687	228	315	32	74			10 186
1982	10 034	670	634	67	521	27	123			12 076
1983	11 218	842	921	1 695	346	59	100			15 181
1984	11 880	550	867	1 733	82	67	28	376		15 583
1985	12 128	754	881	1 986		16	120	665	518	17 068
1986	12 708	619	707	1 232			121	513	529	16 429
1987	11 071	227	314	1 576			84			13.272
1988	9 810		218				30			10.058
1989	10 066		469	177			60			10.772
1990	10 090	263	704	1 199			124			12.380
1991	8 918	339	346	598					96	10.297
1992	10 553	277	647	765			88	24	99	12 443
1993	10 752	128	431	390		97	72			11 870
1994	7 485	313	147	450						8 401
1995	8 000		3	379						8 382
1996	8 473			389				11		8 873
1997	8 882	244		958	127	15		140		10 424
1998	8 395	94		1 248	195	31		75		10 098
1999	8 131	95		180	361			5		8 868
2000	8 589	126		66	293					9 074
2001	6 331	4			164					6 499
2002	5 124				68					5 192
2003	789									789
Samtals	253 810	7 529	14 368	18 590	2 514	691	1 470	1 809	1 242	302 233

Helstu veiðisvæðin fyrir utan Breiðafjörð hafa verið Húnaflói, Ísafjarðardjúp og Arnarfjörður (Tafla. 2.1). Afli á sóknareiningu árin 1980 - 1985 á þessum svæðum var umtalsvert lægri en í Breiðafirði (Eiríksson, 1986).

Veiðin í Húnaflóa náði hámarki 1985, um 2 000 tonn, en fór svo minnkandi. Árið 1988 var ekkert veitt og lítið árið 1989 en veiðarnar jukust svo aftur á árunum 1990 -

1998 (Tafla. 2.1). Frá árinu 2000 hefur ekkert verið veitt í Húnaflóa. Hörpudisksmið eru víða í Húnaflóa, m.a. við Skaga, í Steingrímsfirði, Reykjafirði og á Ófeigsfjarðarflóa. Víða er að finna stóra skel, en hún fer minnkandi þegar innar dregur, til dæmis inn með Skaga (Eiríksson, 1986). Þegar sýni voru tekin vegna rannsóknar á hitaþoli árið 2002 við Steingrímsfjörð kom í ljós töluvert magn af ungskel (< 30 mm) og nokkurt magn af stórri skel (+ 75 mm), sem bendir til þess að nýliðunin sé óregluleg í Steingrímsfirði (óbirt gögn).

Töluverðar veiðar voru í Ísafjarðardjúpi í upphafi veiðanna við Ísland og náðu þær hámarki árið 1972 þegar veidd voru um 2 000 tonn (Tafla. 2.1). Engar veiðar voru stundaðar 1974 - 1976. Á árunum 1977 - 1994 voru veidd á bilinu 200 - 900 tonn árlega en veiðar hafa legið niðri síðan þá.

Veiðar voru stundaðar með hléum í Arnarfirði á árabilinu frá 1971 - 2001. Hámarki náðu þær árið 1983 eða 850 tonnum (Tafla. 2.1).

Í Hvalfirði, syðsta veiðisvæðinu við Ísland hófust veiðar árið 1980. Stofnvísitalan þar minnkaði mikið árið 1983 en það var tengt við hátt hitastig árið áður (Eiríksson, 1986). Mæld stofnvísitala þar minnkaði einnig töluvert á tímabilinu 2000 - 2002 (Anon., 2003). Hugsanlega má þó rekja bæði þessi hningunartímabil að einhverju leyti til veiða, en hörpudiskur var veiddur í þó nokkrum mæli fyrir bæði þessi tímabil (Tafla. 2.1).

## 3. Veiðar á hörpudiski og þróun stofnsins í Breiðafirði

### 3.1 Veidarnar

Rannsóknaveiðar á hörpudiski hófust árið 1970 í Breiðafirði. Mjög gjöful mið fundust þá víða og hófust atvinnuveiðar í kjölfarið. Í rannsóknaleiðangri árið 1972 voru ný og gjöful mið kortlögð en með auknum veiðum og rannsóknum bættust nær árlega við ný hörpudisksmið (Eiríksson, 1986). Veiðarnar fóru nokkuð hratt af stað fyrstu árin en dvínuðu þó aðeins fram til ársins 1978 vegna markaðsaðstæðna (Hrafnkell Eiríksson, munnlegt, tafla 3.1). Veiðarnar náðu hámarki á níunda áratugnum þegar 12 708 tonnum var landað árið 1986. Nokkuð dró úr veiðunum á tíunda áratugnum en undir lok hans voru að jafnaði veidd um 8 500 tonn árlega. Aflabrögð versnuðu verulega um og eftir aldamót, kvótinn minnkaði og árið 2003 sett á veiðibann sem stendur enn.

Veiðisvæðunum í Breiðafirði var skipt upp í norðursvæði (undirsvæði 31 - 42) norður af Bjarneyjaál og suðursvæði (undirsvæði 2 - 14) sem liggur suður af álnum (3.1. mynd). Veiðarnar voru stundaðar fyrstu árin á gjöfulum miðum á suðursvæði nálægt Stykkishólmi og Grundarfirði þaðan sem gert var út (Hrafnkell Eiríksson, munnlegt). Eitt stærsta veiðisvæðið þar liggur frá Selskerjum út af Grundarfirði og teygir sig austur inn að Höskuldsey og þaðan norður fyrir Kópaflogur og Elliðaey (Eiríksson, 1986) eða á undirsvæðum 13 og 12.1 (3.1. mynd). Hörpudiskinn á þessum svæðum er aðallega að finna í bröttum köntum á um 35 - 55 m dýpi. Góð mið eru einnig á 'Sundunum' fram af Stykkishólmi og á svæðinu í kringum Elliðaey (algengt dýpi 22 - 45 m), á undirsvæðum 2, 11 og 12.2 (3.1. mynd). Veiðarnar á stærsta veiðisvæðinu (undirsvæði 12.1 og 13) hafa dregist saman frá 1989 á vestari hlutanum og frá árinu 1996 á þeim eystri (Töflur 3.1 og 3.2). Veiðisvæðin næst Grundarfirði (undirsvæði 4) hafa ekki gefið aflu síðustu ár en árið 1988 var síðast veiddur hörpudiskur þar sem einhverju nam. Árin 1973 - 1974 var beitt tímabundnum lokunum vegna

Tafla 3.1: Hlutfallsleg skipting (%) á hörpudisksafla eftir svæðum og heildaraffi eftir árum í Breiðafirði. Nokkuð af upplýsingum um svæðaskiptingu afla vantar í gögnum frá 1972 - 1987 sem getur orsakað skekkju.

Undirsvæði															Af heild	Aflí	
	2	3.1	3.2	4	11	12.1	12.2	13	22	32.1	32.2	33.1	33.2	42			
1970																	2 216
1971																	2 542
1972	1	3	0	21	5	4	0	56			5			5	100	4 564	
1973	3	0		0	6	41	7	1	3		19	4	14	1	99	3 218	
1974	5	2		1	3	7	2	69	10		1			0	100	2 851	
1975	2	4	0	24	3	20	1	35	3		1			1	94	2 729	
1976	3	12	1	5	4	40	6	23	1	1	1		2	2	100	3 420	
1977	6				18	54	10	7	5						100	3 752	
1978	5	11	1	7	13	12	6	5	2		28		8	0	97	7 575	
1979	14	6		1	4	19	5	6	0	1	20		19	5	99	6 055	
1980	10	10	1	2	7	18	8	15	4	0	15	0	5	3	100	7 133	
1981	8		11	2	5	25	6	7	1	7	9	1	14	4	100	8 328	
1982	3	3	0	2	6	28	5	10	2	0	31	0	2	8	100	10 034	
1983	9	8	4	3	4	23	6	16	2	4	14	0	7	0	100	11 218	
1984	11	12	8	5	8	17	3	9	1	0	24		1	1	100	11 880	
1985	5	12	11	4	7	11	5	4	0	3	33	0	2	3	100	12 128	
1986	13	1	0	9	8	22	6	1	2	2	21	1	5	3	95	12 708	
1987	12	3	5	1	11	22	3	4	2	8	14	2	3	8	97	11 071	
1988	8	10	8	2	14	21	6	13	1	0	12			4	98	9 810	
1989	7	12	13	0	10	17	3	13	3	4	9	2	6	1	98	10 066	
1990	4	7	9	0	11	14	3	2	2	5	28	3	8	3	99	10 090	
1991	9	9	4	0	10	11	9	0	2	3	32	0	2	7	98	8 918	
1992	8	8	6	0	8	15	23	2		6	14	1	2	6	99	10 553	
1993	5	12	2	0	12	21	14	5	1	6	14	1	2	2	97	10 752	
1994	6	9	2	0	15	14	12	1	2	5	24	1	2	3	98	7 485	
1995	10	9	4	0	9	16	14	2	1	5	13	3	5	5	98	8 000	
1996	8	11	5	0	11	21	10	2	1	3	21	1	2	2	97	8 473	
1997	10	7	5	0	12	9	13	0	0	6	20	1	8	4	94	8 882	
1998	10	2	2		16	10	14	0	1	5	17	2	6	11	96	8 395	
1999	6	5	2		15	8	15	1	1	6	29	0	3	6	97	8 131	
2000	10	3	4		22	7	11	0	1	7	14	0	3	9	91	8 589	
2001	17	4	5		13	3	14			5	20	1	3	8	94	6 331	
2002	13	3	4		14	6	15		1	2	19	2	3	9	91	5 124	
2003	7	0	5		13	0	26			0	16	0	5	17	89	789	

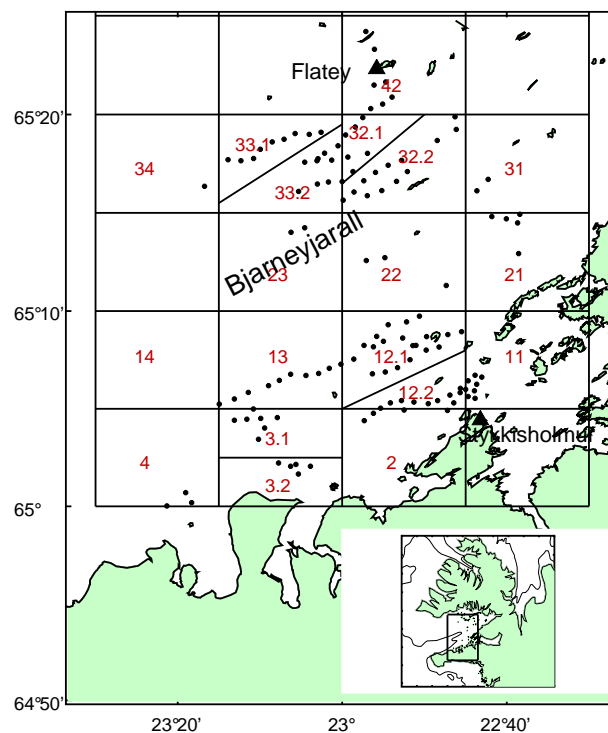
stífrar sóknar á svæðum 4 og 13 (Hrafnkell Eiríksson munnlegt) sem skýrir lækkun í hlutdeild þeirra fyrir viðkomandi ár. Á undirsvæðunum 2, 11 og 12.2 sem liggja nærri Stykkishólmi hefur afinn verið hlutfallslega nokkuð jafn í gegnum tíðina og vægi þessara svæði jókst lítillega þegar kom fram á níunda áratuginn og allt til loka veiðanna árið 2003.

Veiðisvæðin norður af Bjarneyjaál voru kortlögð á sama tíma og þau sem eru fyrir sunnan álinn. Helstu veiðisvæðin þar hafa verið frá Bjarneyjaál og norður undir Oddbjarnarsker í bröttum köntum (aðalsvæðin í Bjarneyjaflóa, undirsvæði 32.2 og út af Álaskerjum 33.2) á all nokkru dýpi (36 - 55 m) og í námunda við Flatey



(undirsvæði 42, 3.1. mynd) á 25 - 45 m dýpi (Eiríksson, 1986). Töluverðar veiðar voru stundaðar árið 1973 á norðursvæði sem skýrðust af lokunum á suðursvæði. Veiðar í umtalsverðu magni hófust svo árið 1978 á norðursvæðum (Tafla 3.1) en frá því ári var sókninni stýrt milli norður- og suðursvæðis (Hrafnkell Eiríksson munnlegt). Veiðarnar héldust nokkuð stöðugar fram til 2002 á þessum undirsvæðum að undanskildu svæðinu út af Álaskerjum (33.2) þar sem mest var veitt í kringum 1980.

Stjórnvöld stýrðu veiðum með aflamarki á grundvelli veiðiráðgjafar Hafrannsóknastofnunarinnar. Ráðgjöfin byggði á því að veiða um 10% af stofnmati sem fengið var út frá stofnvisitölu (bls: 19) og dreifingu veiða milli suður og norðursvæða. Prósentan var ákveðin í upphafi út frá stjórnun veiða á sambærilegum stofnum (Hrafnkell Eiríksson, munnlegt). Stærri skipum var bannað að veiða á suðursvæðum á betri sjósóknartíma en minni bátar fengu að athafna sig þar allt árið um kring (Hrafnkell Eiríksson munnlegt). Aflamarkið og landaður affi voru í upphafi yfirleitt nokkru hærri (yfirleitt minna en 15% frávik, Guijarro Garcia, 2006) en ráðgjöf Hafrannsóknastofnunarinnar en frá 1994 má segja að affinn hafi verið í samræmi við ráðgjöfina (Anon., 2005).



Mynd 3.1: Yfirlitskort af Breiðafirði. Reitaskiptingin táknar undirsvæði sem notuð eru við stofnstærðarútreikninga. Stöðvar notaðar í stofnstærðarúttekt eru táknadað með punktum.

Tafla 3.2: Uppreiknaður heildaraffi hörpudisks frá upphafi veiða árið 1972 - 2003 eftir svæðum (undirsvæðum með minna en 50 tonna uppreiknuðum afla var sleppt) og áætluð stærð veiðisvæða sem stuðst er við í stofnmælingu hörpudisks (ath undirsvæði 2 og 11 eru stærri en sleppt var þeim hluta sem einungis minni bátar gátu athafnað sig á). Nokkuð af upplýsingum um svæðaskiptingu afla vantar í gögnin frá 1972 - 1987 sem getur orsakað skekkju á mikilvægi hvers svæðis.

Undirsvæði	Uppr. affi(t)	Stærð(km <sup>2</sup> )	Uppr.affi(t) á ferkm
1	1 221		
2	20 219	2.59	7 806
3.1	17 242	4.54	3 798
3.2	11 188	3.89	2 876
4	5 796	0.49	11 828
10	318		
11	24 961	2.59	9 637
12.1	42 392	16.85	2 516
12.2	20 957	5.83	3 595
13	17 848	6.48	2 754
21	288		
22	3 816	2.22	1 719
23	541	1.48	366
31	928		
32.1	8 482	1.85	4 585
32.2	46 485	8.89	5 229
33.1	2 250	4.44	507
33.2	10 905	5.92	1 842
34	116	0.49	237
41	279		
42	10 449	2.96	3 530
43	69		
51	1 620		
52	372		
53	224		
Önnur svæði	86		
Samtals	248 966	71.5	

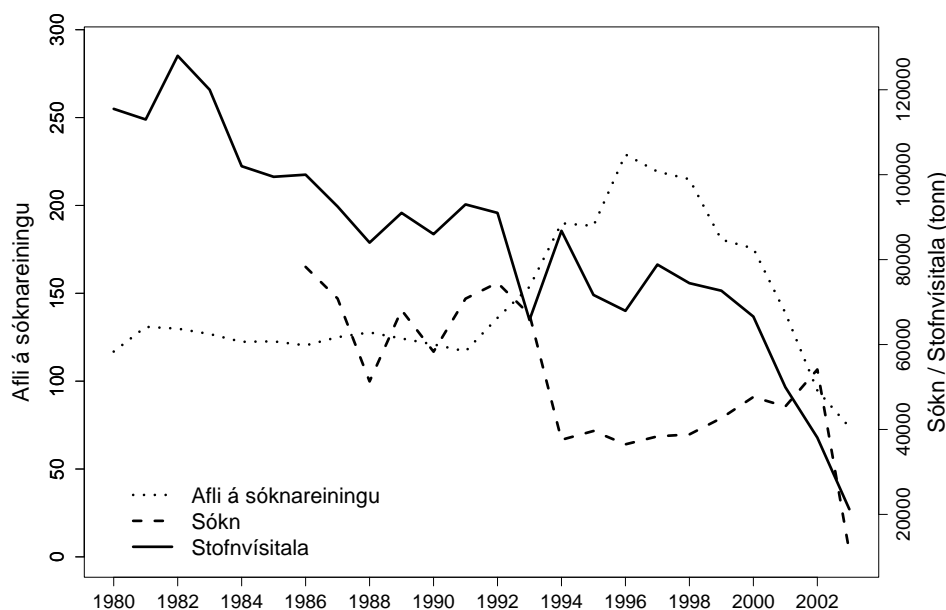
Töluverður breytileiki var á afrakstri veiðanna í Breiðafirði. Hér er byrjað á að skoða þróunina árið 1986 þegar veiðarnar eru orðnar stöðugar og nær öll veiðin skráð í afladagbækur (3.2. mynd). Affi á sóknareiningu (CPUE) var tiltölulega stöðugur árin 1986 - 1990, en hann jókst töluvert árin 1991 - 1996. Árin 1996 - 1998 var aflinn á sóknareiningu hár, um 220 - 228 kg á klukkustund fyrir hvert plógfet. Frá 1998 allt fram til enda veiðanna féll aflinn á sóknareiningu nokkuð hratt og var kominn niður fyrir 100 kg árið 2003. Lítil munur var á afla á sóknareiningu milli undirsvæða (3.3. mynd).

Sóknin (klukkustundir veiða á hverju feti plógs, algeng plógbreidd um 8 - 9 fet) var mun meiri árin 1986 - 1993 en árin 1994 - 1998. Hún jókst aftur á árunum 1999 - 2002 en sveiflan í sókninni var öflug í samanburði við afla á sóknareiningu (3.2. mynd). Sóknarmynstrið var hins vegar nokkuð sveiflukennt þegar rýnt er í einstök

undirsvæði (3.4. mynd).

Miklar breytingar urðu á veiðarfærum um og upp úr 1990 þegar sleðaplógum var skipt út fyrir þyngri og fengsælli hjólaplóga. Öll vinna við þá um borð var fljótlegri og með þeim mátti toga með meiri hraða og einnig frá báðum hliðum. Líklegt er að aukningin í afla á sóknareiningu árin 1991 - 1996 hafi að mestu leyti verið til komin vegna breytinga og þróunar á veiðiplógnum.

## 3.2 Þróun stofnvísitölu

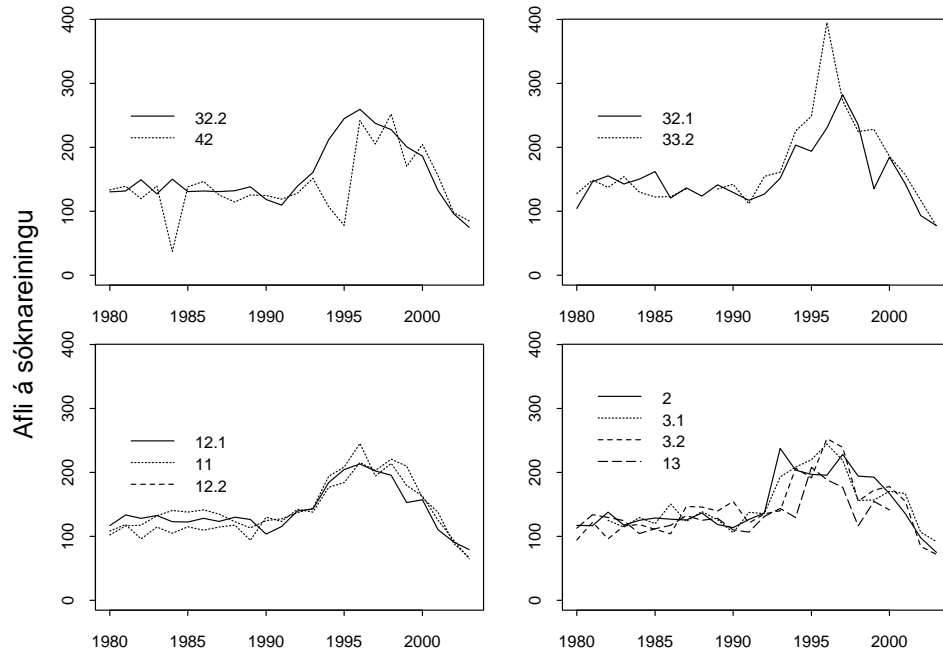


Mynd 3.2: Afla á sóknareiningu (kg af skel á klukkustund/plógfet) 1980 - 2003, sókn (klst veiða \* plógfet) 1986 - 2003 og stofnvísitala hörpudisks í Breiðafirði 1980 - 2003.

Stofnvísitala hörpudisks í Breiðafirði hefur verið mæld af Hafrannsóknastofnuninni nokkuð samfelld allt frá árinu 1972 en frá árinu 1993 hefur einnig verið safnað skipulega upplýsingum um meðafla. Í þessari greinargerð verður fjallað um þróun stofnvísitölnunnar innan undirsvæða og aðrar upplýsingar fengnar úr sömu mælingum frá árunum 1993 - 2003. Stofnvísitalan er reiknuð út frá eftirfarandi jöfnu:

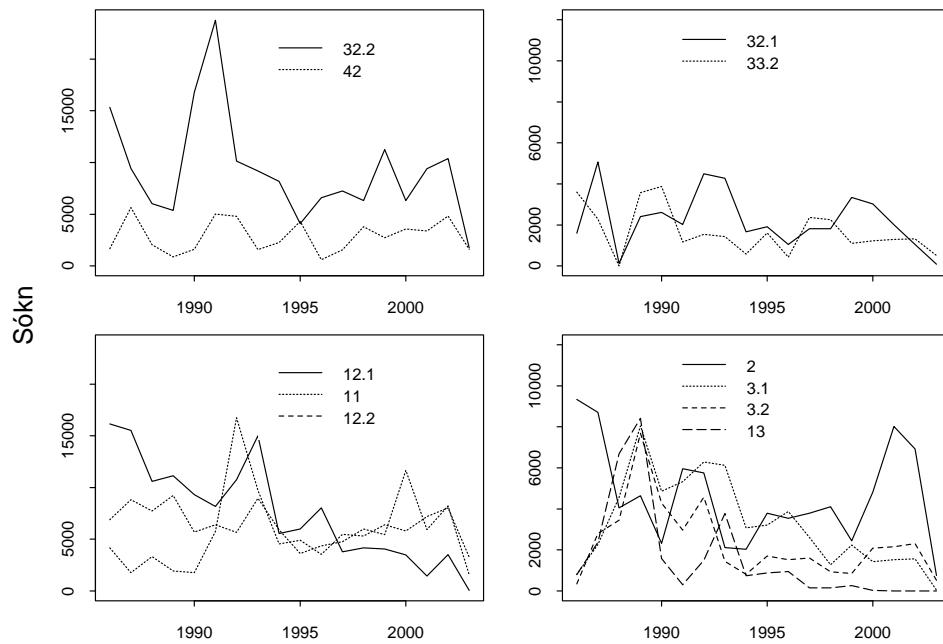
$$B_y = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{x}_s * a_s}{dw * tl * 1.852} / e \quad (3.1)$$

$B_y$  er heildarþyngd hörpudisks í tonnum,  $n$  er fjöldi undirsvæða,  $\bar{x}_s$  er meðalþyngd á undirsvæði í kg,  $a_s$  er stærð undirsvæðis í km<sup>2</sup> (Tafla. 3.2),  $dw$  er plógbreidd í metrum,  $tl$  er toglangd í sjómílum og  $e$  er veiðanleiki plógsins. Veiðanleiki plógsins

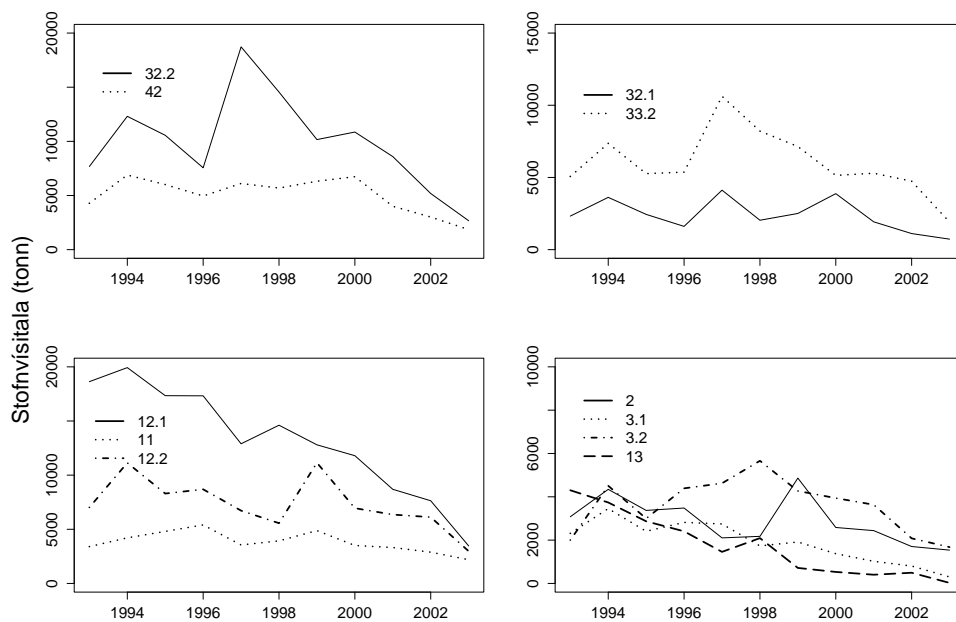


Mynd 3.3: Afl á sóknareiningu (kg af skel á klukkustund/plógfet) eftir undirsvæðum 1980 - 2003 í Breiðafirði. Nyrðra svæðið er sýnt að ofan og það syðra að neðan.

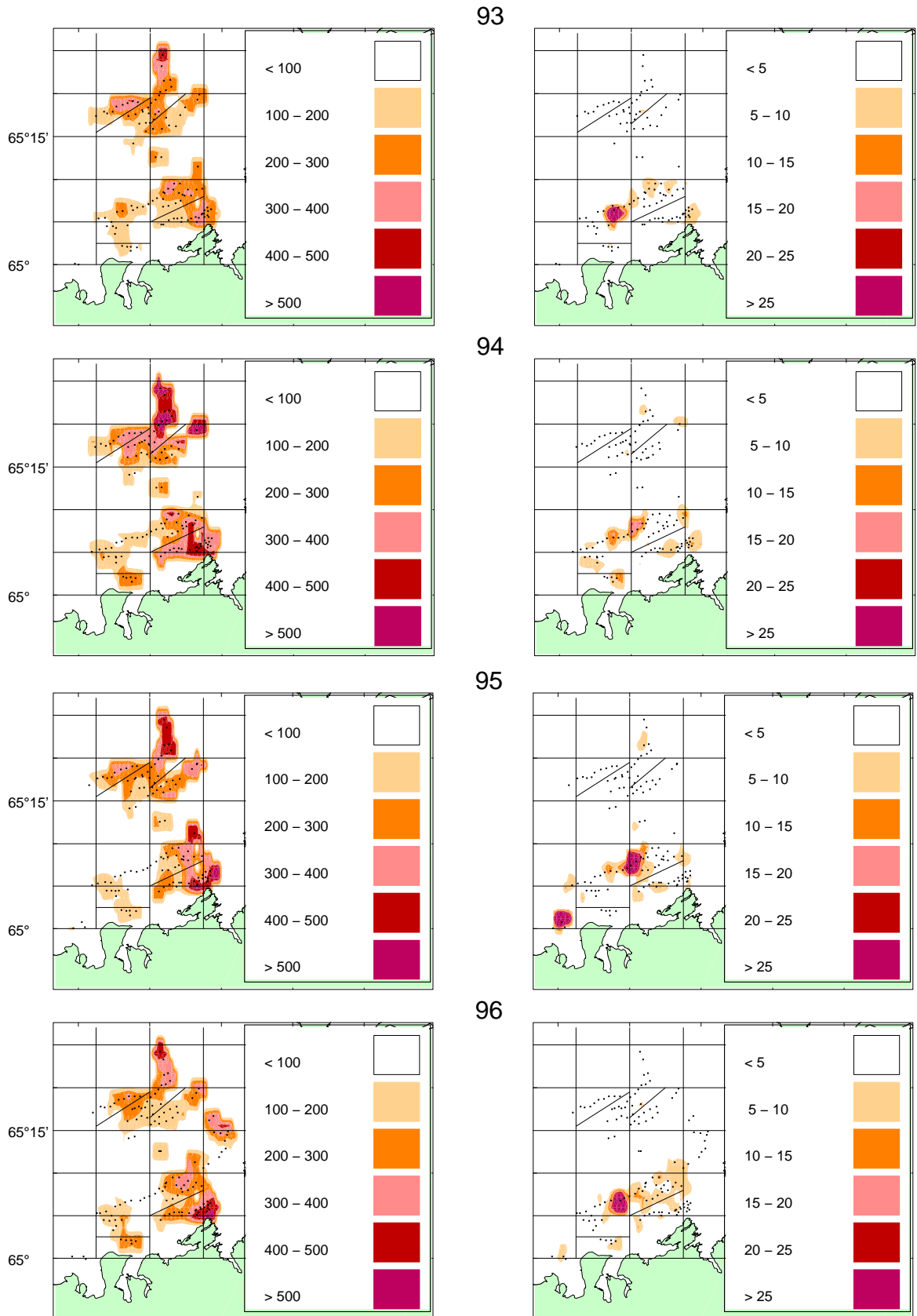
og stærð undirsvæða voru metin út frá mælingum og rannsóknum á áttunda áratug síðustu aldar. Eldri rannsóknir sýndu fram á að veiðanleikinn með sleðaplóg væri 20% ( $e = 0.2$ ) en árið 1998 var skipt úr sleðaplóg yfir í hjólaplóg í stofnmælingu. Samanburðarrannsóknir sýndu fram á að aflasækni hjólaplógsins var að meðaltali 30% hærra en hjá sleðaplógnum og var nýr veiðanleikastuðull því ákvarðaður 0.26 ( $n = 46$ , Hafrannsóknastofnunin, óbirt gögn). Í þessari samantekt er notast við örlítið hærri veiðanleika á hjólaplógnum eða 0.285. Sú tala er fengin með línulegi aðhvarfi milli afla úr hjólaplógi á móti afla úr sleðaplógi en aðhvarfslínan var þvinguð í gegnum núllpunkt (hallatala = 0.7, fylgnistuðull = 0.94, Jónasson *et al.*, 2007).



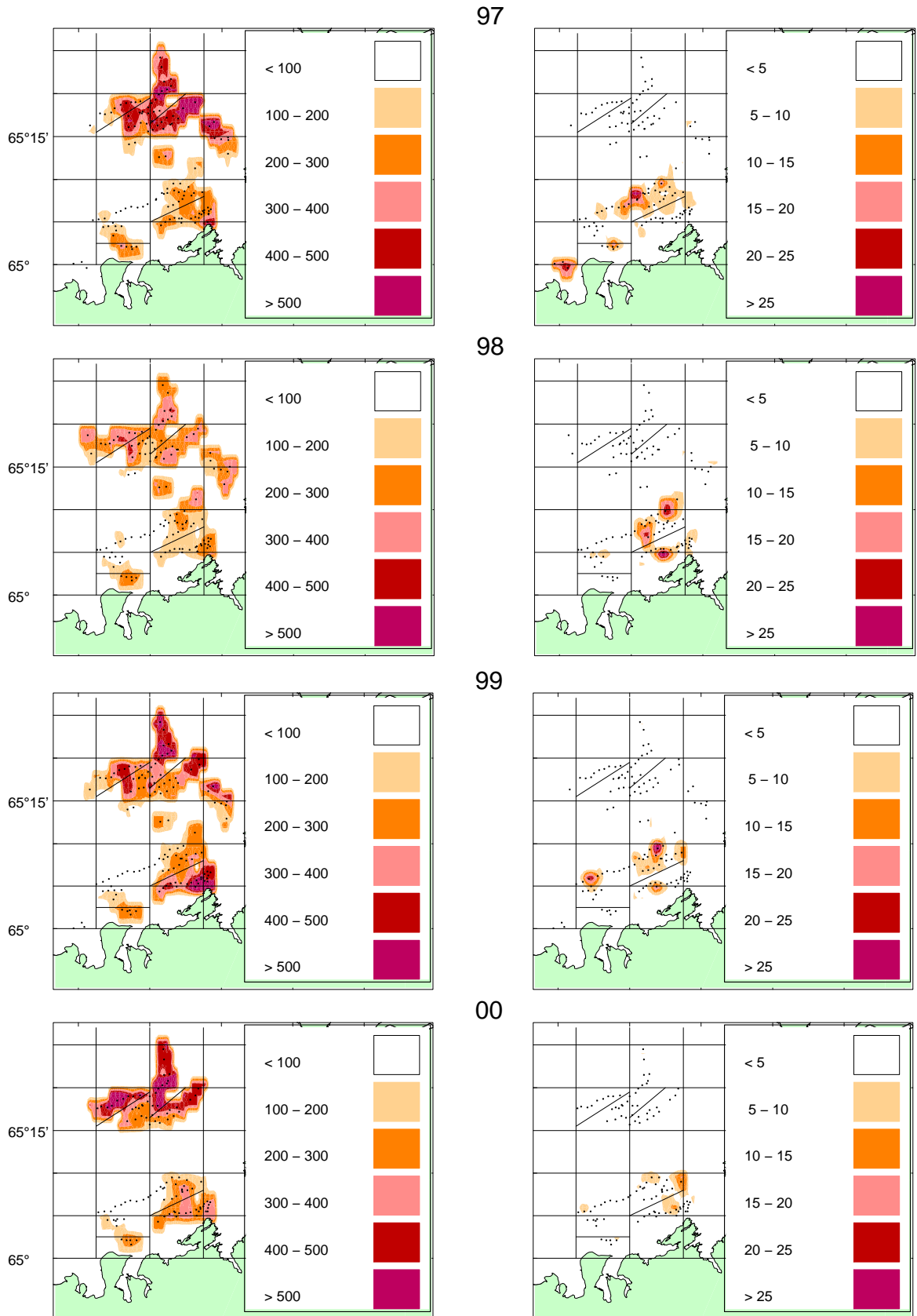
Mynd 3.4: Sókn (klst veiða \* plógfet) eftir undirsvæðum 1986 - 2003 í Breiðafirði. Nyrðra svæðið er sýnt að ofan og það syðra að neðan.



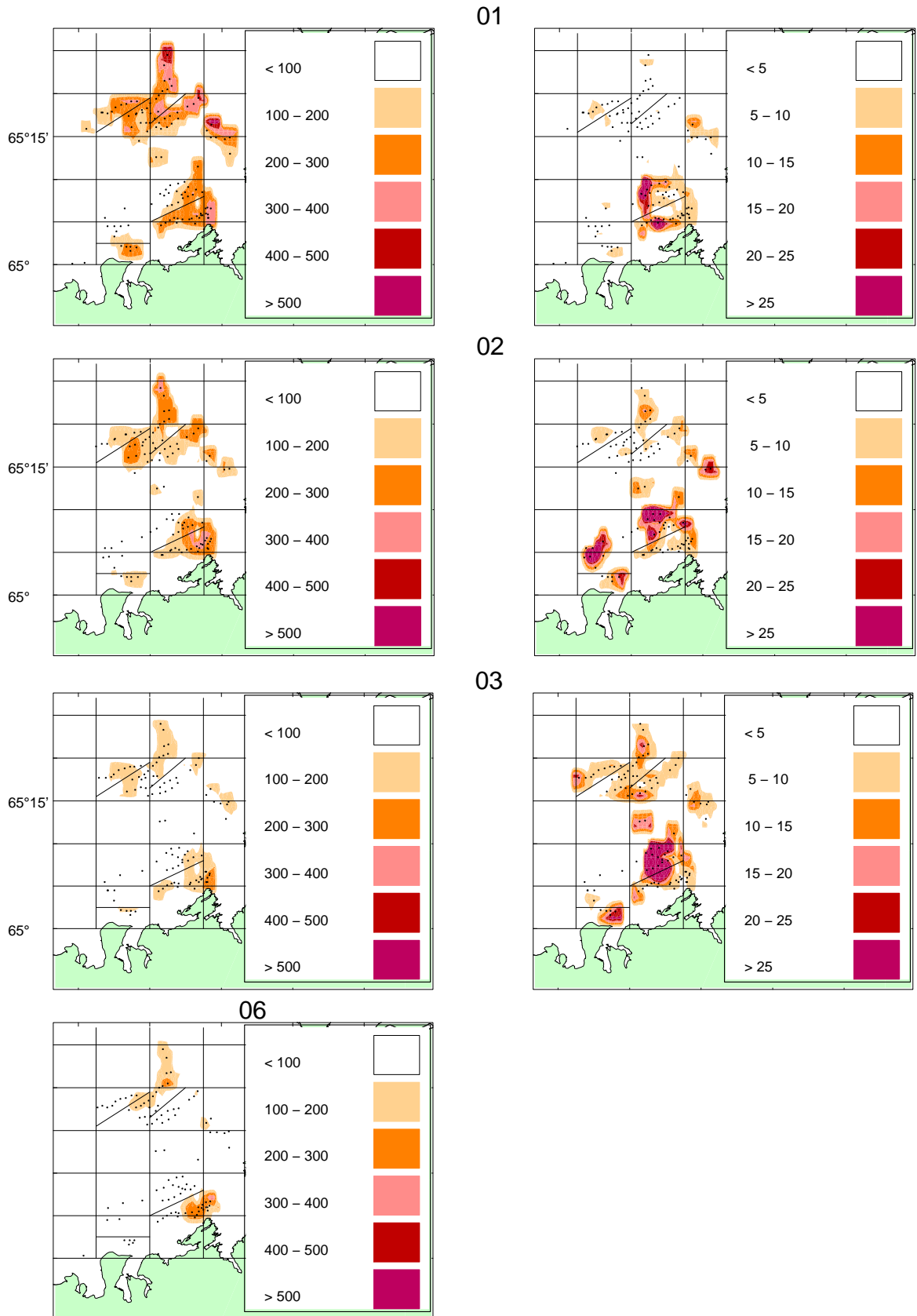
Mynd 3.5: Stofnvisitala eftir undirsvæðum 1993 - 2003 í Breiðafirði. Nyrðra svæðið er sýnt að ofan og það syðra að neðan. Athugið mismunandi gildi á vísitölunni milli línurita.



Mynd 3.6: Útbreiðsla hörpudisks samkvæmt stofnvísitölu í Breiðafirði (kg í hverju togi (0.4 sjómíllur), vinstri dálkur) og náttúrulegur dauði hörpudisks (% , hægri dálkur) 1993 - 1996 (stöðvar merktar með punktum).



Mynd 3.7: Útbreiðsla hörpudisks samkvæmt stofnvísitölu í Breiðafirði (kg í hverju togi (0.4 sjómílur), vinstri dálkur) og náttúrulegur dauði hörpudisks (% , hægri dálkur) 1997 - 2000 (stöðvar merktar með punktum).



Mynd 3.8: Útbreiðsla hörpudisks samkvæmt stofnvisitölu í Breiðafirði (kg í hverju togi (0.4 sjómílnur), vinstri dálkur) og náttúrulegur dauði hörpudisks (% , hægri dálkur) 2000 - 2003, einnig er sýnt útbreiðsla haustið 2006 (stöðvar merktar með punktum).

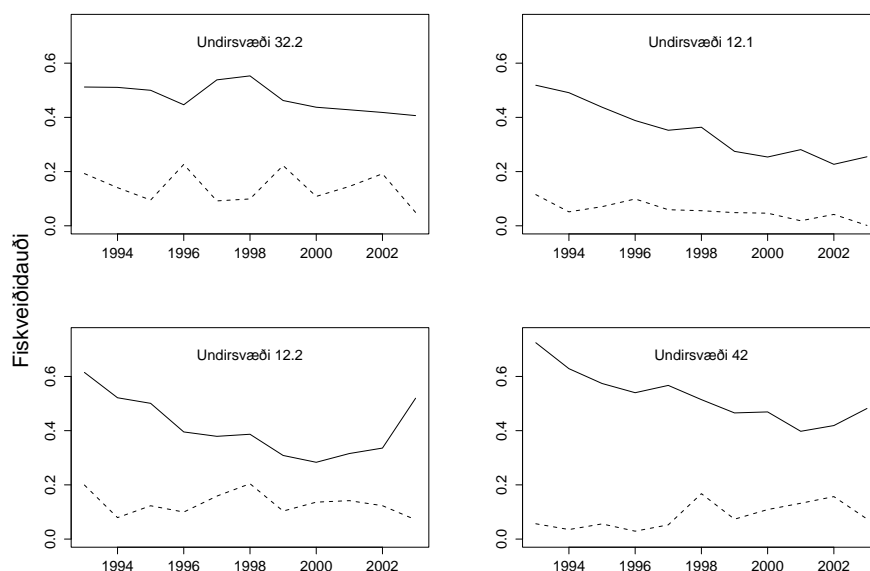


Samanburður á milli mismunandi veiðarfæra er alltaf erfiður og því líklegt að einhver skekkja sé í nýja veiðanleikanum. Mat á stofnstærð eftir árið 1998 inniheldur því meiri skekkju en ella vegna þess.

Heildarstofnvísitala hörpudisks í Breiðafirði fór lækkanði frá 1982 - 1998 en var tiltölulega stöðug árin 1989 - 1999 en milli 2000 og 2003 lækkaði hún mikið (3.2 mynd). Vísitalan árið 2003 (22 000 tonn) var einungis um 30% af meðaltali árunna 1993 - 2003 og var sú lægsta sem mælst hafðist.

Mismunandi breytingar hefur mátt greina á stofnvísitölu milli undirsvæða (3.5 mynd). Á undirsvæði 12.1 sem er það stærsta í suðurhluta Breiðafjarðar féll stofnvísitalan hægt og sígandi frá árinu 1994 (3.6 - 3.8 mynd). Á undirsvæði 32.2 eða því stærsta í norðurhluta Breiðafjarðar sveiflaðist stofnvísitalan töluvert árin 1993 - 2000. Vísitalan náði hámarki árið 1997 en eftir það minnkaði hún stöðugt allt til ársins 2003 þegar hún náði lágmarki. Á öðrum og minni undirsvæðum má greina minnkun í stofnvísitölu eftir árið 2000, á meðan stöðug minnkun var frá árinum 1993 og 1994 á undirsvæðum 13 og 3.1. Haustið 2006 var stofnvísitalan nokkru lægri en árið 2003 en notaður var örlítið frábrugðinn hjólaplógur við þá mælingu (3.8. mynd).

### 3.3 Fiskveiðidaudi og náttúruleg vanhöld



Mynd 3.9: Fiskveiðidaudi eftir undirsvæðum 1993 - 2003 í Breiðafirði. Heila línan sýnir Beverton-Holt ( $^{BH}F$ ) lengdarháðan fiskveiðidauda og brotna línan jafnstöðu fiskveiðidauda ( $^{Y}F$ ).

**Fiskveiðidauði**

Fiskveiðidauði var metinn fyrir árin 1993 - 2003 til að kanna magnbundið áhrif veiða á hörpudiskstofninn. Stuðst var við tvær mismunandi aðferðir í því sambandi:

1. Beverton-Holt lengdarháður fiskveiðidauði ( $^{BH}F$ ) (Quinn & Deriso, 1999) var metinn á eftirfarandi hátt:

$$^{BH}F_s = K \frac{L_\infty - \bar{L}_s}{\bar{L}_s - l_c} - M \quad (3.2)$$

Á hverju undirsvæði ( $s$ ) er  $K$  vaxtarfasti sem fenginn er úr vaxtarlíkani von Bertalanffy (VBGF, Ricker, 1975),  $L_\infty$  er hámarks skel hæð frá VBGF,  $\bar{L}_s$  er meðal skel hæð hörpudiska sem eru hærri en  $l_c$  sem hér er 60 mm og  $M$  er metinn náttúrulegur dauði (3.4 jafna).

2. Jafnstöðu fiskveiðidauði ( $^YF$ ) (Quinn & Deriso, 1999) var metinn á eftirfarandi hátt:

$$^YF_s = \frac{Y\tau_s}{B_s} \quad (3.3)$$

Á hverju undirsvæði ( $s$ ) er  $Y$  landaður afli hörpudisks í tonnum á einu ári ( $\tau = 1$ ) og  $B$  er metinn lífmassi skelja (jafna 3.1) í tonnum í upphafi tímabilsins. Þessi aðferð metur ekki óbeinan fiskveiðidauða af völdum veiða.

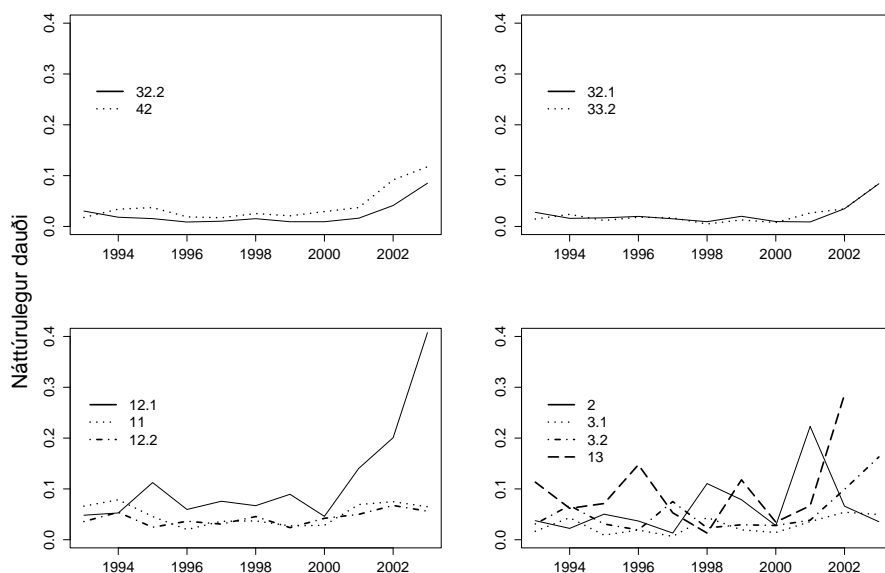
Metinn ( $^{BH}F$ ) fiskveiðidauði var nokkuð hár á aðal veiðisvæðunum (3.9. mynd). Hann var stöðugur í kringum 0.5 á undirsvæði 32.2, en á undirsvæðum 12.1, 12.2 og 42 minnkaði hann hægt frá 1993. Hann jókst svo aftur frá árinu 2001 á undirsvæði 42 og á árinu 2002 á undirsvæði 12.1. Metinn ( $^YF$ ) fiskveiðidauði var jafn og umtalsvert lægri en ( $^{BH}F$ ) fiskveiðidauðinn á öllum undirsvæðum (3.9. mynd). Þar sem ( $^YF$ ) tekur aðeins tillit til landaðs afla getur hann ekki numið þann fiskveiðidauða sem plógurinn veldur á þeim hörpudiskum sem hann nær ekki til. Munurinn milli þessarar tveggja gilda á fiskveiðidauða getur því gefið hugmynd um óbeinan fiskveiðidauða, sem getur verið fylgífiskur skelfiskveiða með plóg (Caddy, 1989). Þungt veiðarfæri eins og plógurinn er líklegt til að valda miklum óbeinum skaða á hörpudiskum, hvort sem þeir eru veiddir, sleppa í gegnum eða á milli hringjanna í veiðarfærinu eða plógurinn keyri yfir þá (Caddy, 1989). Hér var meðaltalsmunur á ellefu ára tímabili milli ( $^{BH}F$ ) og ( $^YF$ ) 0.284 - 0.439 (3.9. mynd). Við veiðar á hörpudiski í Kanada var óbeinn fiskveiðidauði metinn 0.364 (um 30% drepst milli ára), byggt á skeljum á hjör og krömdum skeljum (Naidu, 1988). Á því svæði voru stundaðar veiðar með líkum veiðarfærum og í Breiðafirði.

### Náttúruleg vanhöld

Náttúruleg vanhöld (náttúrulegur dauði) hörpudisks voru metin með því að skoða hlutfall skelja á hjör (dauðar skeljar er hanga enn saman á liðamótum) í stofnvísitölu, samkvæmt jöfnu sem kennd er við Dickie (1955):

$$\alpha = 1 - e^{-\left(\frac{C}{t}\right)\left(\frac{1}{L}\right)^{365}} \quad (3.4)$$

Í jöfnunni má sjá að  $\alpha$  er árlegt hlutfall af völdum náttúrulegs dauða,  $C$  er fjöldi hörpudiska á hjör í sýni,  $t$  er sá meðaltími sem það tekur skeljar að detta í sundur (211 dagar, Jónasson, 2005) og  $L$  er fjöldi lifandi skelja í sýni. Fjöldi skelja á hjör var margfaldaður upp með stuðlinum 1.211 (Naidu, 1988) til að veða upp á móti þeim skeljum á hjör er detta í sundur á meðan toginu stendur.



Mynd 3.10: Hlutfall náttúrulegs dauða á undirsvæðum í Breiðafirði 1993 - 2003. Nyrðra svæðið er að ofan en það syðra er sýnt fyrir neðan.

Frá og með árinu 2000 varð vart aukningar á náttúrulegum dauða á nærri öllum undirsvæðum í Breiðafirði (3.10. mynd og myndir 3.6 - 3.8 (stöðvum með færri en fimm skeljum var sleppt).

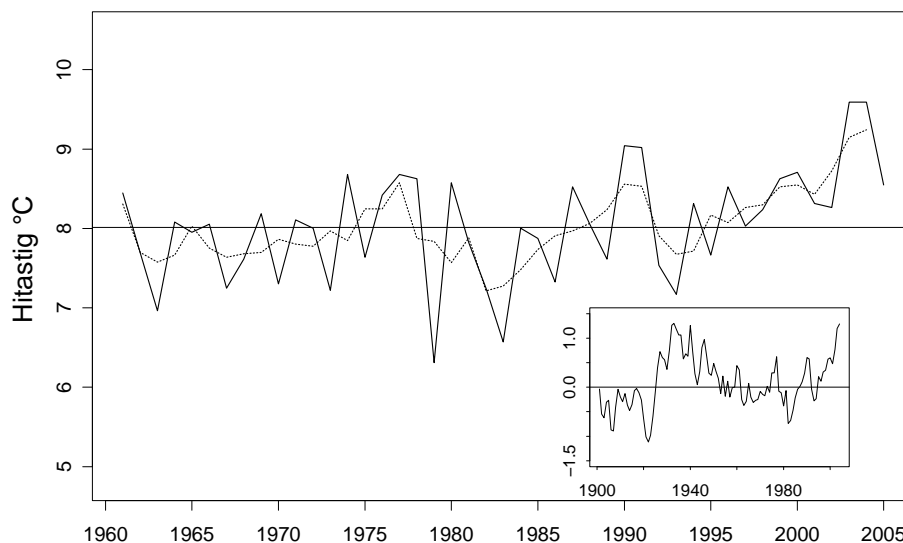
Almennt var náttúrulegi dauðinn hár á undirsvæði 12.1, en hann jókst frá 0.1 upp í 0.41 árið 2003 (41 % skelja drepst á milli ára). Hækkunin var ekki eins greinileg og á öðrum undirsvæðum á suðursvæði en á undirsvæðum 2 (0.22 árið 2001) og 13 (0.29 árið 2002) komu ár þar sem dauðinn fór yfir 0.15. Á norðursvæði var náttúrulegi dauðinn lágur (minni en 0.05) á árunum 1993 - 2000 en jókst í um 0.1 frá 2001 - 2003. Við sama stuðul var stuðst við þegar gert var ráð fyrir hlutfalli skelja á hjör

er detta í sundur í sjálfu toginu og hjá Naidu (1988) á 0.25 sjómílna löngum togum en hér var tog lengdin vanalega lengri eða 0.4 sjómíllur (0.3 stundum í seinni tíð). Naidu tók fram að í lengri togum ætti hærra hlutfall að detta í sundur og því gæti verið um lítilsháttar vanmat að ræða á náttúrulegum dauða í þessum athugunum. Einnig gæti hluti af náttúrulega dauðanum verið vegna óbeinna áhrifa veiða og því í raun óbeinn fiskveiðidauði. Á mikið nýttum svæðum í Kanada hefur náttúrulegur dauði verið metinn allt að 0.21 (Naidu & Cahill, 1984).

### 3.4 Umhverfisþættir og vöðvaþyngd

#### *Hitastig*

Ekki eru til sjávarhitamælingar frá síðastliðnum áratugum frá Stykkishólmi. Notast var því við samband yfirborðssjávarhita við Flatey og lofthita í Stykkishólmi (3.1. mynd). Öll tiltæk gögn um yfirborðssjávarhita við Flatey (Maí-ágúst, árin 1990 - 2001,  $n=35$ ) voru notuð (Jónasson *et al.*, 2004,  $r^2 = 0.942$ ,  $P < 0.001$ ) og sjávarhitinn metinn út frá lofthita aftur í tímann.



Mynd 3.11: Metinn meðaltals yfirborðssjávarhiti við Flatey á Breiðafirði að sumarlagi maí - ágúst árin 1960 - 2005 (óbrotin lína) og þriggja ára hlaupandi meðaltal sömu gagna (brotin lína). Lárétta línan táknar langtíma meðaltal. Innfelda línuritið sýnir frávik frá þriggja ára hlaupandi meðaltali ( $7.9^{\circ}\text{C}$ ) frá sama stað og tíma fyrir 1990 - 2003.

Metið yfirborðshitastig sjávar sýndi sveiflur á milli tímabila þar sem sjá má há gildi milli árána 1930 - 1950 en milli árána 1960 - 1990 voru gildin að mestu

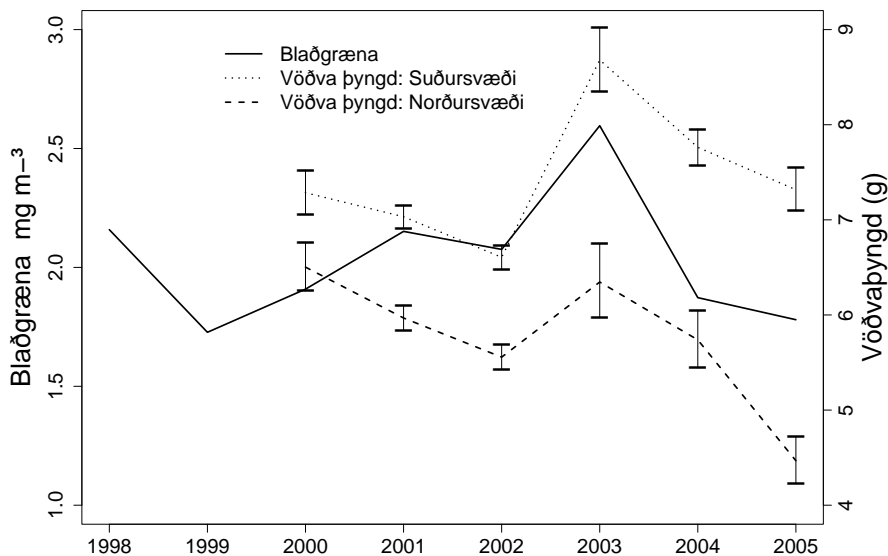
undir meðaltali (3.11. mynd). Hitastigið hækkaði á árunum 1990 - 1991 en lækkaði 1992 - 1993. Síðan þá hefur hitastigið verið á nokkuð stöðugri uppleið og náði fyrra hámarki frá áratugnum 1930 - 1950 á árunum 2003 og 2004 þegar meðalhitinn fór yfir 9 °C. Ekkert er þó vitað um ástand hörpudisks í Breiðafirði á hlýju árunum 1930 - 1950. Þar sem veiðarnar í Breiðafirði hófust ekki fyrr en 1970 hafa þær verið einskorðaðar við köld tímabil. Hitabols tilraunir á hörpudiski sem var safnað seinni hluta sumars sýndu að hann þolir 13°C í að minnsta kosti 21 dag, á meðan töluverður dauði var við 14 °C hita (Jónasson *et al.*, 2004). Hæsti mældi botnhiti (stök mæling) undanfarinna ára var í ágúst 2003, 12.2°C (Jónasson *et al.*, 2004). Hækkun hitastigs undanfarin ár hefur því fært hámarkshitann nærri þolmörkum hörpudisksins. Erfitt er að fyllyrða um samspil hitans og aukningar náttúrulegs dauða en hans varð fyrst vart í töluverðu magni að vorlagi 2001 og gæti verið afleiðing sumarhitans árið áður (árið 2000). Hitinn var aftur á móti ekki svo hár árið 2000 og náði hámarki nokkru síðar. Því er ólíklegt að aukning í náttúrulegum dauða sé bein afleiðing hitastigsins.

### ***Blaðgræna***

Magn blaðgrænu *a* í sjónum veitir upplýsingar um magn þörunga sem eru undirstaðan í fæðu hörpudisksins. Mat á blaðgrænu í Breiðafirði var fengið frá SeaWiFS verkefni Bandarísku geimferðarstofnunarinnar (NASA). Gögnin eru fengin frá gervihnetti og eru unnin áfram hjá stofnuninni. Stuðst var við gögn sem reiknuð eru út frá mánaðarmedaltölum og hafa upplausnina 9\*9 km<sup>2</sup> (level-3 data, Campbell *et al.*, 1995). Notast var við 50 reiti frá svæði sem skilgreint er frá 65°02'- 65°29' norðlægrar breiddar og til 22°41'-23°38' vestlægrar lengdar. Meðaltal mars til september var svo reiknað fyrir árin 1998 - 2005 (gagnaserían nær aftur til september 1997). Matið á blaðgrænunni sveiflaðist á þessu tímabili (3.12. mynd), með lágmarksgildi árin 1999 (1.73 mg/mm<sup>3</sup>) og 2005 (1.78 mg/mm<sup>3</sup>). Hæsta gildið fékkst sumarið 2003, 2.60 mg/mm<sup>3</sup> sem er um helmingi hærra en lægsta gildið og bendir það til töluverðra sveiflna í árlegu fæðuframboði.

### ***Vöðvaþyngd***

Haustið 2000 mátti sjá fyrstu merkin um hrun stofnsins í Breiðafirði þegar fiskvinnslan tók eftir lélegri nýtingu sökum rýrs vöðva. Sama haust hóf útibú Hafrannsóknastofnunarinnar í Ólafsvík reglubundnar mælingar á vöðvaþyngd hörpudisks á nokkrum stöðum í Breiðafirði. Hér verða skoðaðar niðurstöður mælinga frá tveim af þessum stöðum, Bjarneyjaflóa (undirsvæði 32.2, 65°17'5 N.; 22°52'5 V.) og veiðisvæðinu við Þórisshólma (undirsvæði 11, 65°05'3 N.; 22°42'7 V). Hörpudiski var safnað á þessum stöðum í september og fram í desember árin 2000 - 2005. Vöðvaþyngd



Mynd 3.12: Meðaltal af metinni blaðgrænu  $a$  í Breiðafirði (SeaWIFS verkefni NASA) 1998 - 2005 og metin meðaltals vöðvaþyngd 70 mm hörpudisks (sýnd með 95% öryggismörkum) frá undirsvæði 11 (suðursvæði) og undirsvæði 32.1 (norðursvæði) að hausti 2000 - 2005.

skeljanna var tengd við hæð þeirra með eftirfarandi jöfnu:

$$W = a * SH^\beta \quad (3.5)$$

Hér eru  $a$  og  $\beta$  fastar úr línulegu aðhvarfslíkani blautþyngdar vöðva á skeljahæð, eftir að lógaritmi var tekinn af gögnunum.

Sambandið milli skeljahæðar og vöðvaþyngdar var almennt frekar veikt, sérstaklega á árunum 2001 - 2003. Mikill breytileiki var í gögnunum og margir vöðvar voru mjög léttir miðað við gefna skelshæð (útgildi). Út frá því má túlka að þeir hafi verið í mjög óvenjulegu ástandi. Meðalþyngd metins 70 mm vöðva lækkaði frá árunum 2000 - 2002 á bæði norðanverðum og sunnanverðum svæðum. Þyngdin jókst árið 2003 en minnkaði aftur árin 2004 og 2005 (3.12. mynd). Vöðvaþyngdin sveiflaðist á mjög líkan hátt og magn blaðgrænu sumarið áður en þó var ekki um tölfræðilega marktækt samband milli þessara tveggja breytna að ræða ( $r = 0.55$  &  $p=0.26$ ;  $r = 0.58$  &  $0.22$ ,  $df=4$ ).

Árið 2001 greindust tvö frumdýr í hörpudiski úr Breiðafirði, annað þeirra veldur sýkingu í blóðvef en hitt veldur sýkingu í hjarta (Kristmundsson *et al.*, 2004). Tíðni sýkingarinnar var allt að 90% og sjá mátti alvarleg einkenni í stórum skeljum. Slæmt ástand skeljanna á þessum árum má hugsanlega rekja beint til sýkingarinnar. Einnig gæti þó verið um að ræða flóknara samspil sýkingar, fæðuframboðs og hitastigs. Hjá öðrum skeldýrum hafa skæðar sýkingar af völdum frumdýra bæði verið tengdar við

hækkun sjávarhita (Cook *et al.*, 1998) og við umhverfisbreytingar sem ollu fæðuskorti (Yungkul & Powell, 2004).

### 3.5 Sveiflur í nýliðun

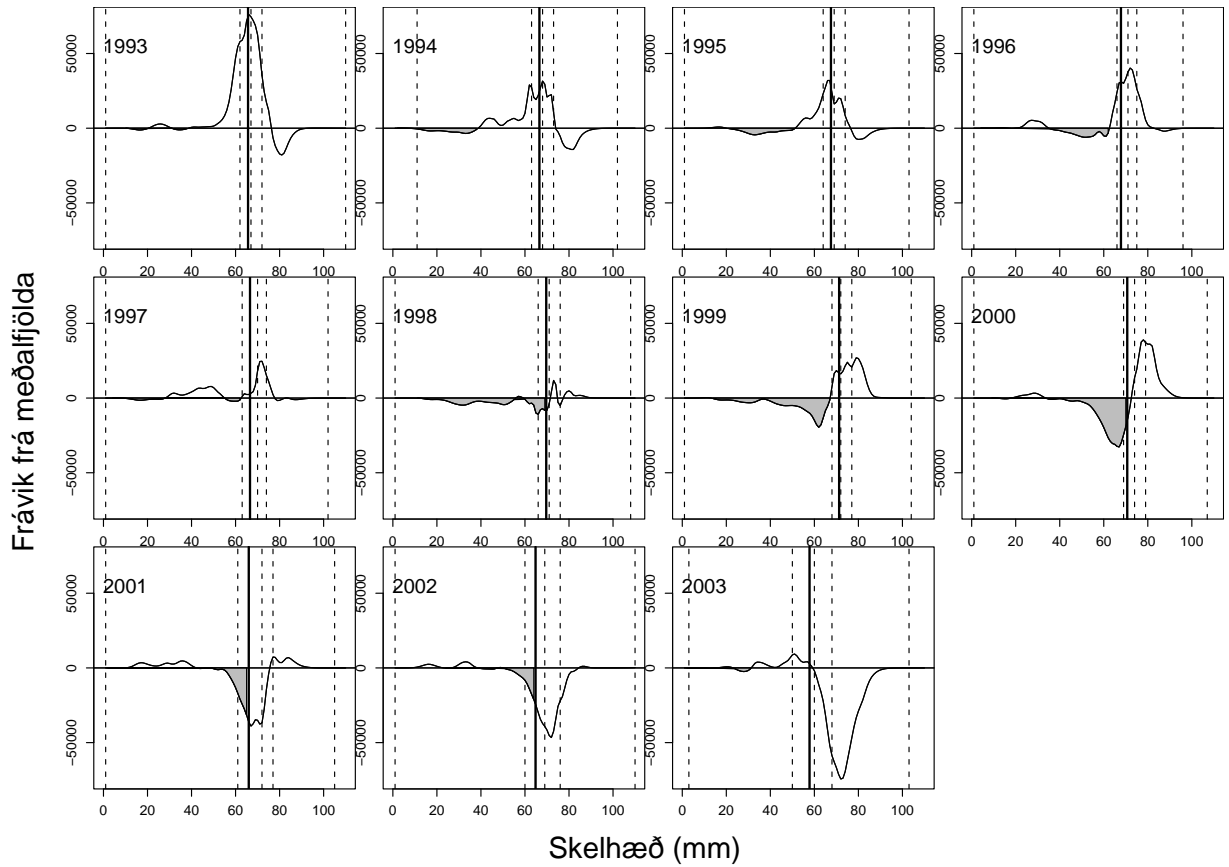
Fjöldi skelja í hverjum árgangi var skoðaður til að meta nýliðun. Til að meta styrk hvers árgangs voru notuð frávik hvers árgangs frá meðalárgangi. Notað var frávik frá meðalfjölda áranna 1993 - 2003 og reiknað var út frá undirsvæði 12.1 (sjá fleiri undirsvæði í: Jónasson *et al.*, 2005). Notuð var þekkt aðferð (e.g. Sund, 1930) sem fólst í því að fyrir hvert ár var hæðardreifing skeljanna margfölduð upp með heildarfjölda skelja á eftirfarandi hátt:

$$N = \frac{\bar{x} * a}{dw * tl * 1.852} / e \quad (3.6)$$

Hér er  $N$  heildarfjöldi skelja (í þúsundum),  $\bar{x}$  er meðalfjöldi skelja á stöð,  $a$  er stærð undirsvæðis í km<sup>2</sup>,  $dw$  er plógbreidd í metrum,  $tl$  er tog lengd í sjómílum og  $e$  er veiðanleiki plógsins. Gögnin voru sléttuð með GAM líkani þar sem notast var við fernings B-line sléttara með tuttugu frítölum (Venables & Ripley, 1997).

Nýliðun veiðistofnsins (60 mm+) á undirsvæði 12.1 var mjög breytileg á árunum 1993 - 2003 með lítilli nýliðun á árunum 1998 - 2002 (3.13. mynd). Svipaðar sveiflur má greina á undirsvæðum 11, 12.2 og 32.2 (Jónasson *et al.*, 2005). Tiltölulega sterkir árgangar frá 1987 - 1990 komu inn í veiðistofninn á árunum 1993 - 1996 (byggt á upplýsingum um lengd og aldur frá 1.2. mynd). Á árunum eftir 1996 fram til ársins 2003 komu frekar veikir og miðlungs árgangar inn í veiðina. Aflasamsetningin í rannsóknarleiðangrinum árið 1993 var mest megnis 70 mm skeljar á hæð, eða 7 - 9 ára en 80 mm skeljar (10 ára og eldri) voru fátíðar (3.13. mynd). Veiðistofninn 1993 var því að mestu byggður upp af árgöngum frá árunum 1984 - 1986. Á tímabilinu 1994 - 1996 ná þessir stóru árgangar að vaxa og fylla þá upp í stærri hæðarflokka. Á árunum 1997 og 1998 komu inn í veiðistofninn miðlungs eða veikir árgangar frá 1991 og 1992. Árin 1999 og 2000 komu inn í veiðistofninn slakir árgangar frá árunum 1994 og 1995. Vegna lélegra árganga vantaði um 60 - 70 mm skeljar í veiðistofninn. Árin 2001 - 2002 héldu áfram að koma smáir árgangar inn í veiðistofninn og skorturinn færðist upp í stærri skeljar. Árið 2003 virtust meðalstórir og miðlungs árgangar frá árunum 1997 - 1998 vera á leið inn í veiðistofninn.

Meðalhæðir skelja í rannóknaleiðöngrum gefa ákveðna hugmynd um þróun stofnsins. Almennt jókst meðalskelhæð frá 1993 fram til aldamóta, en síðan tók við hröð



Mynd 3.13: Frávik frá meðalhæð skelja á undirsvæði 12.1 1993 - 2003. Lóðréttu línurnar sýna fjórðungsmörk og meðalskelhæð fyrir hvert ár. Dökka svæðið sýnir neikvæð frávik fyrir neðan meðalskelhæð og er það vísbending um lélega nýliðun.



Mynd 3.14: Meðalhæð skelja eftir árum frá fjórum aðalundirsvæðunum í Breiðafirði 1993 - 2003.



lækkun á meðalskelhæð (3.14 mynd). Hæsta meðalskelhæð var árið 1999 á undirsvæði 12.1 (71.2 mm) og 12.2 (69.8 mm). Á undirsvæði 32.2 var hún árið 2000, 69.5 mm, en þar lækkaði meðalskelhæðin ekki eins hratt eins og á öðrum svæðum. Á undirsvæði 42 var mesta meðalhæðin 69.1 mm árið 2001. Hækkun meðallengdar lífvera getur stafað af minnkun í sókn eða nýtingu (Caddy, 2004) en skýringin í Breiðafirði var að öllum líkindum léleg nýliðun sem olli háu hlutfalli eldri skelja.

### 3.6 Samband stofnsveiflna við lífræna og ólífræna þætti

Til að athuga áhrif nokkurra lífrænna og ólífrænna þátta á stofnstærð veiðistofns (fjölda 60mm+ skelja) eftir undirreitum var notað margbreytuaðhvarf (multiple regression). Logaritmi var tekinn af háðu breytunni (veiðistofn) til að uppfylla skilyrði um normal dreifingu gagnanna (Shapiro-Wilk normaldreifingar próf,  $p=0.7238$ ). Byrjunarlíkanið innihélt logaritmískan umbreyttan fjölda nýliða (45 - 60 mm) tveimur árum áður, náttúrulegan dauða frá sama leiðangri, meðalhitastig sumarið áður,  $YF$  fiskveiðidauða árið áður,  $BHF$  fiskveiðidauða fyrir sama ár og sóknina árið áður staðlaða með fjölda hörpuðiska í veiðistofni. Ómarktækar óháðar breytur voru fjarlægðar með fervikagreingu þar sem minnst marktæka breytan var fjarlægð í hvert skipti (Crawley, 2002).

Tafla 3.3: Spá fyrir um hlutfallslegan fjölda skelja í veiðistofni. Fervikagreining af áhrifum úr margbreytuaðhvarfi á hlutfallslegum fjölda,  $\log_e$  (fjöldi á undirsvæði) af veiðanlegum skeljum (60 mm+) 1995 - 2003.

Uppspretta	d.f.	SS	MS	$F$	$P$
Hlutfallslegur fjöldi nýliða (45-60 mm)	1	35.476	35.476	151.932	<0.0001
$BHF$ fiskveiðidauði	1	4.945	4.945	21.179	<0.0001
Stöðluð sókn	1	2.018	2.018	8.642	0.005
Náttúrulegur dauði	1	0.903	0.903	3.866	0.052
Leifar	94	21.949	0.233		

Þær breytur sem höfðu marktæk áhrif á hlutfallslegan fjölda í veiðistofni voru fjöldi nýliða,  $BHF$  fiskveiðidauði, stöðluð sókn og náttúrulegur dauði (á jaðri þess að vera marktækar). Fjöldi nýliða hafði jákvæð áhrif á fjölda eldri hörpuðiska auk þess að leggja mest til feringasummunar á meðan hinar breyturnar höfðu neikvæð áhrif á fjölda hörpuðiska (Tafla. 3.3). Lokalíkanið útskýrði um 66% af breytileikanum í gögnunum, en breyturnar hitastig og  $YF$  fiskveiðidauði voru ekki marktækar.

Samkvæmt þessu virðast nýliðun og veiðar hafa mest áhrif á stærð veiðistofnsins.

### 3.7 Samantekt og umræða

Tímabilið frá 1999 - 2003 þegar stofnstærð hörpudisksins féll einkenndist af hækkun sjávarhita, slæmu ástandi hörpudisks, töluverðum veiðum og lítilli nýliðun.

Það voru þó mismunandi sveiflur í stofnstærð eftir undirsvæðum í Breiðafirði. Þær gætu stafað af ójafnri nýliðun milli svæða og/eða ójöfnu veiðiálagi eftir svæðum (Beukers-Stewart *et al.*, 2003). Þær gætu einnig stafað af misjöfnu álagi vegna afræningja og sýkinga. Saga og þróun veiðanna og veiðiálagins er því áhugaverð. Í upphafi voru veiðarnar mjög umfangsmiklar á undirsvæði 4 (út af Grundarfirði) og á undirsvæði 13 (frá Selskerjum út af Grundarfirði austur inn að Höskuldsey) en þessi svæði hafa ekki verið nýtt í langan tíma eða frá því að veiðum var hætt þar í lok níunda áratugarins. Frá árinu 1996 var svæði 12.1 mun minna nýtt og má því segja að samdráttur hafi almennt staðið lengi yfir en aukning í afla hörpudisks frá öðrum svæðum hafi bætt upp brotthvarf þessarra svæða úr veiðinni. Þess má líka geta að á árabílinu 1993 - 2003 sáust aldrei merki um að nýliðum sem einhverju næmi hafi átt sér stað á undirsvæði 13 (óbirt gögn). Mikill fiskveiðidauði var á tímabilinu sem var skoðað (1993 - 2003) og munar þar mikið um óbeinan fiskveiðidauða sem reyndar getur verið erfitt að meta nákvæmlega. Fiskveiðidauði og staðlað álag höfðu neikvæð áhrif á stofnstærðina en upp úr 1998 jókst veiðiálagið. Náttúrulegur dauði sem líklega stafaði af flóknu samspili sýkingar, fæðuframboðs og hugsanlega sjávarhita var töluvert svæðisbundinn á undirsvæði 12.1, hæstur árið 2003. Veiðar og umfang svæðis 12.1 hafði þá minnkað umtalsvert frá því sem áður var. Áhrif hins mikla náttúrulega dauða voru því ekki eins magnbundin því veiðisvæðið hafði verið á niðurleið allt frá árinu 1993. Sterkt samband var á milli nýliðunar og veiðistofns þegar öll undirsvæði voru höfð til hliðsjónar. Þegar nokkur slök nýliðunarár koma í röð eins og raunin var á árunum 1998 - 2002 má búast við að stofninn standi ekki undir miklu veiðiálagi til langtíma. Leiða má að því líkum að hér hafi verið um að ræða orsakasamhengi nokkurra þátta sem varð þess valdandi að stofninn féll, það er að segja nýliðunar, veiða og aukningar í náttúrulegum dauða.

## 4. Framtíð veiða og rannsókna í Breiðafirði

Hér verður fjallað um nokkrar aðgerðir og rannsóknir sem aukið gætu skilning okkar á hörpudiski í Breiðafirði. Velt verður upp hvort hægt sé að nýta hann betur og hvort mögulegt sé að auka afrakstur hans. Nokkuð skortir á að grunnrannsóknum á hörpudiski og vistfræði Breiðafjarðar hafi verið sinnt sem skyldi. Þó er til staðar góð þekking á vexti ungvíðis auk þess sem stofnstærð hörpudisksins og saga veiðanna er vel þekkt. Rétt er þó að benda á yfirlit mikið rit eftir Caddy & Defeo (2003): *“Enhancing or restoring the productivity of natural populations of shellfish and other marine invertebrate resources”*, þar sem ítarlega er farið yfir atriði sem eiga vel við hörpudisksstofninn í Breiðafirði.

### 4.1 Mælingar á stofnstærð og nýliðun

Sveiflur í nýliðun voru ein af grunnorsökum minnkunar stofnsins í Breiðafirði. Ungvíði hörpudisks mælist ekki nema óbeint í stofnmati og því er erfitt að meta stærð yngri árganga. Hringjastærð á þoka hörpudisksplógsins sem notaður er í stofnmati er 60 mm (þvermál). Plógurinn veiðir því ekki nema að hluta til minni skeljar og þá eingöngu þegar þær sitja fastar inni í stærri dauðum skeljum eða koma í hálffullan plóginn. Mjög þarft er að fá vitneskju um stofnstærð yngri árganga sem fyrst því þá er hægt að minnka veiðar tímanlega, þegar ljóst er að slakir árgangar eru á leið inn í veiðistofninn (Beukers-Stewart *et al.*, 2003).

Einfaldasta leiðin til úrbóta hér væri að klæða plóginn með fínriðnu neti. Aftur á móti ætti hann þá á hættu að fyllast fyrr auk þess sem það þyrfti að staðla niðurstöðurnar við eldri útgáfur af plógum með samanburðartogum. Almennt er einnig nokkur óvissa fólgin í því að nota plóga til að meta stofnstærð (breið öryggismörk, Caddy, 1989) því veiðanleiki (það hlutfall sem hann veiðir) plógsins er oft illa þekktur. Veiðanleikinn getur líka verið misjafn eftir botngerð. Nokkur óvissa

er líka varðandi tog lengdina (lengd svæðis sem plógurinn fer yfir) þ.e.a.s. hvenær plógurinn er byrjaður að veiða og þangað til að hann er hífður upp, en það er metið um borð í skipinu en ekki á plögnum sjálfum.

Fjarstýrðir kafbátar (RUV) og/eða sjálfvirkir kafbátar (AUV) sem nú eru í þróun gætu verið verkfæri framtíðarinnar við stofnstærðarmælingar. Slík tæki eru búin myndavél sem nær að mynda samfellt belti sem er breiðara en hörpudisksplógarnir komast yfir. Föst myndavél á ramma hefur áður verið notuð til að meta þéttleika hörpudisks, en með henni fást upplýsingar um skeljar á breiðara hæðarbili en úr óklæddum plög. Með myndavél er þó ekki hægt að meta minnstu skeljarnar sem oft eru fastar inni í eldri dauðum skeljum og ekki sjáanlegar. Nýmælið við noktun kafbátsins felst í því að hann getur tekið myndir stanslaust og veitir því upplýsingar um miklu stærra svæði en unnt er að fá með fastri myndavél. Kafbáturinn er einnig búinn hliðarsónar (side scan sonar) og mælir að auki seltu og hitastig sjávar. Hliðarsónun er nýmæli sem mæliaðferð á stofnstærð disktegunda og ekki er víst hvort hún nýtist í talningu á skel. Kafbáturinn nýtist einnig til almennra vistfræðirannsóknna og gefur greinargóðar upplýsingar um botngerðina sem hörpudiskur finnst á. Nákvæmari kortlagning veiðisvæða getur minnkað breytileika í stofnmati auk þess sem hún nýtist við veiðarnar sjálfar.

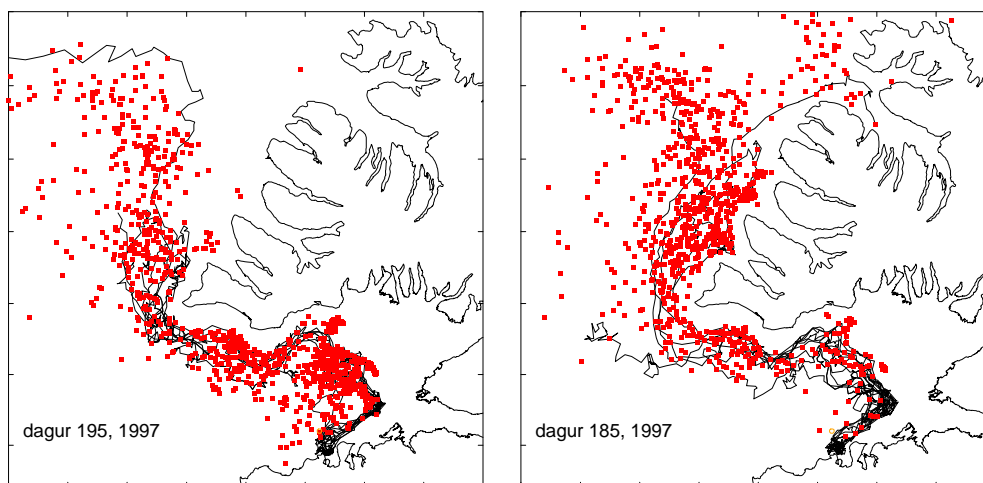
Söfnun lirfa í lirfusafnara (Þórarinsdóttir, 1991) getur einnig verið þörf viðbót við framangreindar rannsóknir en með henni fæst magnbundið mat á fjölda lirfa sem setjast á ákveðin svæði að afloknu lífi í svifinu. Til er fjöldi rannsókna sem sýna fram á árlegar sveifur í fjölda lirfa er setjast hjá disktegundum (Stokesbury & Himmelman, 1995). Færri rannsóknir hafa þó náð að tengja sveiflurnar beint við nýliðun en til að mynda sáú Beukers-Stewart *et al.* (2003) að óvenjulega sterkir árgangar í lirfusöfnurum skiluðu sér í mikilvægum árgöngum í veiði. Caddy (1989) tók saman margar athuganir á ungvíði hafdisks og komst að því að tæknin væri ekki enn orðin nógu góð til að meta nýliðun skelja yngri en 2 - 3 ára. Það hefur helst tekist hjá tegundum sem vaxa mjög hratt (t.d. *P. fumatus*, 1 - 2 ár að ná veiðistærð) að nýta lirfusafnara sem góðan mælikvarða á nýliðun (Sause *et al.*, 1987). Lirfusafnarar hafa nú þegar verið settir út víðs vegar um Breiðafjörð að frumkvæði útgerðarmanna í Stykkishólmi. Lirfusafnarar nýtast til fleiri hluta en eingöngu að kortleggja nýliðun. Þeir nýtast vel í almennum grunnrannsóknum á hörpudiski og mæla þann tíma sem lirfur eru á reki. Einnig veita þeir upplýsingar um önnur sviflæg dýr er setjast í safnarana.

## 4.2 Svæðisbundinn þéttleiki, vöxtur, nýliðun, liffræk og stofnerfðafræði

Hörpudiskurinn er lítt hreyfanlegur og auðvelt er að veiða hann. Í slíkum tilfellum er mikilvægt að fylgjast með svæðisbundnum þéttleika lífveranna og veiðum hverju sinni (Smith & Rago, 2004). Á seinni árum hefur almennt mikil áhersla verið lögð á varúðarnálgun við fiskveiðar (Rosenberg, 2002) og skilgreiningu á viðmiðunarmörkum (*Biological reference points*) á fiskistofnum. Minni áhersla hefur verið lögð á stofna hryggleysingja en þeir lúta yfirleitt öðrum lögmálum en hreyfanlegar fisktegundir (Smith & Sainte-Marie, 2004). Nýlegar rannsóknir á hafdiski við Kanada hafa sýnt fram á möguleikann á að nota svæðisbundin gildi á vöxt þegar afrakstur hvers nýliða er metinn (Smith & Rago, 2004). Þar kom fram að minnsta sóknin ætti að vera í þau svæði þar sem hörpudiskurinn nær mestri skelshæð (er stærstur). Einnig væri hægt að nýta svæðisbundin gildi á náttúrulegum dauða við veiðistjórnun en í Breiðafirði var til að mynda alltaf hærri náttúrulegur dauði á syðra veiðisvæðinu en því nyrðra. Það hefur áhrif til aukningar á þeirri sókn sem gefur reiknaðan bestan afrakstur. Svæðisbundin áhrif á nýliðun er erfiðara spá fyrir um en þar þarf einnig að skoða mismunandi vöðvaþyngd sem er yfirleitt línulega tengd kynkirtlaþyngd (Smith & Rago, 2004). Vöktunarrannsóknir á vöðvaþyngd í Breiðafirði sýndu mikinn mun milli norður- og suðursvæða í vöðvaþyngd og var hún snöggjum hærri á því syðra. Það virðast líka vera til staðar neikvæð þéttleikaháð áhrif frá stærri skel þegar liffunar setjast niður úr svifinu og hafa líkön sýnt fram á að veiðar virðast hafa jákvæð áhrif á nýliðun (Smith & Rago, 2004). Á móti kemur að hörpudiskur hrygnir eggjum og losar sæði samtímis og skiptir þá fjarlægð í næstu diska öllu máli (Langton *et al.*, 1987). Möguleikar til rannsókna með fjarstýrðum kafbátum sem nefndir voru hér að framan skipta miklu í þessu samhengi til að góðar upplýsingar fáiast um hópamyndun hörpudisksins og hvernig veiðarnar hafa áhrif á meðalfjarlægð milli diska. Líkanasmíð með hafdisk sem fyrirmynd sýndi í þessu samhengi að frjóvgun eggja minnkaði um 95% þegar fjöldi skelja var minnkaður um 50% (Claereboudt, 1999). Allar þessar upplýsingar er hægt að nýta í skipulagningu á friðuðum hólum sem lýst er hér að neðan, þ.e.a.s. hversu stór svæði þarf að friða til að ákveðið magn að liffum sé framleitt.

Upprunni og rek lifra er þáttur sem er mikilvægt að skoða vel. Hvert reka lifurnar? Hvar eru mikilvægustu upprunasvæði (source) hörpudiskslirfanna og á hvaða svæðum eru svelgir (sink), þar sem liffur berast óreglulega. Þessi svæði hafa enn ekki verið skilgreind í Breiðafirði en til stendur að skoða rek hörpudisklirfa sem hluta

af doktorsverkefni við Háskóla Íslands. Í nýlegum ESB rannsóknaverkefnum (STEREO, METACOD) hefur verið þróað straumalíkan sem getur líkt eftir straumum í kringum landið og inni á fjörðum með mikilli nákvæmni. Líkanið er ólíkt öðrum straumalíkönum að því leyti að það vinnur í þrívídd (líkir eftir lagskiptingu sjávar) og hefur háa upplausn (1.2x1.5 km). Það tekur inn upplýsingar um aðdráttarafli tungls og sólar, botnlag, framrennsli jökuláa og loftþrýsting (Brickmann *et al.*, 2007). Fyrstu keyrslur á líkaninu í Breiðafirði spá endurkomu lirfa aftur inn í fjörðinn eftir allt að 60 daga óvirkt (passíft) rek, en einnig virðist skipta miklu máli hvenær hrygning fer fram (4.15. mynd). Straumakerfi Breiðafjarðar er reyndar mjög flókið og alls óvíst að þetta líkan nái að herma nægjanlega vel eftir staðhättum þar.



Mynd 4.15: Dæmi um rekferla í 60 daga frá 14 júlí (júlíanskur dagur 195) og 4 júlí (júlíanskur dagur 185) árið 1997. Í straumalíkan eru settar 1000 agnir á 5 metra dýpi norðvestur af Grundarfirði og staða þeirra er teiknuð upp 60 dögum seinna (rauðir ferningar). Einnig eru teiknaðar upp svartar leiðarlínur fyrir 10 fyrstu rekferlana frá upphafspunkti að endapunkti.

Einfaldari aðferðafræði er einnig hægt að nota til að meta hvort ákveðin svæði séu upprunasvæði (source) eða svelgir (sink). Caddy & Defeo (2003) lögðu til að vísitala á algengi nýliðunar ( $VAN$ ) væri reiknuð á hverju svæði út frá aldurshlutfalli á hverjum sýnatökustað:

$$VAN = \frac{N_{aldur}}{M_{aldur}} \quad (4.7)$$

Hér er  $N_{aldur}$  fjöldi árganga í sýni og  $M_{aldur}$  er hámarksaldur í sýni.  $VAN$  vísitalan er því 1 þegar allir árgangar eru í sýni en nálgast 0 þar sem nýliðunin er sveiflukennd.

Gera má ráða fyrir að *VAN* stuðullinn hafi svæðisbundna fylgni og hægt sé að teikna upp útbreiðslumynstur nýliðunar. Hægt er þá að meta krítísk svæði með tilliti til nýliðunar, til dæmis þar sem *VAN* stuðullinn er hærri en 0.7 (Caddy & Defeo, 2003).

Með stofnerfðafræðilegum athugunum á hörpudiski er hægt að skilgreina betur mismunandi fiskveiði stjórnunareiningar (Kenchington *et al.*, 2006). Erfðafræðin gæti hugsanlega sýnt fram á tengsl eða aðskilnað mismunandi undirstofna. Skilgreina má veggi (barriers) sem hindra genaflæði milli stofna og tengsl þeirra við ríkjandi straumakerfi sem flytja lirfur hörpudisks inn á nálæg svæði. Einnig hefur verið bent á lága virka (effektíva) stofnstærð í samlokum með mikla frjósemi sem er tilkomin vegna mikils breytileika á framlagi foreldra til nýliðunar (Hedgecock, 1994). Af framansögðu má ljóst vera að genaflótt (genetic drift) er því eitthvað sem þarf að taka til athugunar.

### 4.3 Fyrirkomulag veiða, friðuð svæði og svæðislok-anir

Stjórn veiðanna í Breiðafirði fram til 2002 byggðist á kvóta. Hann var ákveðinn út frá ráðgjöf Hafrannsóknastofnunarinnar sem byggir á 10% af stofnmati. Hingað til hefur ekki verið gerð aflaspá fram í tímann, en með því að auka gæði stofnmælingar er fýsilegt að spá fyrir um afrakstursgeta stofnins fram í tímann. Auk þess er nauðsynlegt að skoða betur óvissuna varðandi óbeinan fiskveiðidauda vegna veiðarfæra, bæði á ungvíði og á veiðistofninn.

Nokkrar skipulags og stjórnsýsluáðgerðir gætu mögulega nýst til að stjórna veiðunum betur og er hér tæpt á tveimur atriðum sem nýst geta í tengslum við núverandi fyrirkomulag.

Með líkanagerð og beinum mælingum hefur verið sýnt fram á að friðun á hluta veiðisvæðanna (oft nefnt þjóðgardar í sjó (Marine protected area, MPA)) getur aukið afrakstur veiða fyrir utan lokuðu svæðin. Frá friðuðu svæðunum kemur mikið magn lirfa sem auka nýliðun inn á opnu svæðin. Þekktasta dæmið um þetta er hafdiskur á Georgsbanka en inni á friðuðu svæðunum sjálfum jókst lífmassinn 14 falt á fjögurra ára tímabili (Murawski *et al.*, 2000). Með auknum lífmassa á friðuðu svæðunum jókst einnig hlutfall eldri skelja (Bradshaw *et al.*, 2001; Beukers-Stewart *et al.*, 2005), en eldri og stærri skeljar skila hlutfallslega fleiri eggjum heldur en minni skeljar. Lífmassi hrognar í hafdiski eykst til dæmis í veldinu 3.7 miðað við lengd á meðan vöðvaþyngd eykst um 2.9 en þyngdin ætti að aukast um 3 ef hlutfallið væri jafnt.

Þetta á bæði við um hörpudisk (Vahl, 1984) og hafdisk (Langton *et al.*, 1987). Aukin þéttleiki diska getur líka stuðlað að hærri frjóvgunartíðni (Claereboudt, 1999). Til að friðuðu svæðin skili réttum árangri fjölluðu Smith & Rago (2004) um að aukningin í eggjaframleiðslu þyrfti að vera meiri en hlutfall afraksturs alls svæðisins á móti afrakstri opnu svæðanna. Lokuðu svæðin geta verið nokkur en þurfa ekki að vera mjög stór í tilfelli hörpudiska. Skipulagning þeirra þarf að taka tillit til fyrirliggjandi upplýsinga um straumafar og uppruna lirfanna ('source' og 'sink' sem er lýst að ofan) svo hægt sé að skipuleggja friðuðu svæðin þannig að þau gefi sem mesta nýliðun inn á veiðisvæðin.

Sterkar vísbendingar voru um að óbeinn fiskveiðidaudi hafi verið hár í Breiðafirði en það styðja einnig aðrar rannsóknir á diskveiðum (Caddy, 1989). Sýnt hefur verið fram á að færanleg veiðisvæði, þar sem svæði eru hvíld og veidd með ákveðnu árabili, borga sig þegar óbeinn fiskveiðidaudi er mikill (Myers *et al.*, 2000). Með samspili friðunar og veiða er hægt að ná fram meiri afrakstri á hvern nýliða og viðhalda stærri hrygningarstofni. Skiptin þurfa að ákvarðast út frá vaxtarhraða hvers svæðis (sem þarf ekki að vera sá sami) og hámarksstærð skelja á hverju svæði (sem þarf ekki að vera sú sama). Einnig þarf að huga að náttúrulegum dauða hvers svæðis og nýliðun inn á hvert svæði en rannsóknir hafa sýnt að þau gildi eru misjöfn milli undirsvæða í Breiðafirði (Jónasson *et al.*, 2007).

## 4.4 Afrán á hörpudiski

Töluverðar upplýsingar vantar um þátt hörpudisks í vistkerfi Breiðafjarðar. Hverjir helstu afræningar hans eru og hvaða sess hann skapar hjá þeim. Vitað er um nokkrar lífverur sem stunda afrán á hörpudiski, þó aðallega á smærri skeljum. Þær helstu eru krossfiskar (Jónasson, 2005; Brun, 1968), æðarfugl (Brun, 1971), ýmsir krabbar (e.g. Arsenault & Himmelman, 1996) og margar fisktegundir sem gleypa eða bryðja hörpudiskinn (Naidu & Meron, 1986). Áhugavert væri að skoða betur og fá magnbundið mat á þátt krossfisks í afráni hörpudisks. Í Breiðafirði er eitt mesta varp æðarfugls í heimi (Jónsson, 2001). Niðurstöður frá Balsfirði í Noregi þar sem nokkrar veiðar á hörpudiski hafa átt sér stað, sýndu að hörpudiskurinn var um 50% af fæðu æðarfuglsins. Þar var hver æðarfugl að innbyrða um 50 kíló af hörpudiski á ári og þar sem stofn æðarfugls í Breiðafirði er talinn í hundruðum þúsunda fugla er ekki óeðlilegt að álykta að afrán á 15 - 50 mm hörpudiski geti numið einhverjum þúsundum tonna. Engar athuganir hafa farið fram til þessa á afráni æðarfugls á hörpudiski í Breiðafirði, en upplýsingar liggja fyrir frá Skerjafirði og Önundarfirði



(Skírnisson *et al.*, 2000; Garðarsson *et al.*, 1980). Engin rannsókn hefur verið gerð hérlendis á afráni flatfiska á hörpudisksmiðum, en hana mætti framkvæma samhliða stofnmati, þar sem flatfiskar slæðast alltaf inn í hörpudisksplóginn auk þorsks en hörpudisksleifar hafa fundist í maga hans (Hrafnkell Eiríksson munnlegt). Einnig má gefa gaum að tegundum er nýta sömu fæðu og hörpudiskurinn í Breiðafirði. Hvaða máli ef einhverju skiptir til að mynda aukin kræklingarækt í því samhengi?

## 4.5 Áhrif veiðarfæra, vistvænni veiðarfæri ?

Áhrif hörpudisksplógs á vistkerfið í Breiðafirði hafa hingað til verið metin út frá samsetningu meðafla hörpudisksveiðanna (Guijarro Garcia *et al.*, 2006). Talið er út frá niðurstöðum athugana á meðafla á árabílinu 1993 - 2001 og upplýsingum um sókn að veiðarfærið hafi þegar fyrir 1993 valdið breytingum á tegundasamsetningu aukaflans en veiðarnar hófust árið 1970. Athyglisverðar niðurstöður fengust þegar veiðiárin 1993 - 2003 voru borin saman við friðuðu árin 2004 - 2005. Áður fyrr skáru veiðisvæði með mikilli sókn sig frá veiðisvæðum með minni sókn með tilliti til meðafla en eftir að veiðar lögðust af er einsleitni svæðanna meiri (Guijarro Garcia *et al.*, 2007). Tekið er fram að helstu annmarkar rannsóknarinnar séu þeir að það vantar samanburðarrannsóknir á óveiddum svæðum og upplýsingar um botngerð en hún hefur mikið að segja varðandi þol lífvera gangvart veiðarfærum (Guijarro Garcia *et al.*, 2007). Hugsanleg ný friðuð svæði (MPA) geta gefið nýja sýn á framvindu lífríkisins þar í samanburði við veiðisvæðin. Myndavélataekni kafbáta sem lýst var að framan getur einnig nýst við að kortleggja botngerðina og hún gefur skýrari mynd af dreifingu botndýra sem plógurinn hefur áhrif á. Áhugavert væri að skoða með svipaðri tækni afrán til að mynda beitukóns og krossfisks í plógfari á hálfgrafinn og stressaðan hörpudisk (Veale *et al.*, 2000) en krossfiskur sækir í hörpudisk á plægðum svæðum (Zolotarev, 2002; Gwyther *et al.*, 1991). Fyrir utan áhrif á meðafla og samspil hans við hörpudiskinn, er einnig mjög mikilvægt að huga að beinum áhrifum plógsins á hörpudiskinn sjálfan í ljósi vísbendinga um mikinn óbeinan fiskveiðidauda. Gott mat á óbeinum fiskveiðidauda getur nýst beint í fiskveiðiráðgjöf og hefur mikið um að segja hversu langan tíma borgar sig að hvíla svæði þegar um færanleg veiðisvæði er að ræða. Þróun á vistvænni og um leið arðbærari veiðarfærum er því eitthvað sem vert er að gefa gaum að í framtíðinni.

## 4.6 Umhverfisvöktun (sjúkdómar, fæða og umhverfisskilyrði)

Vöktun á helstu umhverfisbreytum á svæði eins og Breiðafirði er nauðsynleg forsenda þess að meta og spá fyrir um væntanlegar breytingar á lífríkinu. Sjávarhiti er nú nokkuð vel vaktaður með þremur botnhitamælum í Breiðafirði og yfirborðshitamæli við Flatey á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar. Í sama vöktunarverkefni er blautþyngd helstu líffæra hörpudisks mæld. Þetta verkefni hefur staðið yfir síðan haustið 2000 og hafa sýni verið tekin ársfjórðungslega.

Á vegum tilraunastöðvar Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum hefur farið fram vöktun á umfangi sýkingar í hörpudiski við Ísland síðastliðin 3-4 ár. Litið er á verkefnið sem langtímarannsókn þar sem fyrstu árin fara í að gera sér grein fyrir áhrifum sýkils á hýsil og síðar meir vöktun á stofninum með tilliti til sýkinga (Árni Kristmundsson, munnlegt).

Fjarmælingar á ástandi sjávar á vegum NASA (Bandarísku geimferðarstofnunarinnar), m.a. á blaðgrænu eru opnar almenningi ([seawifs.gsfc.nasa.gov](http://seawifs.gsfc.nasa.gov)) og eru mikilvægt tól sem virðast gefa nothæfar upplýsingar á fæðuframboði hörpudisks (Jónasson *et al.*, 2007).

Nauðsynlegt er að vel takist til með vöktunarverkefnin en ekki síður að upplýsingarnar séu samnýttar og skoðaðar í samhengi við þróun stofnsins.

## 4.7 Ræktun, ungvíði sett út

Miklar rannsóknir áttu sér stað milli 1988 - 1991 á tilraunaeldi hörpudisks í Breiðafirði (Þórarinsdóttir, 1991, 1993, 1994). Í því verkefni var hugmyndin að rækta hörpudiskinn upp í sláturstærð. Hörpudiskinum var safnað í lírfusafnara í náttúrunni og hann síðar færður í búr og alinn til þriggja ára aldurs. Mikilvægar upplýsingar fengust um lírfuásetu og vöxt tegundarinnar sem var töluvert hraðari í búrunum sem voru uppi í vatnsúlunni en á skeljum við botninn. Þannig var talið að markaðsstærð mætti ná eftir 4 ár á móti 6 árum við náttúrulegar aðstæður. Einnig komu í ljós ýmis konar erfiðleikar í tengslum við veðurfar og sjólag í Breiðafirði. Ljóst er að hörpudiskurinn er frekar hægvoxta tegund og því óvíst að eldi hans sé hagkvæmt við Ísland.

Víða um heim er stundað eldi á disktegundum. Í Japan hefur eldi verið stundað frá því um 1970 sem gengur út á að sá eins árs gamalli japansskel (*Patinopecten yessoensis*) sem ræktuð hefur verið í búri á heppileg vaxtarsvæði í kringum eyna

Hokkaido (Uki, 2006). Skeljarnar eru síðan veiddar upp eftir 2 - 3 ár. Þessi ræktun og útsáning skelja hefur fjórfaldað afrakstur stofnsins. veiðin jókst úr 80 þúsund tonnnum í um 307 þúsund tonn. Náttúruleg nýliðun jókst einnig til muna við þessar aðstæður. Áður en farið var í þessar aðgerðir höfðu veiðarnar farið minnkandi og 10 ára friðun hafði ekki náð að rétta stofninn við. Fimm þættir voru skilgreindir hjá Uki (2006) sem stuðluðu að vel heppnaðri uppbyggingu veiðistofns.

1: Gott búsvæði.

2: Góðar og einfaldar aðferðir til að ná í sviflæga ungskel.

3: Fjarlæging afræningja.

4: Skipulagning veiðanna, færanleg veiðisvæði (sjá bls: 40.)

5: Góð og markviss stjórnsýsla.

Útsáning ungvíðis líkt og í Japan er hlutur sem vert er að skoða í Breiðafirði. Þó ber að hafa í huga að 4 ára japansskel er komin í kjörstærð við um 10 - 15 cm skelhæð og vegur þá um 110 - 300 grömm. Hörpudiskur í Breiðafirði nær kjörstærð við 6 - 8 ára aldur eða við 6 - 7 cm skelhæð og vegur þá um 40 - 80 grömm. Ljóst er að útreikningar til að meta arðsemi slíks verkefnis byggja á mörgum þeim rannsóknum er rætt hefur verið um hér að framan.

## Forgangsröðun nýrra rannsókna

Ljóst er að mörg þörf verkefni bíða úrlausnar varðandi hörpudiskinn í Breiðafirði. Hér er forgangsraðað þeim verkefnum sem kynnt voru hér að framan og er það gert með tilliti til hvaða verkefni nýtast best við veiðistjórnun sem byggist á vistkerfisnálgun.

### 1. Nauðsynleg undirstaða frekari rannsókna:

- Mælingar á stofnstærð og nýliðun
- Umhverfisvöktun (sjúkdómar, fæða, umhverfisskilyrði)

### 2. Aðkallandi rannsóknaspurningar:

- Svæðisbundinn þéttleiki, vöxtur, nýliðun, lírfurek og stofnerfðafræði
- Fyrirkomulag veiða, friðuð svæði og svæðislokanir
- Áhrif veiðarfæra, vistvænni veiðarfæri ?

### 3. Áhugaverð rannsóknarverkefni:

- Ræktun, ungvíði sett út
- Afrán á hörpudiski

## Þakkir

Ég vil þakka eftirtöldum starfsmönnum Hafrannsóknastofnunarinnar fyrir góða aðstoð og yfirlestur: Hrafnkatli Eiríkssyni, Guðrúnu Þórarinsdóttur og Elenu Guijarro Garcia. Stór hluti þessarrar greinargerðar er byggður á Meistaraprófsverkefni við Háskóla Ísland undir leiðsögn prófessors Guðrúnar Marteinsdóttur og Guðrúnar Þórarinsdóttur í samstarfi við Hafrannsóknastofnunina.

# Heimildaskrá

- Anon. (1988). Rapport fra arbeidsgruppe som har vurdert aktuelle reguleringsmetoder for haneskjellskraping i Svalbardsonen. Tech. rep., Fiskeridepartment, Oslo, Fiskeridirektoratet, Bergen.
- Anon. (2002). Ressursoversikt for 2002. In *Fisken og Havet*, vol. 1, 119, Havforskningsinstituttet.
- Anon. (2003). Nytjastofnar sjávar 2002/2003. Aflahorfur fiskveiðiárið 2003/2004 / *State of marine stocks and environmental conditions in Icelandic waters 2002/2003. Prospects for the quota year 2003/2004*. In *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit / MRI Technical Report*, vol. 97, 173, Marine Research Institute, Iceland.
- Anon. (2005). Nytjastofnar sjávar 2004/2005. Aflahorfur fiskveiðiárið 2005/2006 / *State of marine stocks and environmental conditions in Icelandic waters 2004/2005. Prospects for the quota year 2005/2006*. In *Hafrannsóknastofnun Fjölrit / MRI Technical Report*, vol. 121, 1–189, Marine Research Institute, Iceland.
- Anon. (2007a). Kyst og havbruk 2007. vol. 1, 206, Havforskningsinstituttet.
- Anon. (2007b). Nytjastofnar sjávar 2006/2007. aflahorfur fiskveiðiárið 2007/2008 / *State of marine stocks and environmental conditions in Icelandic waters 2006/2007. Prospects for the quota year 2007/2008*. In *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit / MRI Technical Report*, vol. 129, 180, Marine Research Institute, Iceland.
- Arsenault, D.J. & Himmelman, J.H. (1996). Ontogenic habitat shifts of the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller, 1776), in the northern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **53**, 884–895.
- Beukers-Stewart, B.D., Mosley, M.W.J. & Brand, A.R. (2003). Population dynamics and predictions in the Isle of Man fishery for the great scallop (*Pecten maximus*, L.). *ICES Journal of Marine Science*, **60**, 224–242.
- Beukers-Stewart, B.D., Vause, B.J., Mosley, M.W.J., Rossetti, H.L. & Brand, A. (2005). Benefits of closed area protection for a population of scallops. *Marine Ecology Progress Series*, **298**, 189–204.
- Black, G.A.P., Mohn, R.K. & Tremblay, M.J. (1993). Atlas of the biology and distribution of the Sea scallop *Placopecten magellanicus* and Iceland scallop *Chlamys islandica* in the Northwest Atlantic. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, **1915**, 34.

- Bradshaw, C., Veale, L.O., Hill, A.S. & Brand, A.R. (2001). The effect of scallop dredging on Irish Sea benthos: experiments using a closed area. *Hydrobiologia*, **465**, 129–138.
- Brand, A.R. (1991). Scallop ecology: Distribution and behavior. In S.E. Shumway, ed., *Developments in Aquaculture and Fisheries science. Vol. 21.*, 517–584, Elsevier, Amsterdam.
- Bratrein, H.D. (1988). Agnskjell. *Ottar*, **170**, 41–45.
- Bricelj, V.M., & Shumway, S.E. (1991). Physiology: Energy acquisition and utilization. In S.E. Shumway, ed., *Developments in Aquaculture and Fisheries science. Vol. 21.*, 305–346, Elsevier, Amsterdam.
- Brickmann, D., Marteinsdottir, G., Logemann, K. & Harms, I.H. (2007). Drift probabilities for Icelandic cod larvae. *ICES Journal of Marine Science*, **64**, 49–59.
- Brun, E. (1968). Extreme population density of the starfish *Asterias rubens* L. on a bed of Iceland scallop, *Chlamys islandica*. *Astarte*, **32**, 1–3.
- Brun, E. (1971). Predation of *Chlamys islandica* (O.F. Müller) by Eiders *Somateria* spp. *Astarte*, **4**, 23–29.
- Caddy, J.F. (1989). A perspective on the population dynamics and assessment of scallop fisheries, with special reference to the sea scallop, *Placopecten magellanicus* Gmelin. In J.F. Caddy, ed., *Marine invertebrate fisheries: Their assessment and management*, 559–589, John Wiley & Sons, New York.
- Caddy, J.F. (2004). Current usage of fisheries indicators and reference points, and their potential application to management of fisheries for marine invertebrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **61**, 1307–1324.
- Caddy, J.F. & Defeo, O. (2003). Enhancing or restoring the productivity of natural populations of shellfish and other marine invertebrate resources. *FAO fisheries technical paper*, **448**, 1–159.
- Caddy, J.F. & Gulland, J.A. (1983). Historical patterns of fish stocks. *Marine Policy*, **7**, 267–278.
- Campbell, J.W., Blaisdell, J.M. & Darzi, M. (1995). Level-3 seawifs data products: Spatial and temporal binning algorithms. In S. Hooker, E. Firestone & J. Acker, eds., *Nasa Technical Memorandum 104566 / SeaWIFS Technical Report Series*, vol. 32, 80, National Aeronautics and Space Administration, USA.
- Claereboudt, M. (1999). Fertilization success in spatially distributed populations of benthic free-spawners: A simulation model. *Ecological Modelling*, **121**, 221–233.
- Cook, T., Folli, M., Klinck, J., Ford, S. & Miller, J. (1998). The relationship between increasing sea-surface temperature and the northward spread of *Perkinsus marinus* (Dermo) disease epizootics in oysters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **46**, 587–597.

- Crawley, M.J. (2002). *Statistical computing - An introduction to data analysis using S-PLUS*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester.
- Dickie, L.M. (1955). Fluctuations in abundance of the giant scallop, (*Placopecten magellanicus* (Gmelin)), in the Digby area of the Bay of Fundy. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **12**, 707–856.
- Dickie, L.M. & Medcof, J.C. (1963). Causes of mass mortalities of scallops (*Placopecten magellanicus*) in the southwestern Gulf of St. Lawrence. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **20**, 451–482.
- Egilsson, D., Ólafsdóttir, E.D., Yngvadóttir, E., Halldórsdóttir, H., Sigurðsson, F.H., Jónsson, G.S., Jensson, H., Gunnarsson, K., Þráinsson, S.A., Stefánsson, A., Indriðason, H.D., Hjartarson, H., Thorlacius, J., Ólafsdóttir, K., Gíslason, S.R. & Svavarson, J. (1999). Mælingar á mengandi efnnum á og við Ísland. Niðurstöður vöktunarmælinga. Tech. rep., Starfshópur um mengunarmælingar.
- Eiríksson, H. (1970). Athuganir á hörpudiski, *Chlamys islandica* Müller, árið 1969. *Hafrannsóknir*, **2**, 57–68.
- Eiríksson, H. (1986). Hörpudiskurinn, *Chlamys islandica*, Müller. *Hafrannsóknir*, **35**, 5–40.
- Eiríksson, H. (1993). Hörpudiskurinn. Námsgagnastofnun.
- Eiríksson, H. (1997). The Molluscan Fisheries of Iceland. *NOAA Technical Report, NMFS*, **129**, 39–47.
- Gardarsson, A., Nielsen, Ó.K. & Ingólfsson, A. (1980). Rannsóknir í Önundarfirði og víðar á Vestfjörðum 1979. In *Fjölrit Líffræðistofnunar*, vol. 12, 65.
- Getchell, R.G. (1991). Diseases and parasites of scallops. In S.E. Shumway, ed., *Developments in Aquaculture and Fisheries science. Vol. 21.*, 471–494, Elsevier, Amsterdam.
- Gould, A. & Fowler, B.A. (1991). Scallops and pollution. In S.E. Shumway, ed., *Developments in Aquaculture and Fisheries science. Vol. 21.*, 495–515, Elsevier, Amsterdam.
- Guijarro Garcia, E. (2006). The Fishery for Iceland Scallop *Chlamys islandica* in the Northeast Atlantic. *Advances in Marine Biology*, **51**, 1–55.
- Guijarro Garcia, E., Thórarinsdóttir, G.G. & Ragnarsson, S.A. (2003). Settlement of bivalve spat on artificial collectors in Eyjafjörður, North Iceland. *Hydrobiologia*, **503**, 131–141.
- Guijarro Garcia, E., Ragnarsson, S.Á. & Eiríksson, H. (2006). Effects of scallop dredging on macrobenthic communities in West Iceland. *ICES Journal of Marine Science*, **63**, 434–443.
- Guijarro Garcia, E., Ragnarsson, S.Á. & Eiríksson, H. (2007). Changes in the macrobenthic community in Breiðafjörður, west Iceland, following the cessation of scallop dredging. *Manuscript to be submitted*.



- Gwyther, D., Cropp, D.A., Joll, L.M. & Dredge, M.C.L. (1991). Australia. In S.E. Shumway, ed., *Developments in Aquaculture and Fisheries science. Vol. 21.*, 835–851, Elsevier, Amsterdam.
- Hedgecock, D. (1994). Does variance in reproductive success limit effective population sizes of marine organisms ? In A.R. Beaumont, ed., *Genetics and Evolution of Aquatic Organisms*, 122–134, Chapman Hall, London.
- Hovgaard, P., Mortensen, S. & Strand, O. (2001). *Skjell, biologi og dyrkning*. Kystnæringen Forlag og bokklub AS, Norway.
- Johannessen, .H. (1973). Age determination in *Chlamys islandica* (O.F. Müller). *Astarte*, **6**, 15–20.
- Jørgensen, L.L. (2005). Impact scenario for an introduced decapd on Arctic epibenthic communities. *Biological Invasions*, **7**, 949–957.
- Jónasson, J.P. (2004). Mat á náttúrulegum dauða hörpudisks, *Chlamys islandica* (O.F. Müller), í Breiðafirði út frá hlutfalli skelja á hjör / *Estimate of natural mortality of Icelandic scallop, Chlamys islandica* (O.F. Müller), in *Breidarfjörður, based on the ratio of cluckers*. In *Þættir úr vistfræði sjávar 2003 / Environmental conditions in Icelandic waters 2003*, vol. 101 of *Hafrannsóknastofnunin Fjölrít / MRI Technical Report*, 37–40, Marine Research Institute, Iceland.
- Jónasson, J.P. (2005). *The effect of environment and fisheries on the status of Iceland scallop*. Master's thesis, University of Iceland.
- Jónasson, J.P., Þórarinsdóttir, G.G., Eiríksson, H. & Marteinsdóttir, G. (2004). Temperature tolerance of Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) under controlled experimental conditions. *Aquaculture Research*, **35**, 1405–1414.
- Jónasson, J.P., Þórarinsdóttir, G.G., Eiríksson, H., Sólmundsson, J. & Marteinsdóttir, G. (2005). The effects of environment and fishing on the abundance and the condition of Iceland scallop, *Chlamys islandica* in Breidifjörður. *ICES-CM-2005/O:24*.
- Jónasson, J.P., Þórarinsdóttir, G.G., Eiríksson, H., Sólmundsson, J. & Marteinsdóttir, G. (2007). Collapse of the fishery for Iceland scallop (*Chlamys islandica*) in Breidafjörður, West Iceland. *ICES Journal of Marine Science*, **64**, 298–308.
- Jónsson, J., ed. (2001). *Æðarfugl og æðarrækt á Íslandi*. Mál og mynd, Reykjavík.
- Kenchington, E.L., Patwary, M.U., Zouros, E. & Bird, C.J. (2006). Genetic differentiation in relation to marine landscape in a broadcast-spawning bivalve mollusc (*Placopecten magellanicus*). *Molecular Ecology*, **15**, 1781–1796.
- Kristmundsson, Á. (2007). Sníkjudýrasýking er meginorsök hruns hörpuskeljarstofnsins. *Stykkis-hólmspósturinn*, 18. apríl 2007.

- Kristmundsson, Á., Eydal, M., Bambir, S.H. & Helgason, S. (2004). Sníkjudýr í hörpuskel *Chlamys islandica* við Ísland. In *Líffræði vaxandi vísindi, afmælisráðstefna Líffræðifélags Íslands og Líffræðistofnunnar Háskólans*, 68, Háskóli Ísland og Líffræðifélag Íslands, Book of abstracts.
- Langton, R.W., Robinson, W.E. & Schick, D. (1987). Fecundity and reproductive effort of sea scallops *Placopecten magellanicus* from the Gulf of Maine. *Marine Ecology Progress Series*, **37**, 19–25.
- Leibovitz, L., Schott, E.F. & Karney, R.C. (1984). Diseases of wild, captive and cultured scallops. *J. World Maricul. Soc.*, **15**, 269–283.
- Murawski, S.A., Brown, R., Lai, H.L., Rago, P.J. & Hendrickson, L. (2000). Large-scale closed areas as a fishery-management tool in temperate marine systems: The Georges Bank experience. *Bulletin of Marine Science*, **66**, 775–798.
- Myers, R.A., Fuller, S.D. & Kehler, D.G. (2000). A fisheries management strategy robust to ignorance: Rotational harvest in the presence of indirect fishing mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **57**, 2357–2362.
- Naidu, K. & Cahill, F.M. (1984). Status and assessment of St. Pierre Bank scallop stocks, 1982–83. *Canadian Atlantic Fisheries Science Advisory Committee Research Document*, **84/69**, 56.
- Naidu, K.S. (1988). Estimating mortality rates in the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller). *Journal of Shellfish Research*, **7**, 61–71.
- Naidu, K.S. & Anderson, J.T. (1984). Aspects of scallop Recruitment on St. Pierre Bank in relation to oceanography and implications for resource management. *Canadian Atlantic Fisheries Science Advisory Committee Research Document*, **84/29**, 15.
- Naidu, K.S. & Meron, S. (1986). Predation of scallops by American plaice and yellowtail flounder. *Canadian Atlantic Fisheries Science Advisory Committee Research Document*, **86/62**, 25.
- Orensanz, J.M., Parma, A.M. & Iribarne, O.O. (1991). Population dynamics and management of natural stocks. In S.E. Shumway, ed., *Developments in Aquaculture and Fisheries science. Vol. 21.*, 625–689, Elsevier, Amsterdam.
- Pan, L., Ren, J. & Liu, J. (2005). Effects of benzo(k)fluoranthene exposure on the biomarkers of scallop *Chlamys ferrari*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, **141**, 248–256.
- Pedersen, O.P., Nilssen, E.M., Jørgensen, L.L. & Slagstad, D. (2006). Advection of the red king crab larvae on the coast of North Norway—a Lagrangian model study. *Fisheries Research*, **79**, 325–336.
- Pedersen, S.A. (1989). Inshore scallop resources, *Chlamys islandica*, in the Nuuk area West Greenland. Tech. Rep. Serial No. N1596, Northwest Atlantic Fisheries Organization SCR Doc. 89/20.

- Pedersen, S.A. (1994). Population Parameters of the Iceland Scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) from West Greenland. *Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science*, **16**, 75–87.
- Quinn, T.J. & Deriso, R.B. (1999). *Quantitative fish dynamics*. Oxford University Press, New York.
- Ricker, W.E. (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*, vol. 191 of *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*. Department of the Environment, Fisheries and Marine Science, Ottawa.
- Rosenberg, A.A. (2002). The precautionary approach in application from a manager's perspective. *Bulletin of Marine Science*, **70**, 577–588.
- Sause, B.L., Gwyther, D. & Burgess, D. (1987). Larval settlement, juvenile growth and the potential use of spatfall indices to predict recruitment of the scallop *Pecten alba* tate in Port Philip Bay, Victoria, Australia. *Fisheries Research*, **6**, 81–92.
- Shumway, S.E., Selvin, R. & Schick, D.F. (1987). Food resources related to habitat in the scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791): a qualitative study. *Journal of Shellfish Research*, **6**, 89–95.
- Skreslet, S. (1973). Spawning in *Chlamys islandica* (O.F. Müller) in relation to temperature variations caused by vernal meltwater discharge. *Astarte*, **6**, 9–14.
- Skreslet, S. & Brun, E. (1969). On the reproduction of *Chlamys islandica* (O.F. Müller) and its relation to depth and temperature. *Astarte*, **2**, 1–6.
- Skírnisson, K., Jónsson, Á.Á., Sigfússon, A.P. & Sigurðarson, S. (2000). Árstiðabreytingar í fæðuvali æðarfugla á Skerjafirði. *Bliki*, **21**, 1–14.
- Smith, S.J. & Rago, P. (2004). Biological reference points for the sea scallop (*Placopecten magellanicus*): the benefits and costs of being nearly sessile. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **61**, 1338–1354.
- Smith, S.J. & Sainte-Marie, B. (2004). Biological reference points for invertebrate fisheries: introduction. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **61**, 1303–1306.
- Sparre, P. & Venema, S.C. (1998). *Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual*. No. 306/1 in FAO Fisheries Technical Papers, FAO, Rome, Italy.
- Stokesbury, K.D.E. & Himmelman, J.H. (1995). Biological and physical variables associated with aggregations of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **52**, 743–753.
- Sund, O. (1930). The renewal of a fish population studied by means of measurement of commercial catches. Example: the Arcto-Norwegian cod stock. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*, **65**, 10–17.

- Sundet, J.H. (1988). Haneskjellets utbredelse og fangst av haneskjell. *Ottar*, **170**, 8–12.
- Uki, N. (2006). Stock enhancement of the Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* in Hokkaido. *Fisheries Research*, **80**, 62–66.
- Uthe, J.F. & Chou, C.L. (1987). Cadmium in sea scallop (*Placopecten magellanicus*) tissues from clean and contaminated areas. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **44**.
- Vahl, O. (1973). Efficiency of particle retention in *Chlamys islandica* (O.F. Müller). *Astarte*, **6**, 21–25.
- Vahl, O. (1980). Seasonal variations in seston and in the growth rate of the Iceland scallop *Chlamys islandica* (O.F. Müller) from Balsfjord, 70°N. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **48**, 195–204.
- Vahl, O. (1981). Energy transformation by the Iceland scallop *Chlamys islandica* (O.F. Müller, 1776) from 70°N. I. The age-specific energy budget and net growth efficiency. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **53**, 281–296.
- Vahl, O. (1984). Size-specific reproductive effort in *Chlamys islandica*: reproductive senility or stabilizing selection? In P.E. Gibbs, ed., *Proceedings of the 19th European Marine Biology Symposium*, 521–527, Cambridge University Press, Cambridge.
- Veale, L.O., Hill, A.S. & Brand, A.R. (2000). An in situ study of predator aggregations on scallop (*Pecten maximus*(L.)) dredge discards using a static time-lapse camera system. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **255**, 111–129.
- Venables, W.N. & Ripley, B.D. (1997). *Modern applied statistics with S-PLUS*. Springer - Verlag, New York.
- Waller, T. (1991). Evolutionary relationships among commercial scallops (Mollusca: Bivalvia: Pectinidae). In S.E. Shumway, ed., *Developments in Aquaculture and Fisheries science. Vol. 21*, 1–74, Elsevier, Amsterdam.
- Wiborg, K.F. (1963). Some observations on the Iceland scallop *Chlamys islandica* (Müller) in Norwegian waters. *Fiskeridirektoratets Skrifter Serie Havundersogelser*, **13**, 38–53.
- Yungkul, K. & Powell, E.N. (2004). Surfclam histopathology survey along the Delmarva mortality line. *Journal of Shellfish Research*, **23**, 429–441.
- Zolotarev, P. (2002). Population density and size structure of sea stars on beds of Iceland scallop, *Chlamys islandica*, in the southeastern Barents Sea. *Sarsia*, **87**, 91–96.
- Þórarinsdóttir, G.G. (1991). The Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) in Breidafjörður, west Iceland. I. Spat collection and growth during the first year. *Aquaculture*, **97**, 13–23.

Pórarinsdóttir, G.G. (1993). The Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) in Breidafjörður, west Iceland. II . Gamete development and spawning. *Aquaculture*, **110**, 87–96.

Pórarinsdóttir, G.G. (1994). The Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) in Breidafjörður, west Iceland. III . Growth in suspended culture. *Aquaculture*, **120**, 295–303.