

HV 2019-01
ISSN 2298-9137



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR
MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Vöxtur rækju í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi

Ingibjörg G. Jónsdóttir og Unnur Skúladóttir

REYKJAVÍK JANÚAR 2019

Vöxtur rækju í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi

Ingibjörg G. Jónsdóttir og Unnur Skúladóttir

Upplýsingablað

Titill: Vöxtur rækju í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi		
Höfundar: Ingibjörg G. Jónsdóttir og Unnur Skúladóttir		
Skýrsla nr. HV 2019-01	Verkefnisstjóri: Ingibjörg G. Jónsdóttir	Verknúmer: 11515
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 14	Útgáfudagur: 22. janúar 2019
Unnið fyrir: Hafrannsóknastofnun	Dreifing: Opin	Yfirfarið af: Jónas P. Jónasson
Ágrip Skoðaður var vöxtur og aldur rækju í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi úr leiðöngurum sem farnir voru á tímabilinu frá 1988 til 2015. Meðallengd rækju var hærrí hjá 1 árs og eldri rækju í Ísafjarðardjúpi samanborið við í Arnarfirði og líklegt er að hærrí hitastig í Ísafjarðardjúpi hafi áhrif á mismunandi vaxtarhraða milli svæðanna. Við fyrstu hrygningu var rækja yngri í Ísafjarðardjúpi heldur en í Arnarfirði. Rækjan var líka almennt yngri í Ísafjarðardjúpi þar sem hún verður ekki eldri en 6 ára meðan að það var algengt að hún næði 7 – 9 ára aldri í Arnarfirði. Það hefur hins vegar verið að breytast þar sem að frá árinu 2005 hafa þær ekki verið metnar eldri en 5 – 7 ára.		
Abstract <i>Growth and age of shrimp in Arnarfjörður and Ísafjarðardjúp was studied from data collected in annual shrimp surveys from 1988 to 2015. Mean length of 1-year and older shrimp was higher in Ísafjarðardjúp compared with Arnarfjörður and it is likely due to higher bottom sea temperature in Ísafjarðardjúp. Age at first spawning was lower in Ísafjarðardjúp. Furthermore, shrimp did not reach as high age in Ísafjarðardjúp, where the oldest shrimp was 6 years old, while it reached 7 – 9 years in Arnarfjörður. The maximum age of shrimp in Arnarfjörður has decreased and since 2005 the maximum age was estimated 5 – 7 years old.</i>		
Lykilorð: aldur, Arnarfjörður, Ísafjarðardjúp, <i>Pandalus borealis</i> , rækja, vöxtur		
Undirskrift verkefnisstjóra: 	Undirskrift forstöðumanns sviðs: 	

Efnisyfirlit	Bls.
Inngangur.....	1
Aðferðir.....	2
Niðurstöður.....	5
Hitastig.....	5
Vöxtur.....	5
Mesti aldur.....	8
Fyrsta hrygning.....	9
Umræður.....	10
Þakkarorð.....	11
Heimildir.....	12
Viðauki.....	14

Myndaskrá

1. mynd. Togstöðvar í Arnarfirði (hægra megin) og Ísafjarðardjúpi (vinstra megin). Gráar línur í Ísafjarðardjúpi eru togstöðvar sem voru teknar fram til ársins 2005.	2
2. mynd. Lengdarmæling á rækju. Mælt er frá augnkrók aftur á miðja afturrönd skjaldarins. Ljósmynd: Anika K. Guðlaugsdóttir.	3
3. mynd. Dæmi um mat á aldurshópum út frá lengdardreifingu rækju í Arnarfirði.	4
4. mynd. Meðalhiti sjávar við botn að hausti í Arnarfirði (heil lína) og í Ísafjarðardjúpi (brotin lína).	5
5. mynd. Meðallengd rækju (mm) eftir aldri og árgöngum í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi. Neðri myndin sýnir meðallengd allra árganga eftir aldri í Arnarfirði (heil lína) og Ísafjarðardjúpi (brotin lína).	6
6. mynd. Meðallengd rækju (mm) eftir aldri og árum í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi í febrúar (rautt) og að hausti (blátt).	7
7. mynd. Mesta hugsanlega skjaldarlengd samkvæmt vaxtarferli (L_{inf} eða L_{∞}) og vaxtarstíkar (K) rækju eftir árgöngum í Arnarfirði (heil lína) og Ísafjarðardjúpi (brotalína).	8
8. mynd. Mesti aldur rækju eftir árum í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi í febrúar (heil lína) og að hausti (brotalína).	8
9. mynd. Hlutfall hrygnandi rækju eftir aldri og árgöngum í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi að hausti og í febrúar.	9

Inngangur

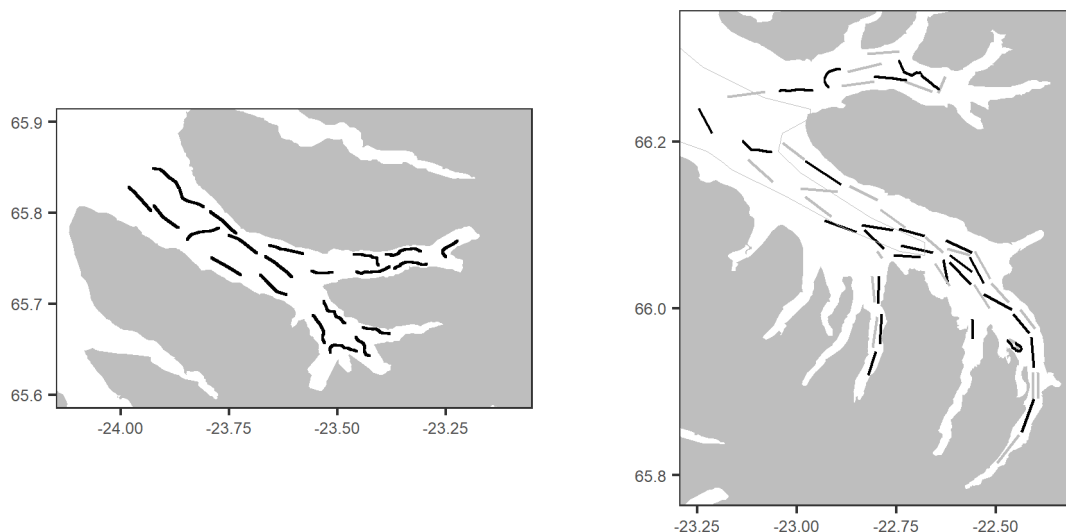
Aldur, vaxtarhraði, dánartíðni og hvenær tegundir verða kynþroska eru líklega meðal mikilvægustu þátta í lífssögu hvorrar tegundar. Þessir þættir eru notaðir í stofnmati en mikilvægt er að skoða vöxt og aldursdreifingu nytjategunda til að hægt sé að nýta stofninn á sem skynsamlegastan hátt. Vöxtur er metinn sem lengdaraukning yfir ákveðið tímabil. Ýmsir þættir hafa áhrif á vöxt en hann hefur þó oftast verið tengdur við hitastig og fæðuframboð (Wootton, 1998). Almenn er vöxtur hraðari við hærri hitastig og meira fæðuframboð. Því getur vöxtur sömu tegundar verið mismunandi á milli svæða (Hansen og Aschan, 2000; Ingibjörg G. Jónsdóttir o.fl., 2008). Sýnt var fram á að vöxtur rækju (*Pandalus borealis*) við Ísland var mishraður eftir svæðum á sjötta og sjöunda áratug síðustu aldar og óx rækja hraðast við Eldey þar sem sjávarhiti var hæstur (Unnur Skúladóttir og Einar Jónsson, 1980). Vegna breytinga í umhverfinu þá er vöxtur breytilegur og stöðugt þarf að fylgjast með vexti nytjategunda. Hitastig sjávar umhverfis Ísland hefur hækkað frá árinu 1996 (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2018) og hefur það haft meðal annars haft áhrif á útbreiðslu tegunda við landið (Hreiðar Þ. Valtýsson og Steingrímur Jónsson, 2018). Þessi hækkun í sjávarhita er einnig líkleg að hafa áhrif á vaxtarhraða ýmissa sjávartegunda við landið.

Þrátt fyrir mikilvægi þess að meta vöxt krabbadýra hefur það reynst erfitt. Í mörgum tegundum er aldur metinn með því að telja áhringi í hörðum hlutum lífverunnar, svo sem kvörnum, hryggjarliðum og hreistri úr ýmsum fiskategundum, loku beitukóns og skel ýmissa samlokutegunda (Campana og Thorrold, 2001). Þessir hlutir eru kalkmyndandi og vaxa stöðugt allt líf einstaklinganna, en þó jafnaði hraðar á sumrin við hærri hitastig. Hins vegar hefur ekki alltaf verið einfalt að ákvarða aldur sumra sjávarhryggleysingja. Til að mynda hefur reynst erfitt að ákvarða aldur krabbadýra líkt og rækju og humars (*Nephrops norvegicus*) og engar beinar aðferðir voru þekktar til aldursgreiningar. Krabbadýr vaxa ekki jafnt og þétt heldur í stökkum samfara hamskiptum en þá kasta dýrin af sér gömlu skelinni en undir henni er ný skel (Hartnoll, 2001). Nýja skelin er lin og stærri en sú gamla og hún harðnar smám saman. Vegna þessa hefur ávallt verið talið að krabbadýr hafi enga harða hluti sem mynda áhringi líkt og í kalkmyndandi hlutum annarra lífvera. Því hafa aðrar aðferðir verið notaðar til að ákvarða aldur krabbadýra og algengt hefur verið að ákvarða aldur út frá lengdardreifingu og frávikum frá henni (Sund, 1930; Unnur Skúladóttir, 1981). Þá er gert ráð fyrir að toppar í lengdardreifingu samsvari mismunandi aldurshópum. Þessi aðferð getur reynst ágætlega, sérstaklega á heitari svæðum þar sem einstaklingar vaxa hratt og töluverður munur er í stærð eftir aldri. Auðveldara er þar að greina mismunandi árganga út frá lengdardreifingunni. Á kaldari svæðum getur hins vegar verið erfitt að aðskilja á milli aldurshópa út frá lengdardreifingu þar sem einstaklingar vaxa hægar og því getur verið lítil munur í lengd þeirra eftir aldri (Unnur Skúladóttir og Einar Jónsson, 1980).

Rækja hefur verið veidd í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi frá því á fjórða áratug síðustu aldar. Litið er á þessa stofna sem sér stofna (Skúladóttir and Pétursson, 1999) og eru þeir sér stjórnunareining og ráðgjöf veitt fyrir hvort þeirra. Líkt og aðrir rækjustofnar við Ísland hafa þeir átt undir högg að sækja, meðal annars vegna mikillar fiskgengdar inn í firðina (Ingibjörg G. Jónsdóttir, 2017). Markmiðið með þessari samantekt var að skoða vöxt og við hvaða aldur rækja hrygnir fyrst í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi. Notuð verða gögn úr rækjurannsóknum sem framkvæmdar hafa verið frá árinu 1988. Annars vegar verður skoðað hvort þessir þættir hafa breyst frá árinu 1988 til dagsins í dag en einnig verða þeir bornir saman á milli þessara tveggja fjarða.

Aðferðir

Frá árinu 1988 hefur verið farið árlega í stofnmælingu rækju í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi að hausti (september og/eða október) (Ingibjörg G. Jónsdóttir o.fl., 2017). Á árunum 1989 til 2004 var einnig farið í stofnmælingu í febrúar í báða firðina og á árunum 2005, 2006, 2008 og 2014 í Arnarfjörð og 2013 og 2014 í Ísafjarðardjúp. Á hverju ári voru mælingar gerðar á sömu 22 togstöðvum í Arnarfirði. Í Ísafjarðardjúpi voru mælingar gerðar á 54 togstöðvum til ársins 2005 en þá var togstöðvunum fækkað í 26. Árin 2007, 2008 og 2011 voru þær þó 54 togstöðvar. Hitastig sjávar við botn var skráð á öllum togstöðvum en það var mælt með hitanema sem staðsettur var á höfuðlínu trollsins. Skráningar á hitastigi sjávar við botn voru takmarkaðar í febrúar og því voru þær mælingar ekki notaðar í þessari skýrslu.



1. mynd. Togstöðvar í Arnarfirði (hægra megin) og Ísafjarðardjúpi (vinstra megin). Gráar línur í Ísafjarðardjúpi eru togstöðvar sem voru teknar fram til ársins 2005.

Figure 1. Sampling locations in Arnarfjörður (left) and Ísafjarðardjúp (right). Grey lines in Ísafjarðardjúp indicate stations sampled until 2005.

Á hverri stöð var heildarmagn rækju vigtað og úr aflanum var tekið úrtak til frekar mælinga. Úrtakið taldi um 250 rækjur sem voru lengdarmældar (2. mynd), kyn- og kynþroskagreindar samkvæmt aðferð Rasmussen (1953) og McCrary (1971). Rækja skiptir um kyn á lífsleiðinni, hún klekst út sem karldýr en eftir nokkur ár þá breytist hún í kvendýr (Shumway o.fl., 1985). Aðeins kvendýr voru kynþroskagreind en greint var hvort rækja væri með þroskaða kynkirtla (græn í haus) eða með egg undir halanum en einnig er greint hvort hún sé með eða án gadda. Gaddarnir eru fremst á kviðnum og þeir segja til um hvort rækjan hafi hrygnt áður (án gadda) eða ekki (með gadda). Rækjur sem bera egg eru allar án gadda.

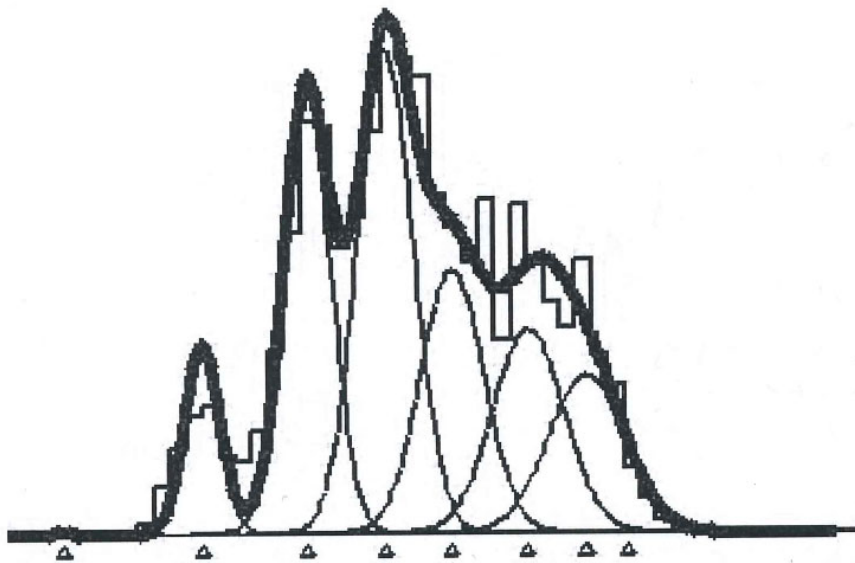


2. mynd. Lengdarmæling á rækju. Mælt er frá augnkrók aftur á miðja afturrönd skjaldarins. Ljósmynd: Anika K. Guðlaugsdóttir.

Figure 2. Length measurement of shrimp. It is measured from the inside of the eye socket to the posterior margin of the carapace. Photograph: Anika K. Guðlaugsdóttir.

Meðalskjaldarlengd hvers aldurshóps rækju var metin út frá lengdardreifingu. Toppár í lengdardreifingunni voru metnar með aðferð Macdonald og Pitcher (1979) með MIX hugbúnaði (Macdonald og Green, 1988). Við upphaf greininga þurfti að gefa upp hve margir árgangar eru í lengdardreifingunni. Þarna var í nokkrum tilfellum talsverð hjálp í að skoða einnig frávik í lengdardreifingum þar sem einkum var unnt að fylgja sterkum árgöngum ár eftir ár (Viðauki 1). Það var þannig leiðbeinandi um fjölda árganga í heildarlengdardreifingunni. Þá var byrjað á því að skoða lengdardreifingu kvendýra án gadda og var meðalskjaldarlengd þeirra aldursflokka metin. Þetta eru elstu einstaklingarnir í stofninum. Því næst var heildar lengdardreifing beggja kynja skoðuð og meðalskjaldarlengd yngri aldursflokka metin. Þegar heildar lengdardreifingin var skoðuð runnu aldursflokkar oft saman og erfitt gat verið að greina á milli þeirra. Í þeim tilvikum þá gáfum við okkur að greining úr eldri aldursflokkum gildi einnig fyrir heildar lengdardreifinguna og var hún fest þannig að við matið á yngri aldursflokkum var ekki metin meðalskjaldarlengd eldri aldursflokka þar sem hún var nú fyrirfram ákvörðuð.

Við mat á aldri kvendýra við fyrstu hrygningu voru notaðar tvær aðferðir. Í haustleiðöngrum var reiknað út hlutfall kvendýra með og án gadda út frá heildarfjölda allra einstaklinga. Kvendýr með göddum eru á þessum árstíma græn í haus og um það bil að missa gaddana við fyrstu hrygningu. Því næst voru dregin frá hlutföll kvendýra eftir aldri frá elstu til yngstu. Oft var hlutfall í yngsta aldursflokki kvendýra ekki það sama og hlutfall alls aldursflokksins samkvæmt niðurstöðum úr MIX á heildar lengdardreifingu. Hlutfall kynþroska kvendýra í yngstu kvenrækju var þá reiknað sem hlutfall af hlutfalli karldýra + kvendýra í sama aldursflokki. Sams konar aðferð var notuð í febrúarleiðöngrum nema miðað var eingöngu við kvendýr án gadda. Á þessum árstíma munu sum karldýr hefja kynskipti sem síðan leiða til kynþroska kvendýra og hrygningar næsta haust.



3. mynd. Dæmi um mat á aldurshópum út frá lengdardreifingu rækju í Arnarfirði. Hér er sýnd lengdardreifing beggja kynja.

Figure 3. An example of estimation of age groups using length distribution of shrimp in Arnarfjörður. Both sexes are included at this graph.

Vaxtarferill hvers árgangs var metinn samkvæmt jöfnu von Bertalanffy

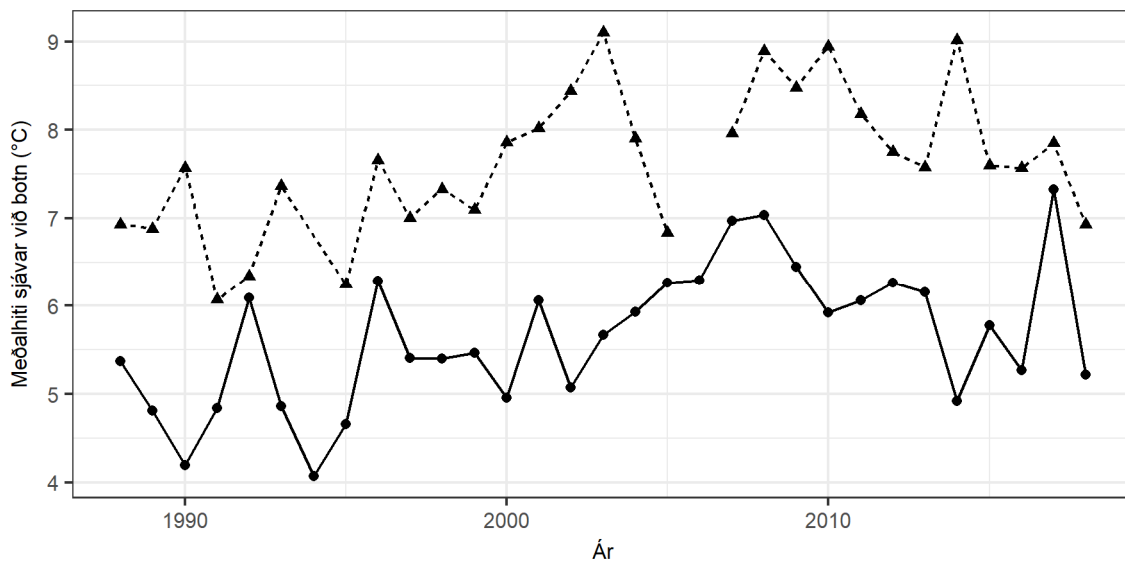
$$L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

þar sem L_t er skjaldarlengd við aldur t , L_∞ er hámarksskjaldarlengd rækju, K er vaxtarstiki og t_0 er tíminn þar sem skjaldarlengdin er 0 á ferlinum (Jennings o.fl., 2001). Meðallengdir frá hausti og febrúar voru notaðar fyrir þá árganga sem það var hægt, annars var eingöngu stuðst við meðallengdir frá hausti. Sum árin fannst engin rækja úr klaki síðasta vors (0 - grúppa). Þess í stað var notuð meðallengd 0 grúppu rækju annarra árganga úr sama firði þegar vaxtarferlar árganganna voru metnir (6,6 mm í Arnarfirði og 6,9 mm í Ísafjarðardjúpi). Miðað var við að rækja eldist um eitt ár þann 1. janúar ár hvert.

Niðurstöður

Hitastig

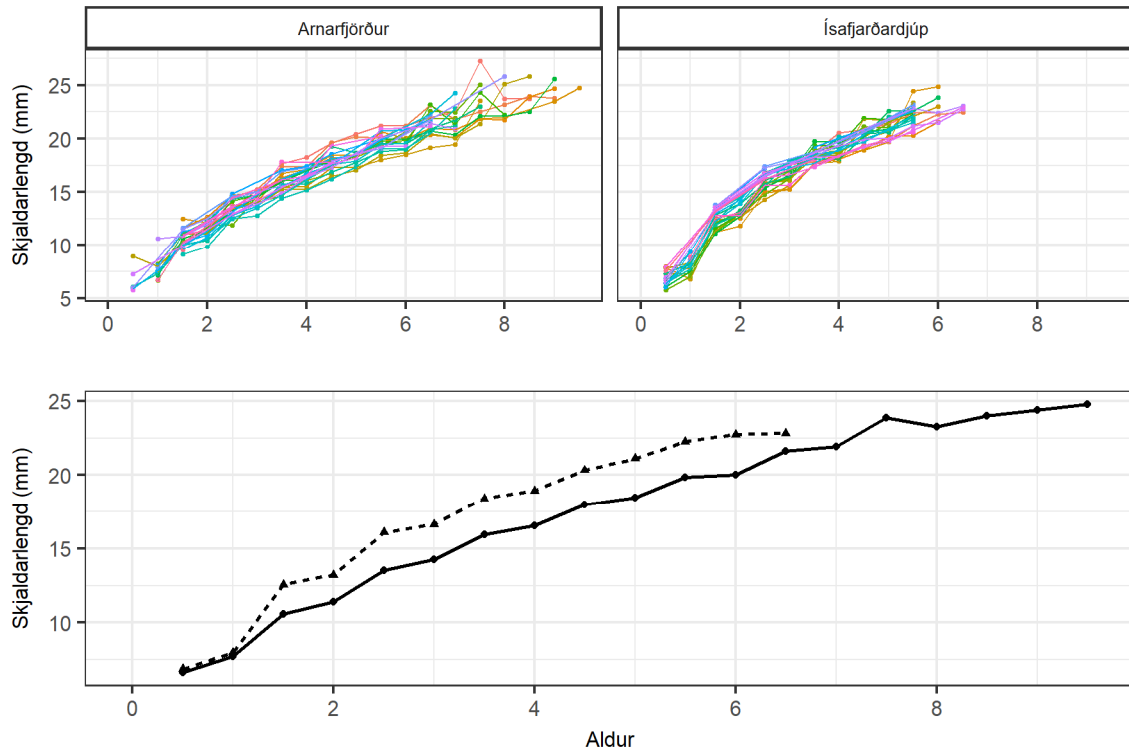
Frá árinu 1988 til 2000 var meðalhiti sjávar við botn að hausti á bilinu 6 til 8°C í Ísafjarðardjúpi (4. mynd). Hitastigið var hærra eftir árið 2000 í Ísafjarðardjúpi og var þá á bilinu 7,5 til 9,1°C fyrir utan árin 2005 og 2018 þegar hitastigið var rétt undir 7°C. Í Arnarfirði sveiflaðist hitastig sjávar við botn á bilinu 4 til 6,5°C frá árinu 1988 til 2006 en hækkaði stöðugt frá árinu 2002 til 2008 þegar það var komið upp í 7°C. Síðan þá hefur hitastig sjávar við botn lækkað aðeins og sveiflast frá 5 til 7,5°C.



4. mynd. Meðalhiti sjávar við botn að hausti í Arnarfirði (heil lína) og í Ísafjarðardjúpi (brotin lína).
Figure 4. Mean bottom temperature in autumn in Arnarfjörður (solid line) and Ísafjarðardjúpi (broken line).

Vöxtur

Vöxtur rækju var ekki stöðugur þar sem stallar eru í vaxtarkúrfunum (5. mynd) en rækja vex hraðar yfir sumartímam heldur en yfir veturinn. Rækja óx hraðar fram að 2 ára aldri en eftir það hæðði á vextinum. Ekki var mikill munur í meðallengd 0 ára rækju í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi. Hins vegar óx rækja mun hraðar annað sumarið eftir klak (rækja þá 1 – 1,5 árs) í Ísafjarðardjúpi. Eftir það var rækja í Ísafjarðardjúpi ávallt stærri við ákveðinn aldur heldur en í Arnarfirði. Vaxtarstíkar von Bertalanffy líkansins fyrir meðallengdardreifingu í Arnarfirði voru $L_{\infty}=30,8697$, $K=0,1575$ og $t_0=-0,9998$ og í Ísafjarðardjúpi voru þeir $L_{\infty}=26,3815$, $K=0,2991$ og $t_0=-0,4360$.



5. mynd. Meðallengd rækju (mm) eftir aldri og árgöngum í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi. Neðri myndin sýnir meðallengd allra árganga eftir aldri í Arnarfirði (heil lína) og Ísafjarðardjúpi (brotin lína).

Figure 5. Mean length (mm) of shrimp by age and year classes in Arnarfjörður and Ísafjarðardjúp. The lower graph shows the mean length of all year classes by age in Arnarfjörður (solid line) and Ísafjarðardjúp (broken line).

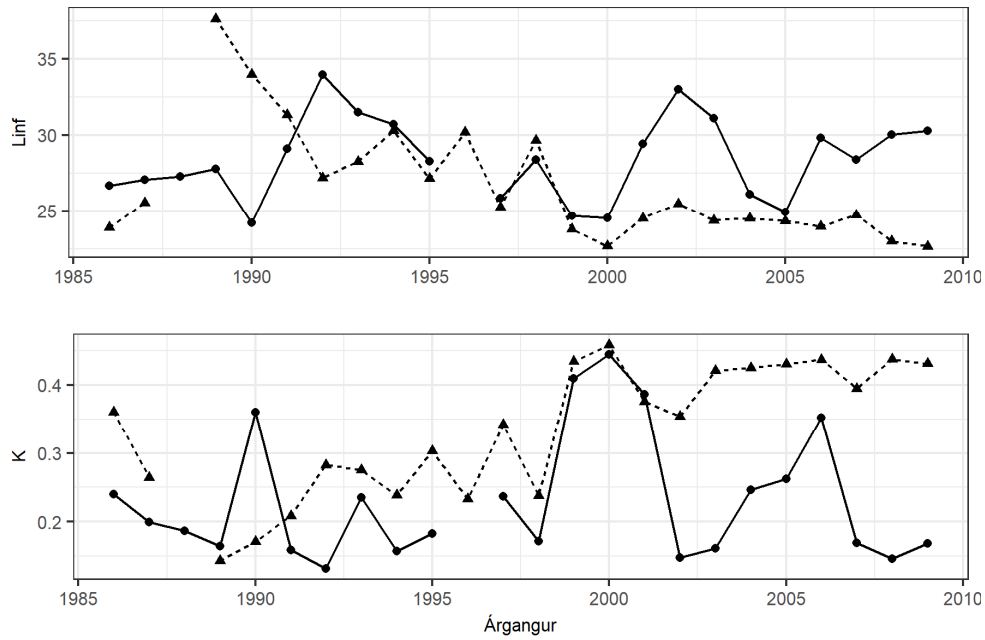
Meðallengd rækju eftir aldri hefur sveiflast í gegnum tíðina (6. mynd). Í Arnarfirði hafa sveiflurnar verið óreglulegar en þó mátti greina að meðallengd 3 ára og eldri var hærri á árunum 1988 – 1990 en flest ár síðan þá. Í Ísafjarðardjúpi hækkaði meðallengd 1 og 2 ára rækju fram til ársins 2005 bæði að hausti og í febrúar, en hefur farið örlítið lækkandi síðan þá. Meðallengd 4 og 5 ára rækju lækkaði einnig töluvert í Ísafjarðardjúpi árin 2012 – 2014 og var þá með lægstu meðallengdum þessara aldursflokka allt frá árinu 1988.



6. mynd. Meðallengd rækju (mm) eftir aldri og árum í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi í febrúar (rautt) og að hausti (blátt).

Figure 6. Mean length (mm) by age and years in Arnarfjörður and Ísafjarðardjúpi in February (red) and in autumn (blue).

Enga sýnilega breytingu var að sjá í hámarksskjalðarlengd (L_{∞}) og vaxtarstíka (K) eftir árgöngum í Arnarfirði þar sem sveiflur í þessum stikum voru óreglulegar (7. mynd). Hins vegar lækkaði hámarksskjalðarlengd í Ísafjarðardjúpi frá 1989 til 2000 árgangsins og hefur hún verið lág en nokkuð stöðug síðan þá. Á móti kom samsvarandi hækkun í vaxtarstíka frá 0,18 til 0,43 hjá þessum sömu árgöngum (7. mynd).

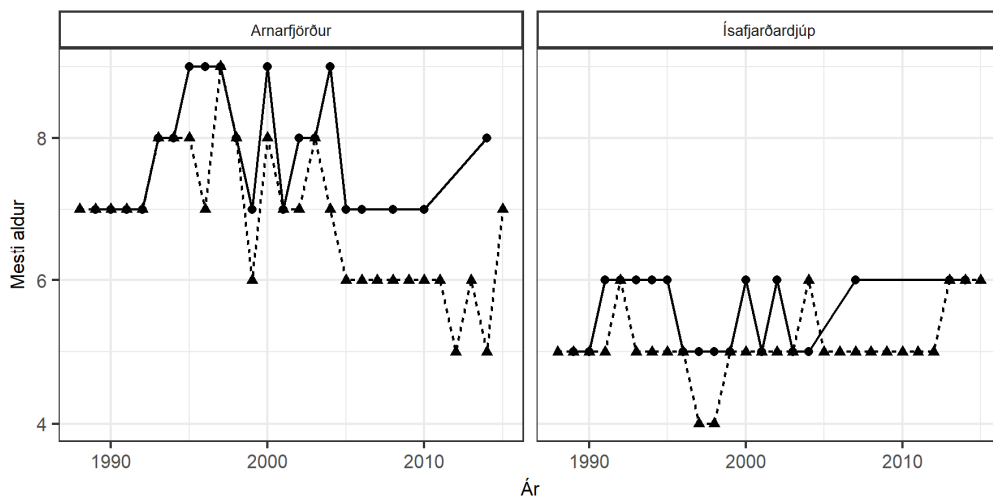


7. mynd. Mesta hugsanlega skjaldar lengd samkvæmt vaxtarferli (L_{∞} eða L_{∞}) og vaxtarstíkar (K) rækju eftir árgöngum í Arnarfirði (heil lína) og Ísafjarðardjúpi (brotalína).

Figure 7. The growth coefficients (L_{∞} and K) of the von Bertalanffy growth curve of shrimp by year-classes in Arnarfjörður (solid line) and Ísafjarðardjúp (broken line).

Mesti aldur

Rækja í Arnarfirði var metin verða eldri en rækja í Ísafjarðardjúpi. Í Ísafjarðardjúpi varð rækja 4 – 6 ára og var það nokkuð stöðugt frá árinu 1988 (8. mynd). Hins vegar þá hefur mesti aldur rækju verið að breytast í Arnarfirði þar sem hann hefur farið lækkandi. Frá 1988 til 2004 urðu rækjurnar mest 7 – 9 ára að hausti en frá 2005 til 2014 urðu þær hins vegar aðeins 5 – 7 ára.

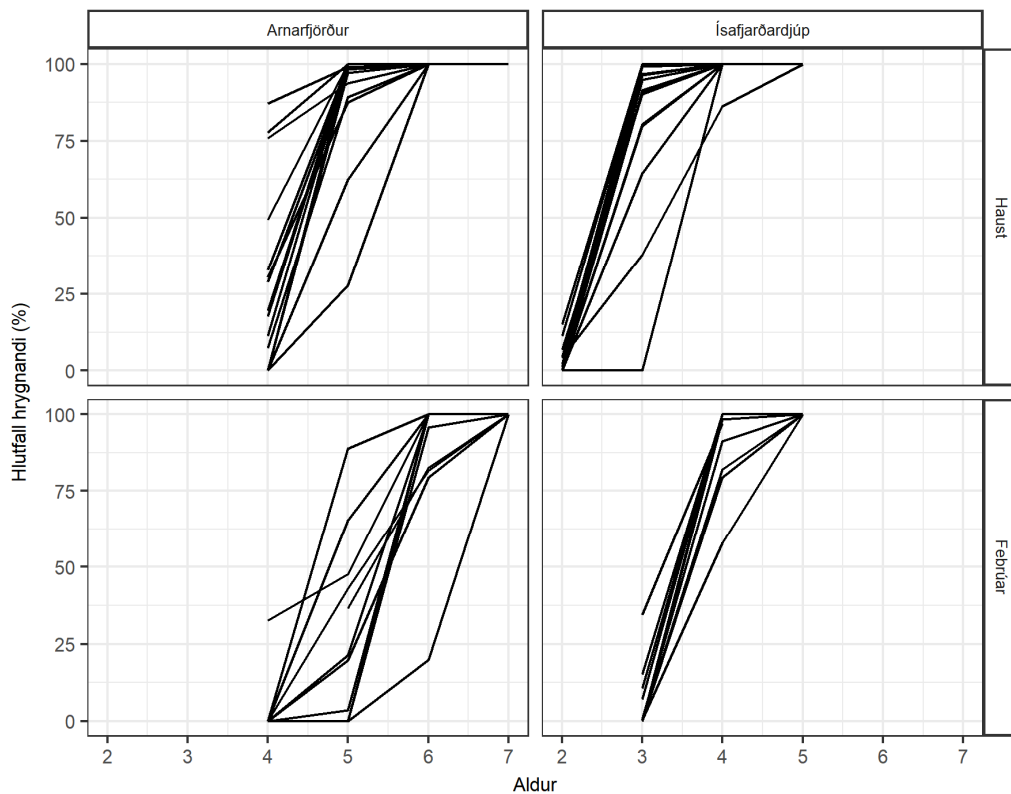


8. mynd. Mesti aldur rækju eftir árum í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi í febrúar (heil lína) og að hausti (brotalína). **Figure 8.** Highest age of shrimp by years in Arnarfjörður and Ísafjarðardjúp in February (solid line) and in autumn (broken line).

Fyrsta hrygning

Rækja hrygnir á hverju hausti í Arnarfirði og í Ísafjarðardjúpi eins og annars staðar á grunnslóð. Eftirtektarvert er að oft hrygnir aðeins hluti árgangs í fyrsta sinn að hausti, en oftasta hrygnir afgangurinn af árganginum ári seinna. Einstaka sinnum tekur það þrjú ár fyrir allar rækjur í árganginum að ná því að skipta um kyn og hrygna (9. mynd).

Í Arnarfirði hrygndi rækja að jafnaði fyrst við 4 ára aldur en flest árin var innan við helmingur 4 ára rækju hrygnandi (9. mynd). Hlutfallið hækkaði hratt og við 5 ára aldur hefur hlutfall hrygnandi rækju oftast verið yfir 85%. Rækja hrygndi fyrr í Ísafjarðardjúpi þar sem allt að 20% var hrygnandi 2 ára og yfir 75% var hrygnandi 3 ára (9. mynd).



9. mynd. Hlutfall hrygnandi rækju eftir aldri og árgöngum í Arnarfirði og Ísafjarðardjúpi að hausti og í febrúar.
Figure 9. Proportion of spawning shrimp by age and year-classes in Arnarfjörður and Ísafjarðardjúp in autumn and February.

Umræður

Rækja í Ísafjarðardjúpi óx hraðar samanborðið við rækju í Arnarfirði. Það var greinanlegt strax um haustið þegar rækja var 1,5 árs. Líklegt er að hitastig skipti hér miklu máli en meðalhitastig sjávar við botn að hausti var að meðaltali 2°C hærra í Ísafjarðardjúpi en í Arnarfirði. Rannsóknir á vexti rækju frá Barentshafi suður að Danmörku bentu til þess að vöxtur sé hraðari eftir því sem sunnar dregur (Bergström, 2000). Einnig hafa rannsóknir sýnt fram á að vöxtur rækju við Ísland hafi verið mishraður eftir svæðum á sjöunda og áttunda áratug síðustu aldar þar sem rækja óx hraðast við Eldey þar sem sjávarhiti var hæstur (Unnur Skúladóttir og Einar Jónsson, 1980).

Hár vaxtarstiki K hefur verið tengdur við lágan kynskiptaaldur og stuttan lífsferil (Jennings o.fl., 2001). Niðurstöður þessarar samantektar eru í takt við þetta þar sem vaxtarstikinn var hærri í Ísafjarðardjúpi en þar hefur rækja bæði lægri kynskiptaaldur og styttri lífsferil miðað við rækju í Arnarfirði þar sem vaxtarstikinn var lægri. Lægri vaxtarstiki í Arnarfirði, þar sem vaxtarkúrfan var fremur flöt, bendir til þess að það taki rækjuna mörg ár að ná mögulegri hámarkslengd. Hækkun vaxtarstikans í tíma í Ísafjarðardjúpi var samfara hækkandi meðallengd 1 árs rækju og þeirri staðreynd að yngri rækja óx hraðar eftir aldamót heldur en fyrir aldamót. Hugsanlega gæti það að einhverju leyti verið tengt hærra hitastigi sjávar í Djúpinu eftir aldamót. Hægari vöxtur eins árs rækju í Arnarfirði samanborið við rækju í Húnaflóa og Öxarfirði hefur áður verið tengdur við lægra hitastigi sjávar í firðinum (Ingibjörg G. Jónsdóttir o.fl., 2018).

Rækja verður eldri í Arnarfirði þar sem algengt var að rækja náði 7 – 9 ára aldri meðan hún varð ekki eldri en 6 ára í Ísafjarðardjúpi. Þegar horft er til stöðugleika stofna þá skiptir máli hve margir árgangar eru í stofninum hverju sinni. Sveiflur í nýliðun sem oft verða vegna breytinga í umhverfinu hafa minni áhrif á stofn með mörgum árgöngum og því líklegt að umhverfisbreytingar hafi minni áhrif á stofninn en ella (Planque o.fl., 2010). Minni sveiflur í stofnvísitölu leiðir af sér að auðveldara er að viðhalda stöðugum veiðum og því hefur verið lagt til að reynt verði að viðhalda mörgum árgöngum í nytjastofnum (Guðrún Marteinsdóttir og Kristján Þórarinsson, 1998). Fækkun árganga í Arnarfirði gerðist á sama tíma og stofnvísitala rækju lækkaði mikið en veiðar voru ekki heimilaðar fiskveiðiárin 2005/2006 og 2006/2007 (Hafrannsóknastofnun, 2017). Veiðar hófust aftur haustið 2008 en aflamark hefur verið lægra og landaður afli að meðaltali 297 tonn á móti 658 tonnum að meðaltali árin 1990 – 2004. Ástæðan fyrir minni sveiflum í stofnvísitölu rækjustofnsins í Arnarfirði gæti hugsanlega verið vegna þess að fleiri árgangar hafa verið í firðinum á sama tíma samanborið við aðra rækjustofna á grunnslóð. Fækkun árganga í Arnarfirði eftir 2004 er áhyggjuefni þar sem hún er líkleg til að valda meiri sveiflum í stofnvísitölu og á sama tíma meiri sveiflum í heildarafla.

Rækja er yngri í Ísafjarðardjúpi en Arnarfirði þegar hún hrygnir fyrst. Einnig hrygnir hún fyrr en áður, en á árunum fyrir 1980 þá hrygndi rækja fyrst við þriggja ára aldur í Ísafjarðardjúpi (Unnur Skúladóttir og Einar Jónsson, 1980) en nú hrygnir hún 2 ára. Hins vegar sáust ekki breytingar í Arnarfirði milli tímabilanna en þar byrjar rækja að hrygna 4 ára, bæði fyrir árið 1980 og einnig frá árinu 1988. Miðað við þetta og mesta aldur rækjunnar má áætla að rækja geti hrygnt 3 – 5 sinnum í Djúpinu en 4 – 6 sinnum í Arnarfirði.

Lífsöguþættir líkt og skoðaðir voru hér skipta miklu máli þegar kemur að því að veita ráðgjöf í viðkomandi tegund. Framleiðslugeta hraðvaxta stofns sem verður kynþroska fyrr er meiri en þess sem vex hægar og verður kynþroska síðar á lífsferlinum. Við hærri framleiðslugetu er líklegt að hann geti staðið undir hærra veiðialagi. Þegar veitt er ráðgjöf í þessum tveim stofnum er það í samræmi við þessar upplýsingar þar sem markgildi á F_{proxy} er 0,346 í Arnarfirði samanborið við 0,5 í Ísafjarðardjúpi, sem þýðir að veiðialagið er hærra í Ísafjarðardjúpi en í Arnarfirði (Hafrannsóknastofnun, 2018a, 2018b). Hafa ber þó í huga að firðirnir eru mismunandi og ýmislegt annað sem hefur áhrif á stærð og veiðipól rækjustofnanna.

Á svæðum þar sem vöxtur er hægur og margir árgangar eru til staðar getur verið mjög erfitt að meta fjölda árganga út frá lengdardreifingunni. Einnig er hætt á að litlir árgangar séu illa sjáanlegir þar sem þeir falla inn í aðra árganga í lengdardreifingunni. Þetta veldur óvissu í mati á meðallengdum eldri aldurshópa en erfitt var að greina suma elstu aldurshópana í Arnarfirði. Eini möguleikinn til að vita aldur með vissu er með lestri áhringja. Hins vegar hefur aldursgreining á krabbadýrum verið talin ómöguleg þar sem þau skipta reglulega um ham og ekki fundust neinir hlutir sem mynduðu áhringi. Á allra síðustu árum hafa verið í gangi rannsóknir á magakvörnum í humrum og kröbbum og augnstilkum í rækju og vísbendingar um að þar gætu verið myndaðir áhringir (Kilada og Driscoll, 2017). Enn hefur þó ekki verið staðfest með fullri vissu að um áhringi sé að ræða og rannsóknir sem hafa sýnt fram á að svo sé í raun ekki (Sheridan o.fl., 2016). Því hefur ekki verið hægt að beita þessari aðferð til að meta aldur krabbadýra. Á meðan ekki er hægt að aldurslesa krabbadýr þá eru lengdardreifingar, með þeim annmörkum sem þær hafa, okkar besta leið til að meta meðallengd mismunandi aldurshópa í stofninum.

Þakkarorð

Við þökkum rannsóknafólki og áhöfnum sem tóku þátt í leiðöngrunum. Einnig þökkum við Jónasi P. Jónassyni fyrir yfirlestur og góðar ábendingar.

Heimildir

- Bergström, B. I. (2000). The biology of *Pandalus*. *Advances in Marine Biology*, 38, 55–245.
- Campana, S. E. og Thorrold, S. R. (2001). Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 30–38.
- Guðrún Marteinsdóttir og Kristján Þórarinnsson. (1998). Improving the stock-recruitment relationship in Icelandic cod (*Gadus morhua*) by including age diversity of spawners. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55, 1372–1377.
- Hafrannsóknastofnun. (2017). *Assessment of northern shrimp in Arnarfjörður*. Hafrannsóknastofnun 15. nóvember 2017.
- Hafrannsóknastofnun. (2018a). *Northern shrimp (Arnarfjörður)*. Ástand nytjastofna sjávar og ráðgjöf 2018.
- Hafrannsóknastofnun. (2018b). *Northern shrimp (Ísafjarðardjúp)*. Ástand nytjastofna sjávar og ráðgjöf 2018.
- Hansen, H. Ø. og Aschan, M. (2000). Growth, size- and age-at-maturity of shrimp, *Pandalus borealis*, at Svalbard related to environmental parameters. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 27, 83–91.
- Hartnoll, R. G. (2001). Growth in Crustacea - Twenty years on. *Hydrobiologia*, 449, 111–122.
- Hreiðar P. Valtýsson og Steingrímur Jónsson. (2018). *Impacts of a changing climate on Icelandic marine stocks. Í Impacts of a changing environment on the dynamics of high-latitude fish and fisheries*. Ritstjórar: F. J. Mueter, M. R. Baker, S. C. Dressel, and A. B. Hollowed. Alaska Sea Grant, University of Alaska Fairbanks.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir og Pampoulie, C. (2008). Relation of growth and condition with the Pan I locus in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) around Iceland. *Marine Biology*, 154, 867–874.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir. (2017). Predation on northern shrimp (*Pandalus borealis*) by three gadoid species. *Marine Biology Research*, 13, 447–455.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Guðmundur S. Bragason, Stefán H. Brynjólfsson, Anika K. Guðlaugsdóttir og Unnur Skúladóttir. (2017). *Yfirlit yfir rækjurannsóknir við Ísland, 1988-2015*. Haf- og vatnarannsóknir, HV2017-007.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Guðrún G. Þórarinsdóttir og Jónas P. Jónasson. (2018). Influence of decreased biomass on the ogive of sex change of northern shrimp (*Pandalus borealis*). *ICES Journal of Marine Science*, 75, 1054–1062.
- Jennings, S., Kaiser, M. J. og Reynolds, J. D. (2001). *Marine fisheries ecology*. Malden, USA: Blackwell Science Ltd.
- Kilada, R. og Driscoll, J. G. (2017). Age determination in crustaceans: a review. *Hydrobiologia*, 799, 21–36.
- Macdonald, P. D. M. og Pitcher, T. J. (1979). Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 36, 987–1001.
- Macdonald, P. D. M. og Green, P. E. J. (1988). *User's guide to program MIX: an interactive program for fitting mixtures of distributions*. Release 2.3, January 1988. Ichthus Data Systems, Hamilton, Ontario.
- McCrary, J. (1971). Sternal spines as a characteristic for differentiating between females of some Pandalidae. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 28, 98–100.
- Planque, B., Fromentin, J. M., Cury, P., Drinkwater, K. F., Jennings, S., Perry, R. I. og Kifani, S. (2010). How does fishing alter marine populations and ecosystems sensitivity to climate? *Journal of Marine Systems*, 79, 403–417.
- Rasmussen, B. (1953). On the geographical variation in growth and sexual development of the deep sea prawn (*Pandalus borealis*). *Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations*, 10, 1–160.
- Sheridan, M., Connor, I. O. og Henderson, A. C. (2016). Investigating the effect of molting on gastric mill structure in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) and its potential as a direct ageing tool. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 484, 16–22.
- Shumway, S. E., Perkins, H. C., Schick, D. F. og Stickney, A. P. (1985). *Synopsis of biological data on the pink shrimp, Pandalus borealis* (Krøyer, 1838). NOAA Technical Report NMFS 30, 1–92.
- Sólveig R. Ólafsdóttir, Héðinn Valdimarsson, Perez-Hernandez, M. D., Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason o.fl. (2018). *Ástand sjávar 2016*. Haf- og vatnarannsóknir, HV2018-29.
- Sund, O. (1930). The renewal of 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.
- Unnur Skúladóttir og Einar Jónsson. (1980). *Rækjan við Ísland*. Ægir, 73, 86–95.
- Unnur Skúladóttir. (1981). *The deviation method. A simple method for detecting year-classes of a population of*

Pandalus borealis from length distributions. Í Proceedings of the international pandalid shrimp symposium. Ritstjóri: T. Frady. U.S. Sea Grant Rep, Kodiak 1979.

Unnur Skúladóttir og Gunnar Pétursson. (1999). *Defining populations of northern shrimp, Pandalus borealis (Krøyer 1838), in Icelandic waters using the maximum length and maturity ogive of females.* Rit Fiskideildar, 16, 247–262.

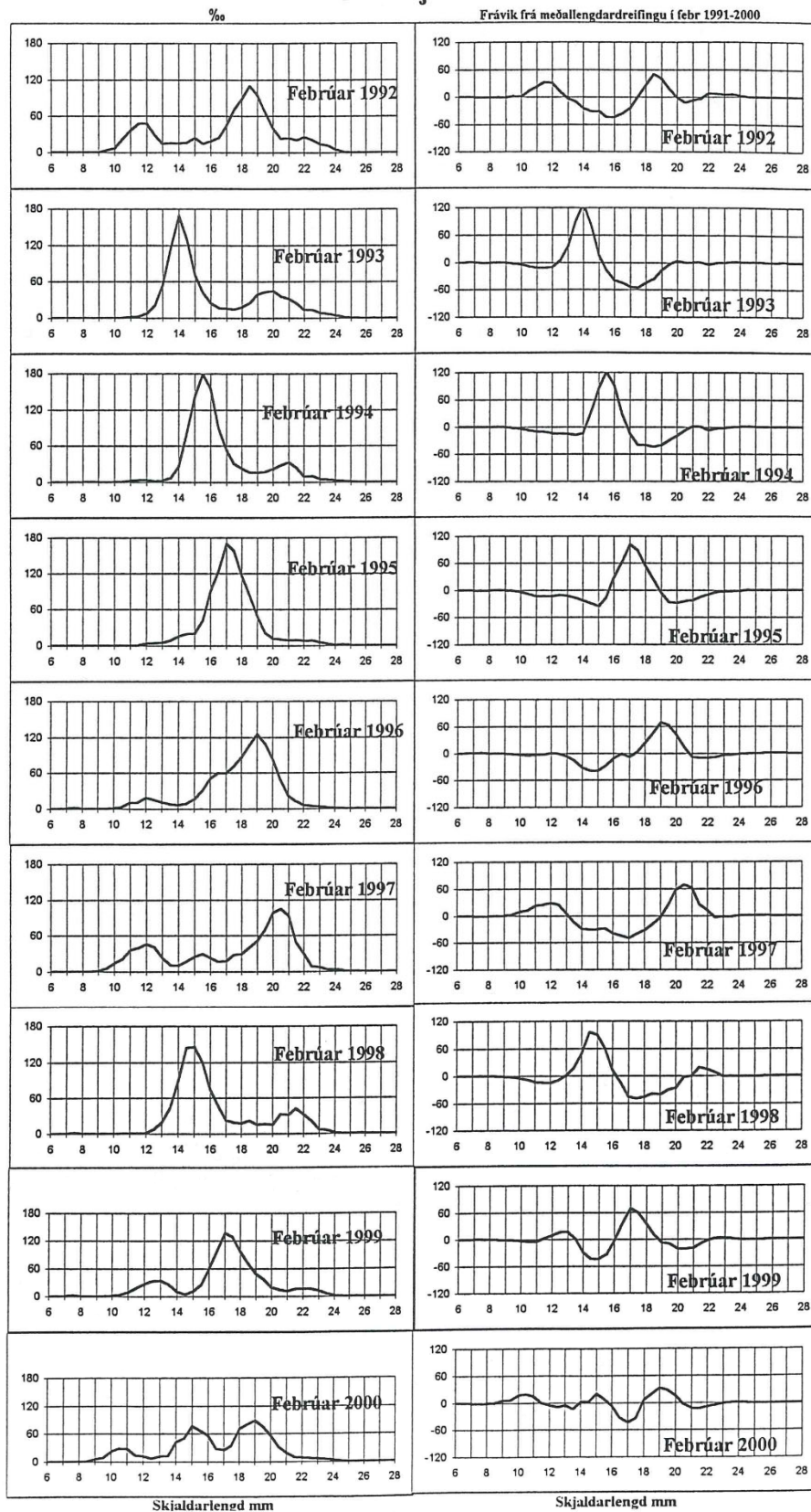
Wootton, R. J. (1998). *Ecology of teleost fishes.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Viðauki

Viðauki 1. Dæmi um frávik frá meðal lengdardreifingu.

Appendix 1. An example of deviation from the mean length distribution.

Arnarfjörður





HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna