

FJÖLSTOFNARANNSÓKNIR

1992 - 1995

Júlí 1997

Efnisyfirlit

Formáli.....	V
Dýrasvif og uppsjávarfiskar	
Útbreiðsla og tegundasamsetning dýrasvifs við Ísland í tengslum við sjógerðir Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson.....	1
Árstíðabreytingar dýrasvifs fyrir norðan Ísland Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson.....	11
Fæða loðnu í hafinu fyrir norðan Ísland Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason.....	25
Fæða litla karfa (<i>Sebastes vivipares</i> , Kröyer, 1845) í sjónum umhverfis Ísland Klara B. Jakobsdóttir.....	35
Fæða ufsa við Ísland Sigurður Þ. Jónsson.....	45
Fæða laxa í hrygningargöngu um strandsævi Jóhannes Sturlaugsson, Konráð Þórisson, Hjalti Karlsson.....	57
Botndýr og botnfiskar	
Fæða ýsu (<i>Melanogrammus aeglefinus</i>) við Ísland Haraldur A. Einarsson.....	69
Fæða steinbíts (<i>Anarhichas lupus</i>) og hlýra (<i>A. minor</i>) við Ísland Kristján Kristinsson.....	79
Fæðuhættir og útbreiðsla mjóra (<i>Lycodes</i> spp.(Reinhardt)) (Pisces: Zoarcidae) á íslenskum hafsvæðum Hreiðar Þór Valtýsson.....	89
Fæða grálúðu (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>) á íslenskum hafsvæðum Jón Sólmundsson.....	101
Fæða og fæðuhættir sandkola (<i>Limanda limanda</i> , Linnaeus, 1758) við strendur Íslands Guðmundur Jóhann Óskarsson.....	111
Fæða skrápflúru (<i>Hippoglossoides platessoides</i>) á Íslandsmiðum Jónbjörn Pálsson.....	121
Fæða tindaskötu (<i>Raja radiata</i> , Donovan, 1808) á Íslandsmiðum Anton Galan.....	139
Fæða hrognkelsaseiða (<i>Cyclopterus lumpus</i> , L.) í fljótandi þangi og fjöru Bjarni Kr. Kristjánsson.....	149
Fæðuval og fæðunám skollakopps (<i>Strongylocentrotus drooenachiensis</i> (Müller)) Karl Gunnarsson, Sophie Hall-Aspland, Öivind Kaasa.....	157
Dægurbreytingar í fæðuháttum ýsu (<i>Melanogrammus aeglefinus</i> (L.)) í Melakrika, Faxaflóa Sigmar Arnar Steingrímsson.....	165
Fæðuhættir og atferli þorsks	
Fæðunám þorsks Ólafur Karvel Pálsson.....	177

Fæðutengsl þorsks og loðnu með hliðsjón af útbreiðslu og magni ránfisks og bráðar Ólafur Karvel Pálsson, Höskuldur Björnsson, Hjálmar Vilhjálmsson.....	193
Slembilíkan af fæðunámi þorsks - mat á tíðni og stærð máltíða Kjartan G. Magnússon, Thor Aspelund	203
Vöxtur og fóðurnýting þorsks í eldistilraunum ásamt mati á heildaráti íslenska þorskstofnsins Björn Björnsson	217
Tilraunafóðrun á þorski í Stöðvarfirði Björn Björnsson	227
Vistfræði sjófugla	
Dreifing sjófugla vestan Íslands Arnþór Garðarsson	241
Sumarfæða sex sjófuglategunda við Ísland Kristján Lilliendahl, Jón Sólmundsson.....	249
Mælingar á orkuneyslu stuttnefju (<i>Uria lomvia</i>) og langvíu (<i>U. aalge</i>) í Látrabjargi með tvímerktu vatni Erpur Snær Hansen, Broddi Reyr Hansen.....	261
Þráðormar í meltingarvegi íslenskra sjófugla Droplaug Ólafsdóttir, Kristján Lilliendahl, Jón Sólmundsson.....	273
Kvikasilfur í fjöðrum sjófugla úr Látrabjargi Kristján Lilliendahl, Jón Sólmundsson, Ólafur K. Pálsson, Þuríður Ragnarsdóttir, Guðjón Atli Auðunsson.....	283
Lífshættir og fæðunám sjávarspendýra	
Stofnhættir landsels og útsels Erlingur Hauksson, Valur Bogason	297
Fæða landsels Valur Bogason	319
Fæða útsels Erlingur Hauksson	331
Fæðunám hnísu (<i>Phocoena phocoena</i>) við strendur Íslands Gísli A. Víkingsson, Jóhann Sigurjónsson.....	343
Orkubúskapur og fæðunám langreyðar við Ísland Gísli A. Víkingsson.....	353
Fjölstofna líkön	
Um samspil þorsks, loðnu, rækju og skíðishvala Gunnar Stefánsson, Jóhann Sigurjónsson	367
Bormicon Líkan til könnunar á samspili fiskstofna í norðurhöfum Höskuldur Björnsson, Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Gunnar Stefánsson	379

Formáli

Vorið 1991 kynnti Hafrannsóknastofnunin umfangsmikla áætlun um svokallaðar fjölstofnarannsóknir, fyrir sjávarútvegsráðherra, Þorsteini Pálssyni. Meginmarkmið þessarar áætlunar var “að auka þekkingu og skilning á lífríki hafsins og stuðla þannig að skynsamlegri nýtingu auðlinda þess í vistfræðilegu tilliti”. Fyrir tilstilli ráðherra og Alþingis runnu sérstakar fjárveitingar til þessara rannsókna næstu árin, en upphafleg áætlun náði til tímabilsins 1992-95. Auk þess var sérstök fjárveiting fyrir árið 1996 til úrvinnslu gagna. Forstjóri Hafrannsóknastofnunarinnar skipaði nefnd sex sérfræðinga til að fara með heildarstjórn þessa verksefnis. Í þeirri nefnd, sem gekk undir heitinu “fjölstofnaráð”, sátu Gunnar Stefánsson, Hjálmar Vilhjálmsson, Jóhann Sigurjónsson, Kjartan G. Magnússon, Ólafur S. Ástþórsson og Ólafur K. Pálsson (formaður). Heildarfjárveitingar til fjölstofnarannsókna tímabilið 1992-96 nemur um kr. 300 milljónum.

Á þessu tímabili hefur mikið starf verið innt af hendi af fjölmörgum starfsmönnum Hafrannsóknastofnunarinnar, en auk þess hafa vísindamenn við Háskóla Íslands og Veiðimálastofnun tekið virkan þátt í þessu verkefni. Haustið 1996 var haldin tveggja daga ráðstefna í Reykjavík um fyrstu niðurstöður þessara rannsókna. Það rit sem hér liggur fyrir inniheldur efni þeirrar ráðstefnu eða 33 vísindaritgerðir.

Margir hafa lagst á árar til að koma þessu riti í þann búning sem það birtist hér í. Fyrst og fremst ber að geta fjölmarga höfunda sem nafngreindir eru í ritinu. Hópur manna hefur brotið til mergjar efni og innihald ritgerðanna og fært margt til betri vegar, en þann hóp skipa Gunnar Stefánsson, Hjálmar Vilhjálmsson, Jón Ólafsson, Jónbjörn Pálsson, Karl Gunnarsson, Kjartan G. Magnússon, Konráð Þórisson, Kristján Lillindahl, Ólafur S. Ástþórsson og Ólafur K. Pálsson. Umfangsmikil tölvuvinnsla á texta, töflum og myndum hefur verið kunnáttusamlega leyst af Jóhönnu Erlingsdóttur, Þorbjörgu S. Gestsdóttur og Haraldi A. Einarssyni.

Með þessu riti lýkur umboði og starfi fyrrnefnds fjölstofnaráðs. Þær ritgerðir sem hér birtast eru fyrstu ritræn merki þess árangurs sem fjölstofnarannsóknirnar hafa skilað, enda þótt ýmsar niðurstöður hafi þegar nýst við ráðgjöf og í öðru vísindastarfi Hafrannsóknastofnunarinnar. Á næstu mánuðum og misserum verður þessu efni gerð frekari skil í vísindaritum á erlendum og innlendum vettvangi. Ýmsum þeim rannsóknaverkefnum sem unnið hefur verið að sem sérverkefnum innan vébanda fjölstofnarannsókna mun verða sinnt í almennu rannsóknastarfi Hafrannsóknastofnunarinnar á næstu árum. Loks munu fyrirbyggjandi niðurstöður væntanlega leiða til nýrra verkefna á sviði fjölstofnarannsókna. Í fyllingu tímans - á nýrri öld - er ekki ólíklegt að þörf fyrir endurnýjað átak á sviði fjölstofnarannsókna, sem allt eins má flokka sem sjávarvistfræðirannsóknir, muni leiða til nýrrar “fjölstofnaáætlunar”.

Reykjavík 21. júlí 1997

Jakob Jakobsson

Ólafur Karvel Pálsson

Dýrasvif og uppsjávarfiskar

Útbreiðsla og tegundasamsetning dýrasvífs við Ísland í tengslum við sjógerðir

Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Dýrasvífssýni, sem safnað var á 61 stöð allt í kringum Ísland í vorleiðangri 1992, voru greind til tegunda eða tegundahópa með ítarlegri hætti en áður eru dæmi um. Niðurstöður voru síðan nýttar til þess að framkvæma svokallaða klasagreiningu með það að markmiði að meta hvaða stöðvar væru með líka tegundasamsetningu. Í ljós komu fjögur meginsvæði hvert með sína sérstöku samfélagsgerð, sem að nokkru má tengja ólíkum sjógerðum við landið. Svæðin voru þessi: A. Landgrunnssvæðin suður og vestur af landinu þar sem sjórinn er blanda af strandsjó og Atlantssjó. Smákrabbaflærnar þorndís (*Acartia longiremis*), *A. clausi*, klaufhali (*Temora longicornis*) og skakkhyrna (*Centropages hamatus*), sjávarflærnar rekkhyrna (*Evadne nordmanni*) og rekkringla (*Podon leuckarti*), og lirfur ýmissa botnlægra krabbadýra einkenndu þessi svæði. B. Landgrunnssvæðin norður og austur af landinu, en þar gæti minnkandi áhrifa strandsjár og Atlantssjár vegna blöndunar við kaldari sjó að norðan. Náplíur og yngstu kópepódítastig rauðátu, smákrabbaflóin *Oncaea borealis*, egg og lirfustig ljósátu, og seildýr af flokknum Larvacea einkenndu einkum þessi svæði. C. Úthafssvæðin suður og vestur af landinu þar sem er að finna hreinan Atlantssjó. Þar var rauðáta ríkjandi tegund. D. Úthafssvæðin djúpt norður og norðaustur af landinu þar sem áhrif pólsjár eru mest við landið. Einkennistegundir þessa svæðis voru póláta (*C. hyperboreus*) og marflær (*Themsito* spp.).

Inngangur

Eitt af meginviðfangsefnum fjölstofnarannsóknar Hafrannsóknastofnunarinnar eru athuganir á fæðutengslum dýrastofna á Íslandsmiðum. Í því sambandi gegnir dýrasvífið lykilhlutverki sem tengiliður á milli frumframleiðenda og annarra lífvera sjávarins. Til að skilja hin flóknu tengsl á milli dýrasvífsins og annarra lífvera í vistkerfinu er m.a. nauðsynlegt að þekkja útbreiðslu mismunandi dýrasvífstegunda og hvernig hún ræðst af ólífrænum og lífrænum þáttum.

Ísland liggur á mótum hlýrra og kaldra strauma og vitað er að útbreiðsla ýmissa átutegunda ræðst að verulegu leyti af hinum ólíku sjógerðum við landið (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1983, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1995). Skýrust eru skilin á milli norrænna tegunda, sem halda sig aðallega í kalda sjónum fyrir norðan land, og suðrænna tegunda, sem eru algengastar í hlýja sjónum við suðurströndina. En samfélög dýrasvífs taka einnig miklum breytingum eftir því sem fjær dregur landi. Þannig er tegundasamsetning dýrasvífs yfir landgrunninu að mörgu leyti ólík því sem gerist í úthafinu (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1983). Í mörgum erlendum rannsóknum hefur einnig verið sýnt fram á að ástand sjávar og útbreiðsla mismunandi sjógerða hefur margvísleg áhrif á vöxt og viðgang dýrasvífsins (Denman og Powell 1984).

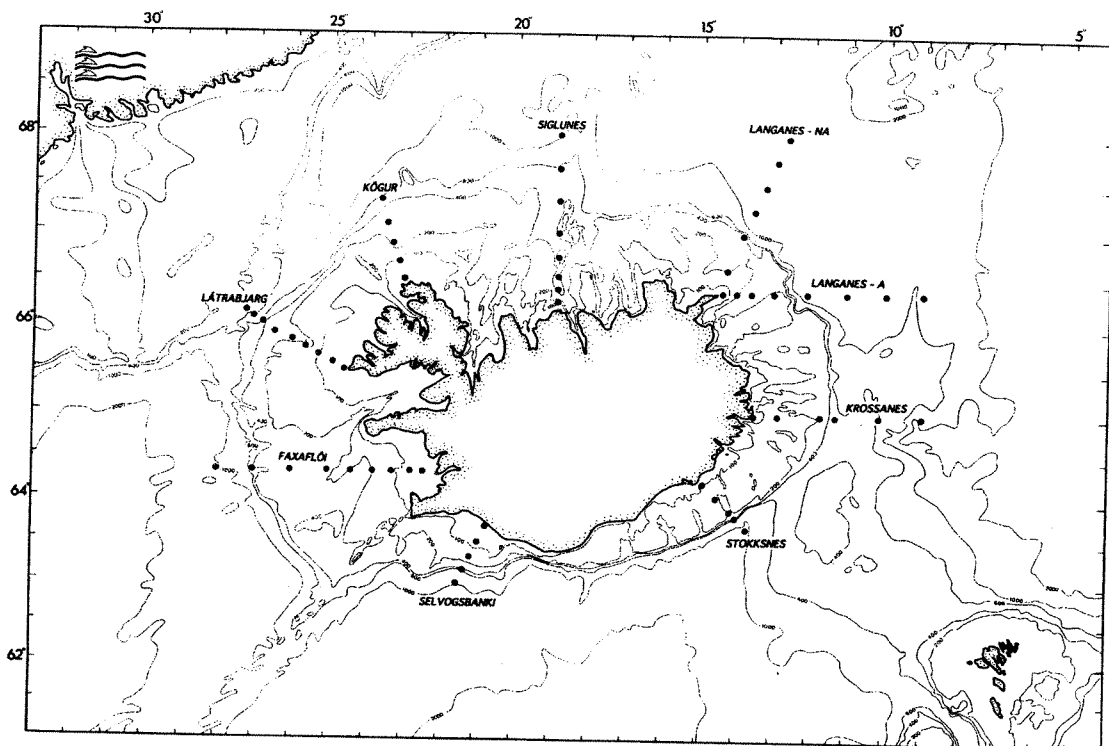
Hér verður lýst útbreiðslu og megin-samfélögum dýrasvífs umhverfis Ísland og reynt að ákvarða hvaða þættir í umhverfinu ráða útbreiðslu og gerð mismunandi samfélaga. Í þessu skyni verður beitt svokallaðri klasagreiningu, en með henni má meta hvaða svæði við landið hafa líka tegundasamsetningu. Gögnunum sem lögð voru til grundvallar var safnað í vorleiðangri 1992. Til að meta áhrif ólíkra sjógerða á útbreiðslu átunnar verða niðurstöður klasagreiningarinnar bornar saman við gögn um hita og seltu sem safnað var í sama leiðangri.

Efniviður og aðferðir

Á öllum stöðvum var sjávarhiti og selta mæld með síritandi „sondu“ frá yfirborði til botns. Hér verður hins vegar einungis sýnd dreifing hitastigs og seltu á 50 m dýpi.

Dýrasvifssýnum var safnað á 61 stöð á níu sniðum umhverfis landið á tímabilinu 14. maí til 27. maí 1992 (1. mynd). Söfnunin fór fram með svonefndum WP-2 háfi sem dreginn var frá 50 m dýpi og upp að yfirborði. Á þremur stöðvum (Selvogsbanki 1, Látrabjarg 1 og Kögur 1) er dýpi innan við 50 m, og þar hófst hífing fimm metra frá botni. Þvermál WP-2 háfsins var 57 cm og möskvastærðin 200 μm . Til að mæla rúmmál sjávarins sem fór í gegnum háfinn var komið fyrir flæðismæli í miðju hans.

Um borð í rannsóknaskipi voru dýrasvifssýnin rúmmálmæld („displacement volume“) og síðan varðveitt í 4% formalínlausn. Þegar komið var í land voru sýnin greind til tegunda eða tegundahópa og talin. Flestar tegundir voru taldar úr hlutsýnum - yfirleitt voru þá talin og tegundagreind u.þ.b. 500 dýr - en fáein sýni voru það lítil að unnt var að telja þau að fullu. Við skiptingu sýna var notaður svokallaður Motoda skiptari (Motoda 1959). Rúmmálmælingunum var umbreytt í þurrvigir með því að nota stuðla frá Matthews og Heimdal (1980). Allar fjölda- og lífmassatölur voru staðlaðar þannig að þær sýna gildi undir 1 m^2 í efstu 50 m sjávar.



1. mynd. Kort sem sýnir athugunarstöðvarnar á staðalsniðum umhverfis Ísland.

Skyldleiki milli stöðva var kannaður með klasagreiningu. Sjaldgæfustu tegundirnar - þær sem fundust á innan við 10% stöðvanna - voru þó ekki teknar með í greininguna. Öllum fjöldatölum var umbreytt miðað við $\ln(x+1)$ áður en greiningin var gerð. Í klasagreiningunni var reiknuð út svonefnd „evklíðsk“ fjarlægð á milli stöðva og aðferð Wards notuð til að flokka stöðvarnar í hópa (Ónefndur 1994).

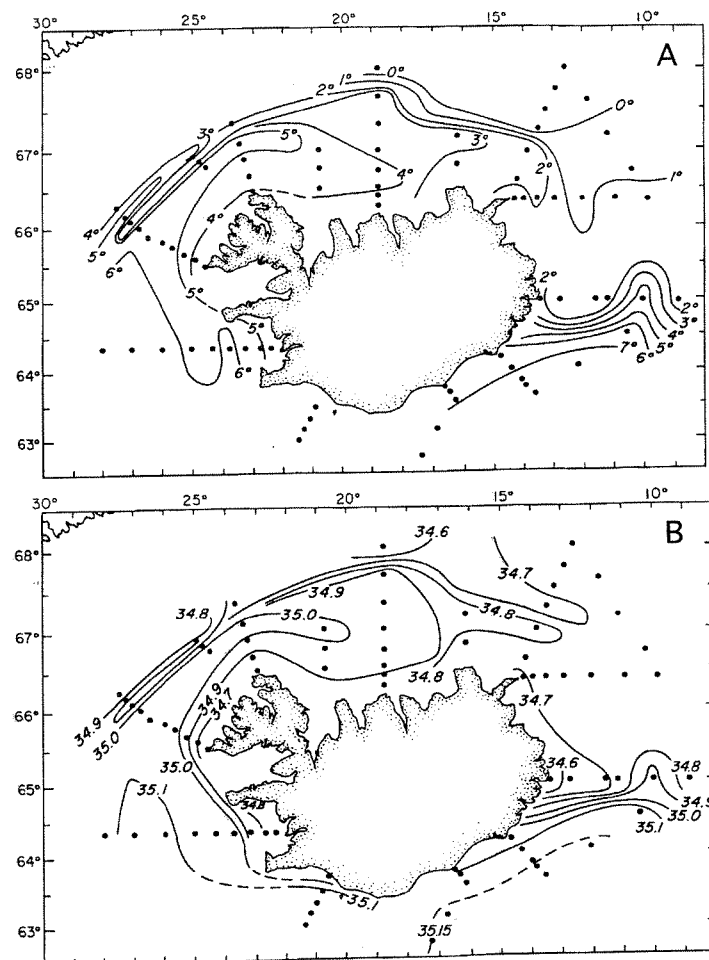
Til að kanna hvort meðalfjöldi einstakra tegunda væri mismunandi eftir svæðum var gerð einföld fervikagreining á $\ln(x+1)$ umbreyttum fjöldatölum. Svokallað LSD-próf („Least

Significant Difference“) var notað til að finna einkennistegundir hvers svæðis, þ.e. þær tegundir sem voru marktækt algengari á tilteknu svæði en öðrum.

Niðurstöður

Sjávarhiti og selta

Á 2. mynd er sýnd lárétt dreifing hitastigs og seltu umhverfis landið vorið 1992. Á svæðunum sunnan lands og vestan ríkti víðast hlýr ($5-7^{\circ}\text{C}$) og selturíkur ($>35,0\text{‰}$) Atlantssjó, en næst landi, einkum vestanlands, gætti seltulægri strandsjávar ($<34,9\text{‰}$). Hiti og selta fóru lækkandi austur með Norðurlandi en innstreymi hlýsjávar inn á Norðurmið var greinilegt sem tunga af tiltölulega heitum ($3-5^{\circ}\text{C}$) og selturíkum ($34,9-35,0\text{‰}$) sjó allt austur fyrir Siglunes. Þar fyrir austan gætti áhrifa pólsjávar í vaxandi mæli; á landgrunninu næst landi var hiti $2-3^{\circ}\text{C}$ en í hinum kalda Austur-Íslandsstraumi djúpt norðaustur af landinu var hiti undir 1°C .

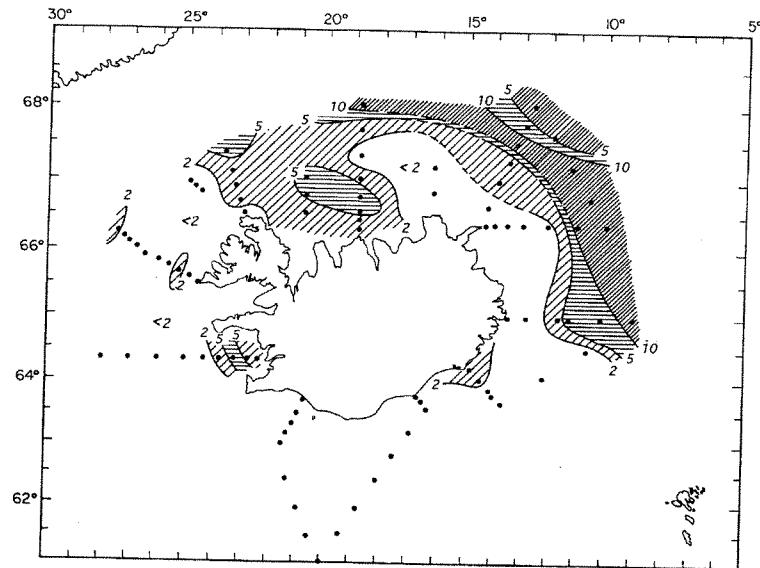


2. mynd. Hitastig (A) og selta (B) á 50 m dýpi í sjónum við Ísland 14.-27. maí 1992.

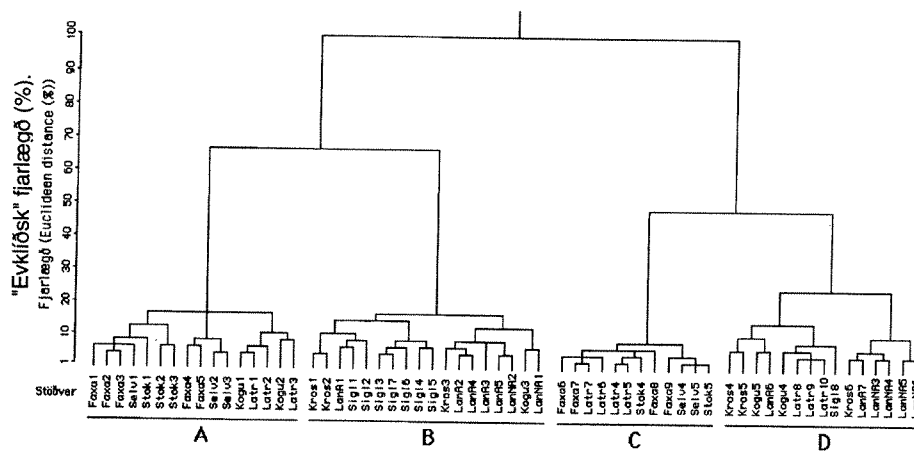
Útbreiðsla dýrasvifs

Fyrir Vesturlandi var víðast lítið af átu, nema í Faxaflóa (3. mynd). Þá fannst nokkuð af átu í Grænlandssundi. Á norðurmiðum var mikið átumagn og djúpt norðaustur og austur af landinu var einnig mikið af átu. Yfir landgrunninu norðaustan- og austanlands mældist hins vegar lítið af átu. Nokkuð af átu fannst grunnt undan Stokksnesi, en annars staðar meðfram suðurströndinni fannst lítið.

Þessum niðurstöðum um útbreiðslu átu við landið ber í sumum atriðum vel saman við niðurstöður fyrri vorleiðangra. Þannig er dæmigert að átumagnið er mest í kalda sjónum djúpt norðaustur og austur af landinu, en þar eru norrænar tegundir, t.d. póláta, áberandi þáttur í svifinu. Þá er það einnig einkennandi fyrir landgrunnsvæðin austanlands, að þar mælist oft lítið af átu.



3. mynd. Útbreiðsla dýrasvifs í efstu 50 m sjávar 14.-27. maí 1992, (g þurrvigt m⁻²).

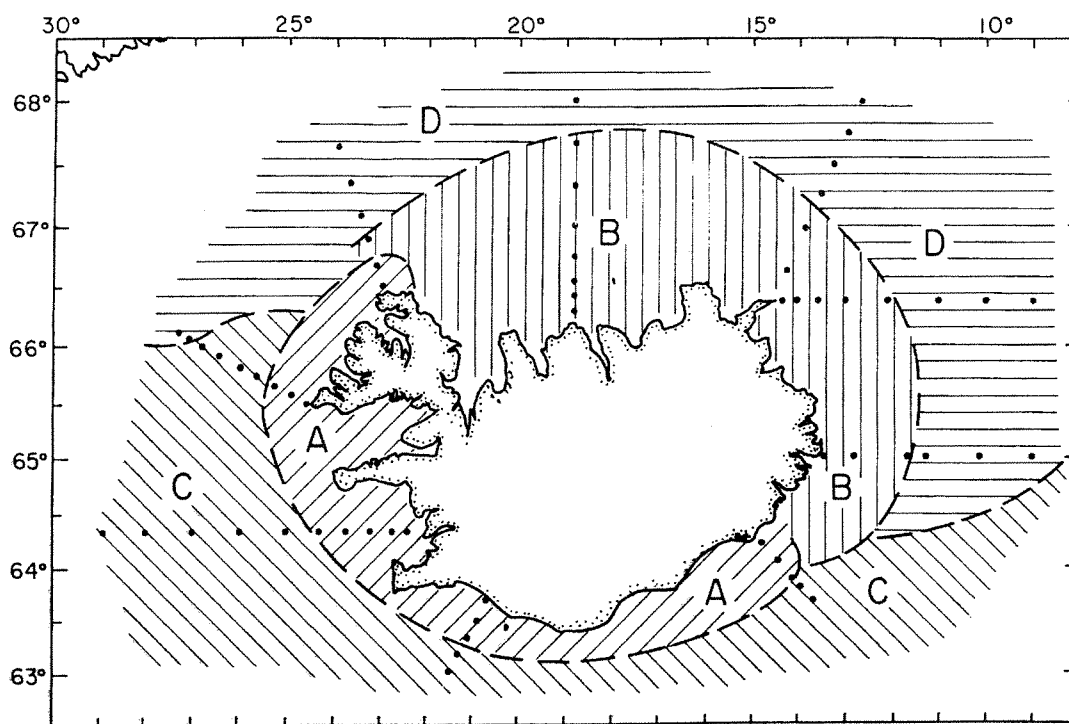


4. mynd. Skyldleikatré (dendrogram) fyrir átusýni sem safnað var í vorleiðangri 14.-27. maí 1992.

Helstu samfélög dýrasvifs

Alls fundust 93 tegundir og tegundahópar í sýnunum, en í klasagreiningunni voru aðeins notaðir 52 þeir algengustu. Greiningin skipti hafsvæðinu umhverfis Ísland í fjögur svæði (4. og 5. mynd), sem hvert virðist hafa sína sérstöku samfélagsgerð (tafla 1), og má að nokkru tengja þær ólíkum sjógerðum við landið (sbr. 2. og 5. mynd). Marktækur munur var á fjölda margra tegunda eftir svæðum (1. tafla) og má því líta á þessar tegundir sem eins konar einkennistegundir viðkomandi svæða. Svæðin eru þessi:

A. Landgrunnssvæðin suður og vestur af landinu þar sem sjórinn er blanda af strandsjó og Atlantssjó. Á þessum svæðum voru ýmsar smákrabbaflær sérlega áberandi þáttur í svifinu. Má þar nefna tegundir eins og þorndís (*Acartia longiremis*), *A. clausi*, klaufhala (*Temora longicornis*) og skakkhyrnu (*Centropages hamatus*), sem allar finnast einkum á strandsvæðum (Jespersen 1940, Wiborg 1955, Erikson 1973). Þá voru lirlfur ýmissa botnlægra krabbadýra (hrúðurkarlar (*Cirripedia*), rækjur (*Natantia*) og krabbar (*Brachyura* og *Anomura*) mjög algengar á þessu svæði. Loks voru sjávarflærnar rekhyrna (*Evadne nordmanni*) og rekkringla (*Podon leuckarti*) mjög áberandi þáttur í dýrasvifinu við suður- og vesturströndina, en þær eru báðar algengastar á grunnsvævi (Raymont 1983).



5. mynd. Útbreiðsla fjögurra meginfélaga dýrasvifs í hafinu við Ísland 14.-27. maí 1992. Stöðvarnar þar sem dýrasvifi var safnað eru merktar inn á myndina.

B. Landgrunnssvæðin við landið norðan- og austanvert, en þar gætti minnkandi áhrifa strandsjávar og Atlantssjávar vegna blöndunar við kaldari sjó að norðan. Á þessu svæði voru náplúr og yngstu kópepódítastig rauðátu ásamt smákrabbaflónni *Oncaea borealis*, sem er kaldsjávartegund (Jespersen 1939), mjög algeng. Þá fannst meira af eggjum og lirlustigum ljósátu á þessu svæði en nokkru hinna. Ljósátulirlurnar voru ekki tegundagreindar, en samkvæmt fyrri athugunum á ljósátu fyrir norðan land (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997) hafa

flestar tilheyrta augnsli (*Thysanoessa inermis*). Loks voru seildýr af flokknum Larvacea algeng í svifinu á þessu svæði.

C. Úthafssvæðin suður og vestur af landinu, þar sem er að finna hreinan Atlantssjó. Þótt enginn greiningahópanna 52 hafi reynst marktækt algengari þar en á hinum svæðunum, má þó segja að rauðáta hafi öðrum tegundum fremur einkennt þetta svæði (1. tafla). Einkum voru kynþroska kvendýr áberandi.

D. Úthafssvæðin djúpt norður og norðaustur af landinu þar sem áhrif pólsjár eru mest við landið. Einkennistegundir þessa svæðis voru póláta (*C. hyperboreus*) og marflær (*Themsito* spp.). Póláta er kaldsjávartegund (Conover 1988) sem Austur- Íslandsstraumurinn ber með sér frá Íshafinu. Marflærnar (sennilega aðallega *T. abyssorum*) eru einnig algengastar í köldum sjó (Wiborg 1955, Dalpadado o.fl. 1994).

Umræða

Þegar niðurstöður þessarar athugunar eru skoðaðar verður að hafa í huga að gögnunum sem lögð eru til grundvallar var safnað í aðeins einum tiltölulega stuttum leiðangri í maí, þegar átan er í örum vexti og miklar breytingar verða á skömmum tíma á plöntusvifi og ýmsum umhverfisþáttum sem eru mikilvægir fyrir vöxt og viðgang hennar (Þórunn Þórðardóttir 1995, Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1995, 1997). Einnig er vitað að einmitt á þessum árstíma getur verið mikill breytileiki frá ári til árs á ástandi sjávar, framleiðni plöntusvifs og magni dýrasvifs við landið (Þórunn Þórðardóttir 1977, 1984; Svend-Aage Malmberg 1980; Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1983; Unnsteinn Stefánsson og Jakob Jakobsson 1989; Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson 1991; Svend-Aage Malmberg og Stefán Kristmannsson 1992; Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1995). Því gefur þessi athugun aðeins augnablikmynd af samfélögum dýrasvifs á þeim árstíma sem framvinda þeirra er hvað hröðust og breytilegust. Þrátt fyrir þetta virðist niðurstöðunum um útbreiðslu svifdýra við landið (3. mynd) í aðalatriðum bera saman við niðurstöður fyrri vorleiðangra og má því telja líklegt að þær séu nokkuð dæmigerðar fyrir ástandið á vorin.

Sé vikið að þroska rauðátu umhverfis landið þá bendir hin mikla mergð náplúslirfa og ungra kópepódítstiga á öllum svæðum (1. tafla) til þess að hrygning rauðátu hafi verið hafin alls staðar við landið þegar athuganirnar voru gerðar. Langminnst fannst þó af yngstu þroskastigunum á úthafssvæðunum fyrir sunnan og vestan Ísland (svæði C), en þar var hins vegar hlutfall kynþroska kvendýra tiltölulega hátt. Þetta gæti bent til þess að rauðátuhrygningin væri seinna á ferðinni þar.

Niðurstöður klasagreiningarinnar benda til að um sé að ræða fjórar meginsamfélagsgerðir dýrasvifs við landið (5. mynd), og virðist skiptingin ráðast bæði af landfræðilegum þáttum (dýpi) og sjógerðum. Þannig eru svæði A og B bæði að mestu yfir landgrunninu, það fyrnefnda í blöndu af strandsjó og Atlantssjó, en hið síðarnefnda á hafsvæði þar sem gætir minnkandi áhrifa þessara sjógerða vegna íblöndunar kaldari sjávar að norðan. Hins vegar eru svæði C og D bæði úthafssvæði, svæði C í hreinum Atlantssjó, en svæði D þar sem áhrif pólsjár eru mest við landið.

Þær niðurstöður sem hér hefur verið greint frá benda til þess að í vorleiðangri 1992 hafi yfirleitt verið gott samræmi á milli útbreiðslu sjógerða við landið og þeirra dýrasvifstegunda sem í þeim finnast. Til dæmis endurspeglast skil hlýrra og kaldra strauma fyrir suðaustan landið greinilega í ólíkri tegundasamsetningu dýrasvifsins sitt hvoru megin við skilin (sbr. 2. og 5. mynd). Einnig ráðast skil úthafssamfélaganna sunnan (svæði C) og norðan (svæði D) við landið greinilega af ólíkum sjógerðum á þessum svæðum. Þá sýna niðurstöðurnar glöggt að dýpið hefur umtalsverð áhrif á tegundasamsetninguna (sbr. 1. og 5. mynd). Þannig er ljóst að hið ólífræna umhverfi (dýpi, hiti, selta og straumar) hefur mikil áhrif á útbreiðslu tegunda og samfélög dýrasvifs við landið.

1. tafla. Meðalþéttleiki svifdýra (fjöldi m⁻²) eftir svæðum og niðurstöður fervikagreiningar sem gerð var til að kanna hvort munur væri á milli svæða (*: p<0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001). Undirstrikuð gildi merkja að þar sé þéttleikinn marktækt hærri en á hinum svæðunum þremur samkvæmt LSD-prófi (p<0,05).

Flokkunareining	Svæði A	Svæði B	Svæði C	Svæði D	F	p
Protozoa (frumdýr)						
Foraminifera, ógreind dýr	62	<u>611</u>	2	98	5,86	**
Coelenterata (holdýr)						
<i>Aglantha digitale</i>	0	3	1	0	4,01	*
Annelida (liðormar)						
Polychaeta, ógreind dýr	628	608	1	54	37,37	***
Gastropoda (sniglar)						
Prosobranchia, lirlfur	<u>203</u>	21	2	33	19,57	***
<i>Limacina</i> spp.	1	<u>6</u>	0	1	2,85	*
Cladocera (sjávarflær)						
<i>Evadne nordmanni</i>	<u>141</u>	13	1	0	18,42	***
<i>Podon leuckarti</i>	<u>109</u>	0	0	0	21,61	***
Copepoda (krabbafær)						
Copepoda, náplús-lirlfur	343	0	1	628	2,44	
<i>Calanus</i> , náplús-lirlfur	5265	<u>52339</u>	863	27980	18,81	***
<i>Calanus finmarchicus</i> CI	1960	<u>16088</u>	227	3587	20,57	***
<i>Calanus finmarchicus</i> CII	2536	<u>8851</u>	85	1739	20,33	***
<i>Calanus finmarchicus</i> CIII	2716	4241	103	693	16,26	***
<i>Calanus finmarchicus</i> CIV	<u>3228</u>	1220	199	2866	5,5	*
<i>Calanus finmarchicus</i> CV	1706	164	178	3262	23,62	***
<i>Calanus finmarchicus</i> CVIF	956	353	1409	3301	6,63	***
<i>Calanus finmarchicus</i> CVIM	137	1	54	41	12,15	***
<i>Calanus glacialis</i>	0	774	0	1052	73,19	***
<i>Calanus hyperboreus</i>	1	745	0	<u>2094</u>	58,47	***
<i>Pseudocalanus</i> spp.	1563	1891	7	1746	34,56	***
<i>Microcalanus</i> spp.	<u>1195</u>	295	2	87	7,67	***
<i>Euchaeta norvegica</i>	3	0	4	0	2,01	
<i>Scolecithricella minor</i>	<u>18</u>	0	2	0	6,38	***
<i>Temora longicornis</i>	<u>3018</u>	241	1	9	31,35	***
<i>Metridia longa</i>	0	175	0	34	3	*
<i>Centropages hamatus</i>	<u>72</u>	2	2	0	21,4	***
<i>Acartia longiremis</i>	<u>1004</u>	326	1	30	16,3	***
<i>Acartia clausi</i>	<u>251</u>	47	0	0	10,01	***
<i>Acartia</i> spp.	304	<u>575</u>	0	49	10,2	***
<i>Oithona similis</i>	2378	10566	301	7156	28,55	***
<i>Oithona spinirostris</i>	1292	4029	189	1146	2,32	
<i>Oncaea borealis</i>	50	<u>1362</u>	0	291	19,29	***
<i>Microsetella norvegica</i>	7	1	0	0	2,4	
Cirripedia (hrúðurkarlar)						
Cirripedia, náplús-lirlfur	<u>102895</u>	682	73	27	38,1	***
Cirripedia, cypis-lirlfur	457	441	1	4	27,76	***
Isopoda (jafnfætlur)						
Isopoda, ógreind dýr	0	2	0	0	2,03	
Amphipoda (marflær)						
Amphipoda, ógreind dýr	2	1	0	0	1,86	

1. tafla (framhald).

Flokkunareining	Svæði A	Svæði B	Svæði C	Svæði D	F	p
Euphausiacea (ljósáta)						
Euphausiacea, egg	838	<u>1707</u>	70	56	9,07	***
Euphausiacea, náplíus-lirfur	4445	<u>26484</u>	4	514	41,95	***
Euphausiacea, calyptopis-lirfur	1258	<u>6914</u>	19	174	36,13	***
Euphausiacea, furcilia-lirfur	<u>31</u>	7	0	1	5,31	**
<i>Thysanoessa longa</i>	0	1	3	2	2,8	*
<i>Themisto abyssorum</i>	0	36	0	22	3,17	*
<i>Themisto</i> spp.	0	41	1	<u>284</u>	30,42	***
Decapoda (tífætlur)						
Natantia, ógreind dýr	<u>126</u>	18	0	0	31,28	***
Brachyura, ógreind dýr	<u>54</u>	18	1	0	21,21	***
Anomura, ógreind dýr	<u>48</u>	7	0	0	17,02	***
Chaetognatha (pílormar)						
Chaetognatha, ógreind dýr	10	117	0	132	22,32	***
Echinodermata (skrápdyr)						
Echinodermata, lirfur	1184	1549	139	40	8,48	***
Chordata (seildyr)						
Larvacea, ógreind dýr	102	<u>14649</u>	0	1616	56,45	***
Fiskegg, ógreind	<u>164</u>	10	0	0	45,39	***
Loðnulirfur	<u>135</u>	3	4	0	19,28	***
Aðrar fisklirfur	<u>38</u>	2	0	0	19,37	***

Samsvörunin er þó ekki alger. Til dæmis eru a.m.k. tvær sjógerðir, Atlantískur sjór og svalsjór, á landgrunnssvæðunum norðan- og austanlands, en samkvæmt klasagreiningunni aðeins eitt samfélag dýrasvifs (Svæði B, 4. og 5. mynd). Þannig virðast mismunandi sjógerðir við landið ekki alltaf endurspeglast í mismunandi samfélagsgerðum dýrasvifsins. Þetta sýnir að auk hinna ólífrænu umhverfispátta hafa ýmsir líffræðilegir þættir, svo sem atferli, lífsferlar, fæðuframboð og afrán einnig mikil áhrif á magn og útbreiðslu svifdyra umhverfis landið.

Þakkir

Guðmundur S. Jónsson teiknaði flestar myndirnar í þessari grein og kunnum við honum bestu þakkir fyrir.

Heimildir

- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson, 1995. Seasonal cycle of zooplankton southwest of Iceland. *J. Plankton Res.* 17: 1959-1976.
- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson, 1997. Árstíðabreytingar dýrasvifs fyrir norðan Ísland. Í þessu riti.
- Conover, R.J., 1988. Comparative life histories in the genera *Calanus* and *Neocalanus* in high latitudes of the Northern Hemisphere. *Hydrobiologia* 167/168: 127-142.
- Dalpadado, P., N Borkner, H.R. Skjoldal, 1994. Distribution and life history of *Themisto* (Amphipoda) spp., north of 73°N in the Barents Sea. *Fisken og Havet* 12: 1-42.
- Denman, K.L., T.M. Powell, 1984. Effects of physical processes on planktonic ecosystems in the coastal ocean. *Ocean. Mar. Biol. A Rev.* 22: 125-168.
- Erikson, S., 1973. The biology of marine planktonic copepoda on the west coast of Sweden. *Zoon.* 1: 37-68.
- Jespersen, P., 1940. Investigations on the quantity and distribution of zooplankton in Icelandic waters. *Medr Kommn Havunders. (Ser. Plankton)* 3: 1-77.

- Matthews, J.B.L., B.R. Heimdal, 1980. Pelagic productivity and food chains in fjord systems. Í: Freeland HJ, Farmer DM, Levings CD (ritstj.) Fjord oceanography. Plenum Press, New York, 377-398 s.
- Motoda, S., 1959. Devices of simple plankton apparatus. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 7: 73-94.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, 1995. Long-term changes in zooplankton biomass in Icelandic waters in spring. ICES J. mar. Sci. 52: 657-668.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, 1997. Biology of euphausiids in the subarctic waters north of Iceland. Mar. Biol., í prentun.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ingvar Hallgrímsson, Guðmundur S. Jónsson, 1983. Variations in zooplankton densities in Icelandic waters in spring during the years 1961-1982. Rit Fiskideildar. 7: 73-113.
- Ónefndur, 1994. Statistica for the Macintosh, StatSoft, Tulsa.
- Raymont, J.E.G., 1983. Plankton and Productivity in the Oceans. Vol. 2. Zooplankton, 2. útgáfa. Pergamon Press, Oxford.
- Svend-Aage Malmberg, 1980. Hydrographic conditions in Icelandic waters in May/June 1978. Annal. Biol. 35: 55-62.
- Svend-Aage Malmberg, Stefán Kristmannsson, 1992. Hydrographic conditions in Icelandic waters 1980-89. ICES mar. Sci. Symp. 195: 76-92.
- Unnsteinn Stefánson, Jón Ólafsson, 1991. Nutrients and fertility of Icelandic waters. Rit Fiskideildar. 7: 1-56.
- Unnsteinn Stefánson, Jakob Jakobsson, 1989. Oceanographical variations in the Iceland Sea and their impact on biological conditions, a brief review. Í: Rey, L., Alexander, V. (ritstj.) Proceedings of the sixth conference of the Comité Arctique International, 13-15 May 1985. E.J. Brill, Leiden, 427-455 s.
- Wiborg, K.F., 1955. Zooplankton in relation to hydrography in the Norwegian Sea. Fiskeridir. Skr. (Ser. Havunders.). 11: 1-66
- Þórunn Þórðardóttir, 1984. Primary production north of Iceland in relation to water masses in May-June 1970-1980. ICES CM. L:20: 17 s.
- Þórunn Þórðardóttir, 1977. Primary production in North Icelandic waters in relation to recent climatic changes. Í: Dunbar, M.J. (ritstj.) Polar Oceans. Proceedings of the polar oceans conference held at McGill University, Montreal, May 1974., 655-665 s.
- Þórunn Þórðardóttir, 1995. Plöntusvif og frumframleiðni í sjónum við Ísland. Í: Stefánsson U. (ritstj.) Íslendingar, hafið og auðlindir þess. Vísindafélag Íslendinga, Reykjavík, 65-88 s.

Árstíðabreytingar dýrasvifs fyrir norðan Ísland

Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Árstíðabreytingar á lífmassa, fjölda og tegundasamsetningu dýrasvifs á norðurmiðum voru rannsakaðar í tengslum við árlegar sveiflur í sjávarhita og þörungasvifi. Meðalhiti sjávar á 50 m dýpi var lægstur í febrúar ($\sim 1,1^\circ\text{C}$), en hæstur í ágúst ($\sim 3,8^\circ\text{C}$). Vorvöxtur þörungasvifs hófst í lok mars og náði hámarki um miðjan apríl ($\sim 7,0$ mg blaðgræna a m^{-3}). Bæði lífmassi og heildarfjöldi dýrasvifs var lítill um veturinn, byrjaði að aukast í lok apríl og náði hámarki í maílok (~ 4 g þurrvigt m^{-2} og 38 000 einstaklingar m^{-2}). Átta flokkunareiningar mynduðu saman $\sim 90\%$ af öllu dýrasvifi sem fannst miðað við fjölda. Þær voru: rauðáta (*Calanus finmarchicus*) ($\sim 60\%$), slöngustjörnulirfur ($\sim 9\%$), *Pseudocalanus* spp. ($\sim 8\%$), *Metridia longa* ($\sim 4\%$), póláta (*C. hyperboreus*) ($\sim 3\%$), þorndís (*Acartia longiremis*) ($\sim 2\%$), píllormar ($\sim 2\%$) og ljósátulirfur ($\sim 2\%$). Árssveiflur í fjölda algengustu krabbaflóa voru í meginatriðum tvenns konar; rauðáta, póláta og ísáta (*C. glacialis*) höfðu eitt fjöldahámark í lok maí, en *Pseudocalanus* spp., *M. longa* og þorndís tvö, hið fyrra í júlí og hið síðara í september-október. Fjöldi slöngustjörnulirfa og píllorma var mestur í júní-júlí, en af ljósátulirfum fannst mest frá maí til júní. Aðal hrygning rauðátu átti sér stað í apríl og maí, og fór saman við vorblóma þörungasvifsins. Lítilsháttar rauðátuhrygning átti sér einnig stað í september-október, en afkomendur þessarar síðari hrygningar voru hins vegar fáir og virtust ekki hafa bætt miklu við stofn vetursetudýra rauðátu. Ljósáta hrygndi aðallega í maí, á meðan enn var mikið af svifþörungum í sjónum og áður en vorvöxtur þeirra var liðinn hjá.

Inngangur

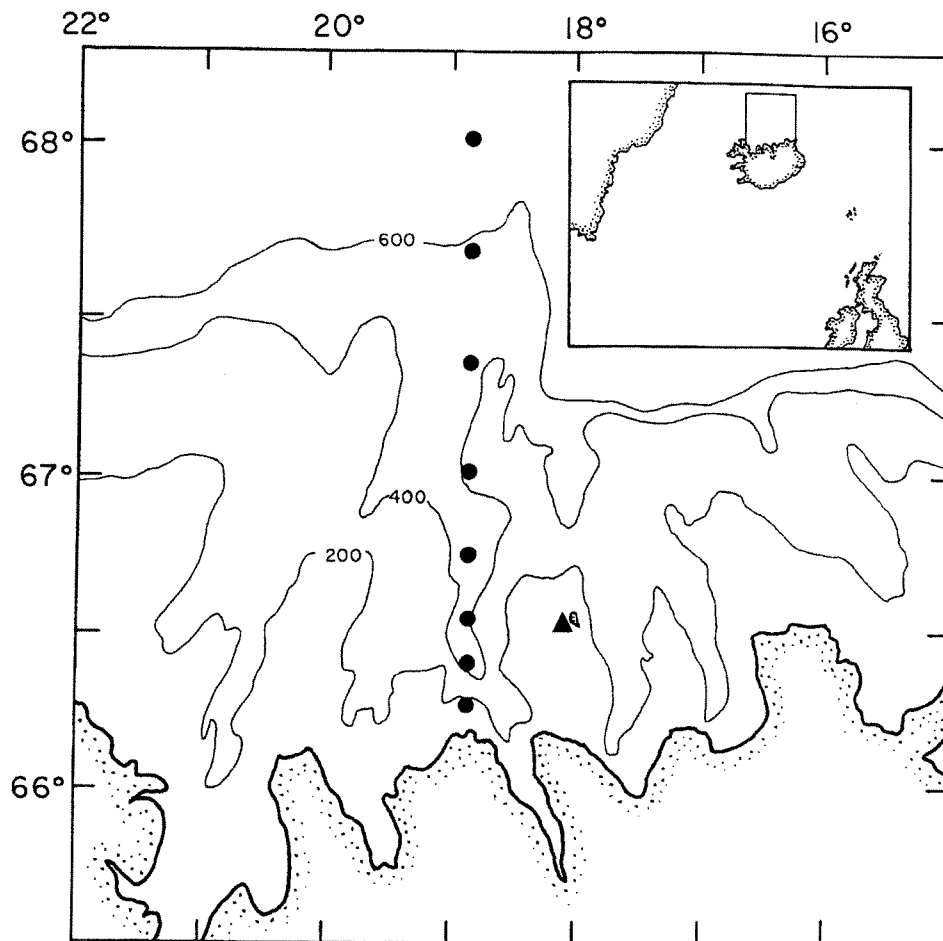
Hafsvæðið norðan Íslands gegnir þýðingarmiklu hlutverki fyrir fiskveiðar okkar Íslendinga. Þannig eru aðaluppeldisslóðir margra nytjafiska, t.d. þorsks (*Gadus morhua*) og loðnu (*Mallotus villosus*), fyrir norðan land. Þá eru norðurmið mikilvæg fiskislóð ýmissa nytjastofna, t.d. rækju (*Pandalus borealis*) og grálúðu (*Reinhardtius hippoglossoides*). Í fæðukeðjum sjávar er dýrasvifið, eða átan eins og sjómenn oftast kalla það, mikilvægur hlekkur, þar sem um það flyst frumframleiðni svifþörunganna til efri fæðuþrepa. Rannsóknir sem miða að því að auka þekkingu okkar á lífsferlum og árstíðabreytingum dýrasvifsins og þeim þáttum sem hafa áhrif á þá eru því mikilvægar.

Rannsóknir á árstíðabreytingum dýrasvifs hér við land hafa hingað til aðallega verið stundaðar fyrir sunnan, suðvestan og norðvestan landið (Ingvar Hallgrímsson 1954, Ólafur S. Ástþórsson 1990, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1992, Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1992, 1995 og 1997, Ástþór Gíslason o.fl.1994), en ein athugun er til frá Eyjafirði (Þivind Kaasa og Kristinn Guðmundsson 1994). Hins vegar hafa engar rannsóknir af þessu tagi áður verið gerðar í úthafinu fyrir norðan Ísland.

Markmið þeirra rannsókna, sem hér verður greint frá, er að lýsa árstíðabreytingum dýrasvifsins fyrir norðan Ísland og að tengja þær breytingum á sjófræðilegum þáttum og svifþörungum. Athuganir þessar voru hluti af svokölluðum fjölstofnarannsóknum Hafrannsóknastofnunarinnar, sem fram fóru árin 1992 til 1995.

Efniviður og aðferðir

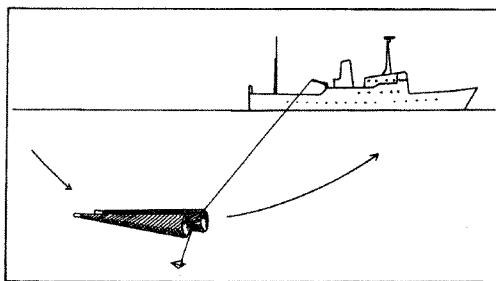
Til að sinna þessum rannsóknum voru farnir rannsóknaleiðangrar á u.þ.b. mánaðarfresti frá febrúar 1993 til febrúar 1994 og sýnum safnað á átta athugunarstöðvum á svonefndu Siglunessniði, en það er eitt af föstum rannsóknarsniðum Hafrannsóknastofnunarinnar og liggur frá $66^\circ 16' \text{N}$, $18^\circ 50' \text{V}$ og að $68^\circ 00' \text{N}$, $18^\circ 50' \text{V}$ (1. mynd). Á stöðinni næst landi var dýpi 80 m, en 1045 m fjarst landi.



1. mynd. Kort sem sýnir athugunarsvæðið norðan Íslands. Rannsóknastöðvar eru gefnar til kynna með svörtum deplum, en þríhyrningurinn sýnir staðinn þar sem blaðgrænu var safnað.

Í flestum leiðöngrum var sjávarhiti og selta mæld með síritandi „sondu“. Plöntusvifssýnum var yfirleitt ekki safnað, en til að tengja niðurstöðurnar þeim breytingum sem urðu á þörungasvifi á athugunartímanum birtum við niðurstöður blaðgrænumælinga sem gerðar voru skammt frá Grímsey ($66^{\circ}32'N$, $18^{\circ}00'V$). Yfirborðssjósýni voru tekin þar á u.þ.b. sjö daga fresti og sýnin síuð í gegnum GF/C-súr. Í rannsóknastofu voru síurnar síðan muldar í 90% acetonlausn og gleypnin mæld í litrófsmæli (Strickland og Parsons 1968).

Dýrasvifi var safnað með Bongo háfi. Þvermál háfsins var 60 cm og möskvastærðin 335 μm . Við söfnunina var háfnum slakað niður á 100 m dýpi og hann síðan hífður aftur upp að yfirborði á meðan skipið sigldi á um tveggja og hálfra sjómílu ferð (2. mynd). Þar sem dýpi var minna en 100 m var farið fimm metra frá botni. Slökunar- og hífingarhraðinn var um 10 m á mínútu. Bongo háfur er í raun tveir háfar sem festir eru saman (2. mynd), en til að mæla rúmmál sjávarins sem fór í gegnum háfana var komið fyrir flæðismæli í miðju annars háfsins. Dýpið var mælt með Scanmar dýpisnema sem festur var á togvírinn rétt fyrir ofan háfinn. Dýrasvifssýnin voru varðveitt í 4% formalínlausn sem hlutleyst var með boraxi. Í rannsóknastofu var heildarrúmmál hvers sýnis mælt („displacement volume“), en rúmmál ljósátu var einnig mælt sérstaklega. Sýnin voru þessu næst greind á eftirfarandi hátt: ljósáta og fisklirfur voru talin úr heilum sýnum, en aðrar tegundir voru yfirleitt taldar úr hlutsýnum og þá látið duga að telja og tegundagreina u.þ.b. 500 dýr. Aðeins örfá sýni voru það lítil að unnt var að telja þau að fullu. Við skiptingu sýna var notaður svokallaður Motoda skiptari (Motoda 1959).



2. mynd. Skýringarmynd sem sýnir hvernig Bongo háfur var dreginn af rannsóknaskipi við söfnun dýrasvifs. Athugið að háfurinn og skipið eru ekki sömu stærðarhlutföllum.

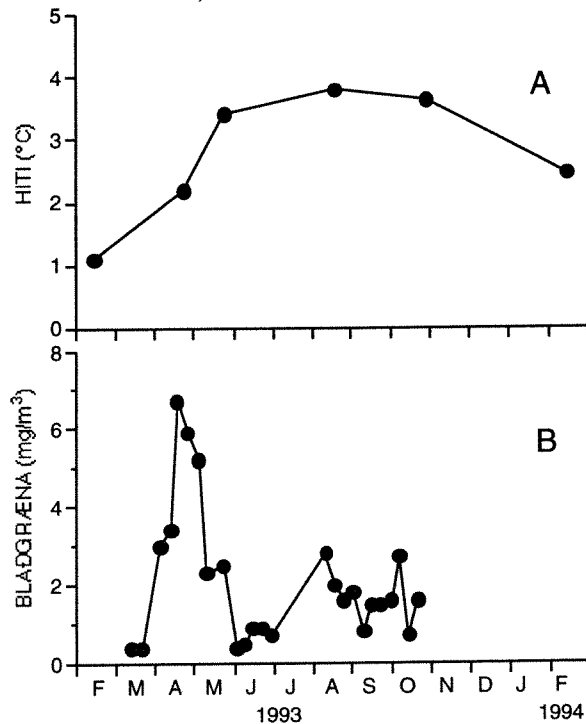
Í sýnunum fundust þrjár tegundir krabbaflóa af ættkvíslinni *Calanus*, sem allar voru greindar í þroskastig. Þessar tegundir, rauðáta (*C. finmarchicus*), ísáta (*C. glacialis*) og póláta (*C. hyperboreus*), eru náskildar og mjög líkar í flestu öðru en stærð, og var greint á milli þeirra með því að mæla lengd frambols (Unstad og Tande 1991, Hirche o.fl.1994).

Við höfum í þessari grein umbreytt rúmmálmælingunum í lífmassa (þurrvigt) með því að nota margföldunarstuðla frá Matthews og Heimdal (1980). Enn fremur höfum við staðlað allar lífmassa- og fjöldatölur þannig að þær gefi til kynna gildi undir 1 m² í efstu 100 m sjávar.

Niðurstöður

Umhverfisaðstæður og þörungasvif

Sjórinn yfir landgrunninu norðan Íslands er blanda af tiltölulega hlýjum Atlantssjó, sem berst þangað að sunnan með grein af Irmingerstraumnum, og köldum seltulágum pólsjó sem Austur Grænlandsstraumurinn ber með sér (Unnsteinn Stefánsson 1962, Unnsteinn Stefánsson og Jakob Jakobsson 1989).



3. mynd. Árstíðabreytingar á hita (A) og styrk blaðgrænu (B) norðan Íslands. Hitaferillinn (febrúar 1993 til febrúar 1994) sýnir meðaltöl mælinga frá 50 m dýpi frá öllum athugunarstöðvunum, en blaðgrænuferillinn (mars til október 1993) sýnir mælingar á yfirborðssýnum frá einni stöð við Grímsey (1. mynd).

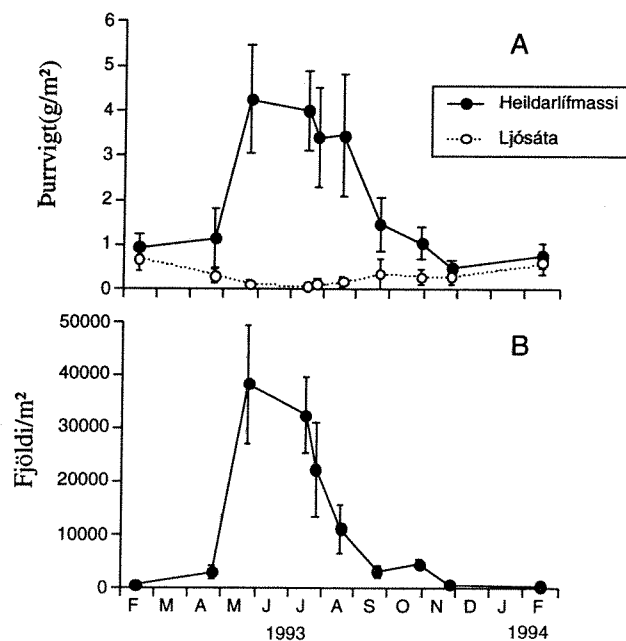
Árssveifla meðalsjávarhita á 50 m dýpi er sýnd á 3. mynd A. Lægstur varð meðalhitinn í febrúar ($\sim 1,1^\circ\text{C}$), í mars-apríl byrjaði að hlýna og í ágúst var meðalhiti hæstur ($\sim 3,8^\circ\text{C}$). Þegar rannsóknunum lauk í febrúar 1994 var sjávarhiti um einni gráðu hærri en þegar þær hófust ári fyrr. Árssveifla meðalhitastigs var um $2,7^\circ\text{C}$.

Á 3. mynd B eru sýndar árstíðabreytingar í styrk blaðgrænu við Grímsey, en blaðgrænustyrkurinn er mælikvarði á magn þörungasvifs í sjónum. Í upphafi rannsókna var styrkurinn lágur ($< 1,0 \text{ mg m}^{-3}$), en í lok mars jókst hann og náði hámarki um miðjan apríl ($\sim 7,0 \text{ mg m}^{-3}$). Eftir það minnkaði blaðgrænumagnið tiltölulega hægt og þannig var enn talsvert af blaðgrænu í sjónum um miðjan maí ($> 2,0 \text{ mg m}^{-3}$). Um mánaðamótin maí-júní varð hins vegar fall í blaðgrænumagninu ($< 0,5 \text{ mg m}^{-3}$) og hélst styrkurinn lágur í júní. Snemma í ágúst kom svo fram dálítið hausthámark ($\sim 2,0 \text{ mg m}^{-3}$), en eftir það sveiflaðist blaðgrænustyrkurinn nokkuð en hafði samt tilhneigingu til að fara minnkandi (3. mynd B).

Lífmassi og mergð dýrasvifs

Árstíðabreytingar í lífmassa svifdýra einkenndust af lágum vetrargildum og einu aðalhámarki um sumarið (4. mynd A). Frá febrúar til apríl var lífmassinn lágur ($\sim 1,0 \text{ g þurrvigt m}^{-2}$), en í lok apríl jókst hann og náði hámarki í lok maí ($\sim 4 \text{ g þurrvigt m}^{-2}$). Lífmassinn hélst síðan hár þar til um miðjan ágúst að hann minnkaði hratt og í nóvember var aftur komið vetrarástand með lágum lífmassagildum ($< 1 \text{ g þurrvigt m}^{-2}$). Meðallífmassinn (þurrvigt) yfir árið var um 2 g m^{-2} .

Lífmassi ljósátu var hæstur við upphaf og lok rannsókna, þ.e. í febrúar 1993 og 1994 ($\sim 0,6 \text{ g þurrvigt m}^{-2}$), en á öðrum árstímum var lífmassi ljósátu lægri (4. mynd B).



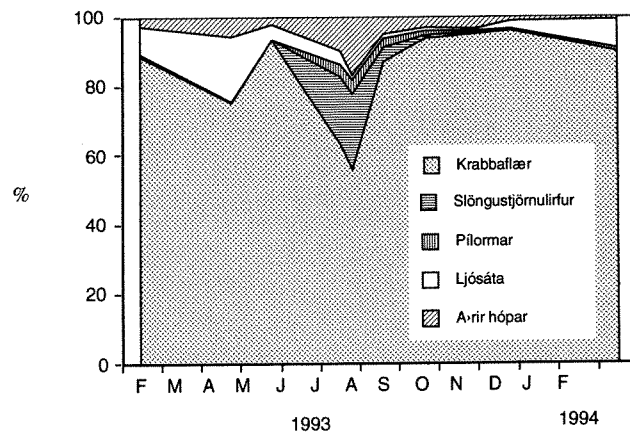
4. mynd. Heildarlífmassi (þurrvigt) alls dýrasvifs (svartir deplar) og ljósátu sérstaklega (hvítir deplar) (A), og heildarfjöldi dýrasvifs (B) norðan Íslands frá febrúar 1993 til febrúar 1994. Myndin sýnir meðaltöl frá átta stöðvum og lóðréttu línurnar tákna staðalskekkju.

Þær breytingar sem urðu á heildarfjölda svifdýra yfir árið voru áþekkar þeim sem urðu á lífmassa og lýst er hér fyrir framan. Þannig var fjöldinn, eins og lífmassinn, í lágmarki að vetrinum og í hámarki um sumarið (4. mynd A og B). Í febrúar og apríl 1993 fundust fá dýr ($\sim 500\text{-}3000$ einstaklingar m^{-2}), en í lok apríl jókst fjöldinn og náði hámarki í lok maí ($\sim 32\ 000$ einstaklingar m^{-2}). Fjöldinn hélst svo hár þar til um miðjan júlí, en þá minnkaði hann hratt og náði lágmarki um miðjan september (~ 3000 einstaklingar m^{-2}). Í lok október varð dálítill fjölgun (~ 5000 einstaklingar m^{-2}), en mánuði síðar var komið vetrarástand og fjöldi svifdýra

lágur (<1000 einstaklingar m⁻²). Meðalfjöldi svifdýra yfir árið reyndist um 11000 einstaklingar m⁻².

Tegundasamsetning

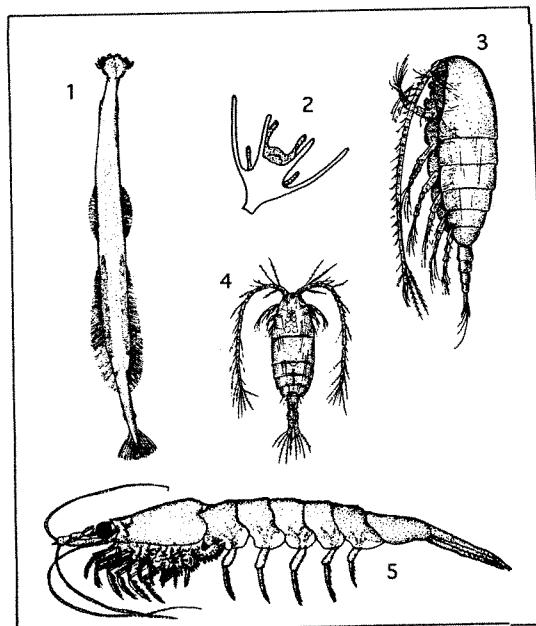
Á 5. mynd eru sýndar árstíðabreytingar á hlutfallslegum fjölda mikilvægustu tegundahópa. Krabbaflær voru ríkjandi, oftast um og yfir 80% af öllum svifdýrum sem fundust. Í júlí voru slöngustjörmulirfur áberandi í svifinu (~20%).



5. mynd. Hlutfallslegur fjöldi algengustu svifdýrahópa norðan Íslands.

Alls fundust 42 tegundir og greiningahópar í sýnunum (Tafla 1, 6. mynd). Algengustu tegundir voru: rauðáta (*Calanus finmarchicus*) (~60% af heildarfjölda), slöngustjörmulirfur (~9%), *Pseudocalanus* spp. (~8%), *Metridia longa* (~4%), póláta (*C. hyperboreus*) (~3%), þorndís (*Acartia longiremis*) (~2%), pílormar (~2%) og ljósátulirfur (~2%). Um 90% af öllu dýrasvifi sem fannst í sýnunum tilheyrði þessum átta svifdýrahópum.

Hér á eftir munum við fjalla frekar um algengustu hópana sem fundust í sýnunum.



6. mynd. Nokkur algeng svifdýr sem fundust í sýnunum norðan Íslands; 1. pílormur, 2. slöngustjörmulirfa, 3. rauðáta, 4. þorndís, 5. ljósáta. Athugið að dýrin á myndinni eru ekki í réttum stærðarhlutföllum.

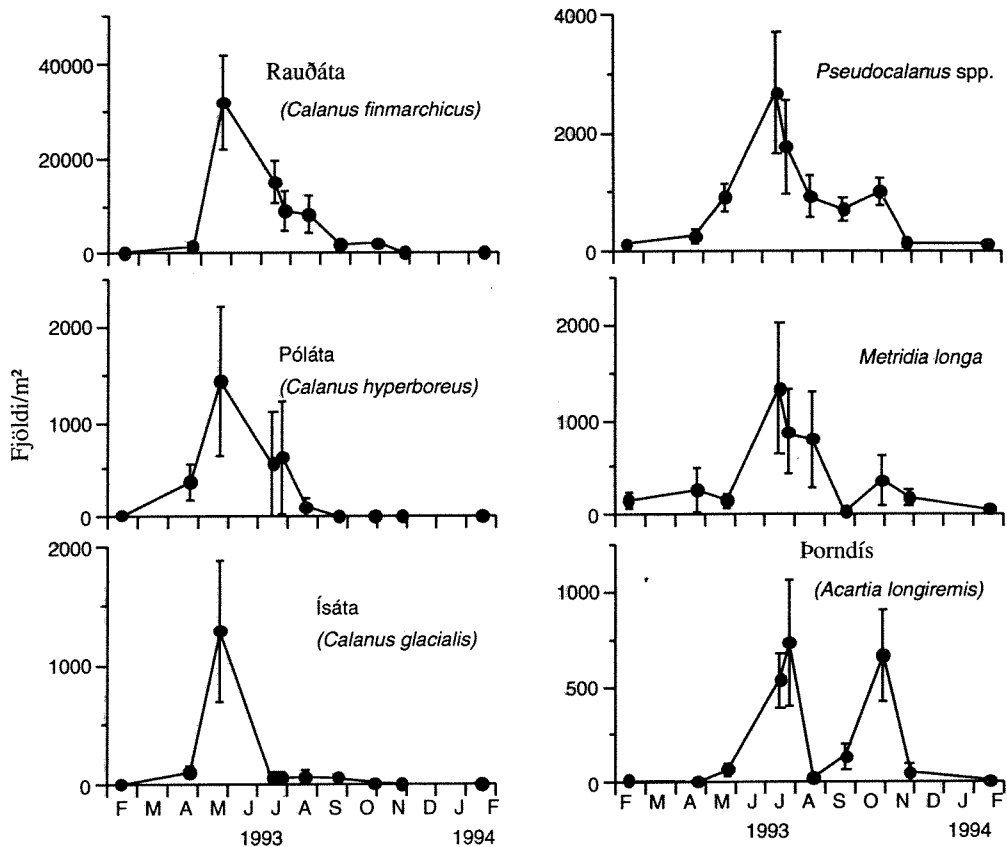
1. tafla. Tegundir og hópar, sem greindust úr svifssýnum norðan Íslands frá febrúar 1993 til febrúar 1994.
Skýringar: MA = mjög algeng tegund, ársmeðaltal >500 einstaklingar m⁻²; A = algeng tegund, ársmeðaltal 200-500 einstaklingar m⁻²; S = sjaldgæf tegund, ársmeðaltal <200 einstaklingar m⁻².

Flokkunareining	Tíðni	Flokkunareining	Tíðni
Götungar (Foraminifera)		Jafnfætlur (Isopoda)	
Ógreint	S	Ógreint	S
Holdýr (Coelenterata)		Marflær (Amphipoda)	
Ógreint	S	<i>Themisto</i> spp.	S
Burstaormar (Polychaeta)		Ógreint	S
Ógreint	S	Ljósáta (Euphausiacea)	
Sniglar (Gastropoda)		Ljósátuegg	S
<i>Limacina</i> spp.	S	Ljósátulirfur	A
Ógreint	S	<i>Meganyctiphanes norvegica</i> (M. Sars)	S
Sjávarflær (Cladocera)		<i>Thysanoessa longicaudata</i> (Krøyer)	S
<i>Podon leuckarti</i> G. O. Sars	S	<i>Thysanoessa inermis</i> (Krøyer)	S
<i>Evadne nordmanni</i> Lovén	S	Skjaldkrabbar (Decapoda)	
Krabbaflær (Copepoda)		Brachyura	S
<i>Calanus finmarchicus</i> (Gunnerus)	MA	Natantia	S
<i>Calanus hyperboreus</i> (Krøyer)	A	Anomura	S
<i>Calanus glacialis</i> (Jaschnov)	S	Pílormar (Chaetognatha)	
<i>Pseudocalanus</i> spp.	MA	<i>Sagitta elegans</i> Verrill	A
<i>Paracalanus parvus</i> (Claus)	S	Ógreint	S
<i>Euchaeta norvegica</i> Boeck	S	Slöngustjörnur (Euphauriida)	
<i>Scolecithricella minor</i> (Brady)	S	Ógreint	MA
<i>Temora longicornis</i> (Müller)	S	Möttuldýr	
<i>Metridia longa</i> (Lubbock)	A	Larvacea	A
<i>Metridia lucens</i> Boeck	S	Fiskegg	
<i>Centropages hamatus</i> (Lilljeborg)	S	Ógreint	S
<i>Acartia longiremis</i> (Lilljeborg)	A	Fisklirfur	
<i>Acartia clausi</i> Giesbrecht	S	<i>Mallotus villosus</i> (Müller)	S
Ógreindir Calanoida	S	<i>Ammodytes</i> sp.	S
<i>Oithona similis</i> Claus	S		
<i>Oithona spinostris</i> Claus	S		
Hrúðurkarlar (Cirripedia)			
Ógreint	S		

Krabbaflær

Á 7. mynd eru sýndar árstíðasveiflur í fjölda sex algengustu krabbaflónna sem fundust í sýnunum og 8. mynd sýnir árstíðabreytingar í fjölda mismunandi þroskastiga rauðátu.

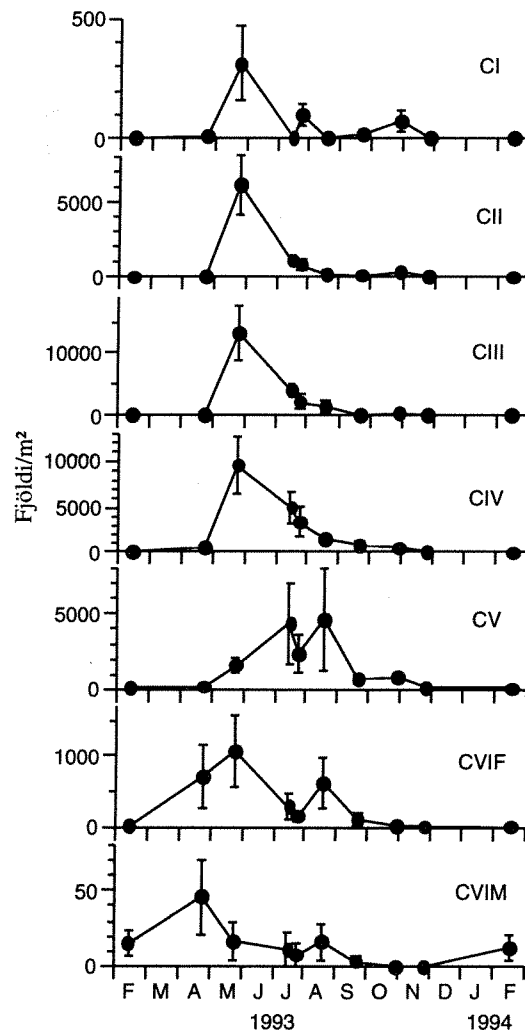
Eins og áður er getið fundust þrjár tegundir í sýnunum sem tilheyra ættkvíslinni *Calanus*: rauðáta (*C. finmarchicus*), póláta (*C. hyperboreus*) og ísáta (*C. glacialis*). Af þeim var rauðátan langalgengust. Árstíðabreytingar í fjölda *Calanus*-tegundanna voru svipaðar (7. mynd). Þannig var fjöldi allra í lágmarki yfir vetrartímenn og komst einu sinni í hámark um sumarið, í lok maí og samtímis hjá þeim öllum. Hámarkið var hæst hjá rauðátu (~32000 einstaklingar m⁻²), en mun lægra hjá pólátu og ísátu (~1300-1500 einstaklingar m⁻²). Þótt aðeins fundist mjög lítið af *Calanus*-tegundundunum þrem að vetrinum hurfu þær aldrei algerlega úr sýnunum.



7. mynd. Fjöldi algengustu krabbaflóa norðan Íslands frá febrúar 1993 til febrúar 1994. Myndin sýnir meðaltöl frá átta stöðvum og lóðréttu línurnar tákna staðalskekkju. Athugið að mismunandi mælikvarði er á lóðréttu ásunum.

Víkjum nú að þroska rauðátu (8. mynd). Yfir vetrartímenn dvelst ókynþroska rauðáta á miklu dýpi, en síðla vetrar færa dýrin sig nær yfirborði og verða kynþroska (Hirche 1996). Þetta virðist hafa gerst í apríl og maí, en þá var fjöldi kynþroska dýra hæstur (8. mynd). Í maí fannst mest af yngstu ungvíðisstigunum (stig CI, CII, CIII), og það - ásamt með því að mest var af kynþroska dýrum í apríl og maí - bendir til þess að vorhrygning rauðátu fyrir norðan land hafi aðallega átt sér stað í apríl og maí, og því farið saman við vorblóma svifþörunganna (sbr. 3. mynd B og 8. mynd). Hvorugt foreldranna lifir hrygninguna af (Marshall og Orr 1972), enda fækkaði kynþroska dýrum mjög í kjölfar vorhrygningarinnar (8. mynd). Í júlí og ágúst höfðu afkomendur vorhrygningarinnar þroskast í stig CV, en það er vetrardvalarstig. Meginhluti stofnsins óx ekki frekar þá um sumarið, en lítill hluti hans varð þó kynþroska í ágúst (8. mynd). Í kjölfarið (október) fylgdi nokkur aukning í fjölda ungvíðisstiga CI, CII og

CIII, sem bendir til þess að á undan hafi farið hrygning, sennilega í september-október. Afkomendur þessarar síðari hrygningar rauðátu fyrir norðan land voru hins vegar fáir og virtust því ekki hafa bætt miklu við stofn vetursetudýranna (8. mynd).



8. mynd. Fjöldi mismunandi þroskastiga rauðátu (*Calanus finmarchicus*) norðan Íslands frá febrúar 1993 til febrúar 1994. Þroskastig CI er yngst, þá CII o.s.frv., CVIF táknar kynþroska kvendýr en CVIM kynþroska karldýr. Myndin sýnir meðaltöl frá átta stöðvum og lóðréttu línurnar tákna staðalskekkju. Athugið að mismunandi mælikvarði er á lóðréttu ásunum.

Hjá hinum krabbaflónum sem voru meðal hinna sex algengustu, *Pseudocalanus* spp., *M. longa* og þorndísi (*A. longiremis*), voru breytingar á fjölda á athugunartímanum með nokkuð öðrum hætti en hjá *Calanus*-tegundunum þremur (7. mynd). Þannig voru tvö hámark í fjölda þeirra yfir sumarið og haustið, ólíkt því sem gerðist hjá *Calanus*-tegundunum. Fyrri hámarkið var í júlí (~700-2700 einstaklingar m⁻²) en hið síðara í október-nóvember (~350-1000 einstaklingar m⁻²). Allar þrjár tegundirnar fundust einnig í vetrarsýnunum, en aðeins fáeinir þó.

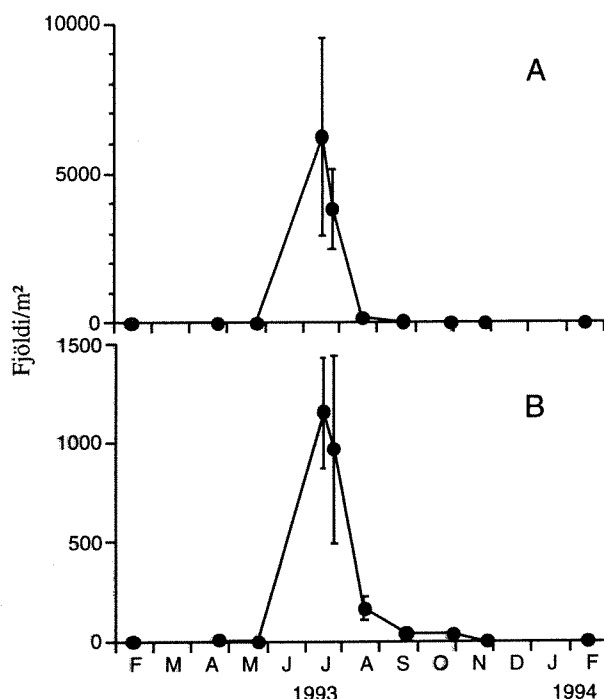
Ýmsar aðrar krabbaflær fundust í sýnunum, en þar sem þær voru tiltölulega sjaldgæfar verður ekki fjallað sérstaklega um þær hér. Þeirra er getið í 1. töflu.

Slöngustjörnur

Lirfur slöngustjarna voru algengar yfir sumarið, en um veturinn fundust þær ekki (9. mynd A). Þeirra varð fyrst vart í sýnum sem tekin voru í lok maí, komust í hámark um miðjan júlí (~6000 einstaklingar m^{-2}) og fundust síðast í september.

Pílormar

Pílormar voru einu sviflægu rándýrin sem eitthvað kvað að í sýnunum. Þeir voru ekki alltaf greindir til tegunda, en ef marka má vandlega athugun á fjölmörgum einstaklingum úr mörgum sýnum þar sem þeir voru algengir, tilheyrðu flestir þeirra tegundinni *Sagitta elegans*. Árstíðabreytingum á fjölda þeirra svipaði mjög til breytinga á fjölda slöngustjörnulirfanna (samanber 9. mynd A og B). Eins og slöngustjörnulirfurnar fjölgaði þeim mikið í júní og í júlí fannst mest af þeim (~1150 einstaklingar m^{-2}). Eftir það fækkaði þeim skyndilega og þær fundust síðast í sýnum sem tekin voru í september.



9. mynd. Fjöldi slöngustjörnulirfa (A) og pílorma (B) norðan Íslands frá febrúar 1993 til febrúar 1994. Myndin sýnir meðaltöl frá átta stöðvum og lóðréttu línurnar tákna staðalskekku. Athugið að mismunandi mælikvarði er á lóðréttu ásunum.

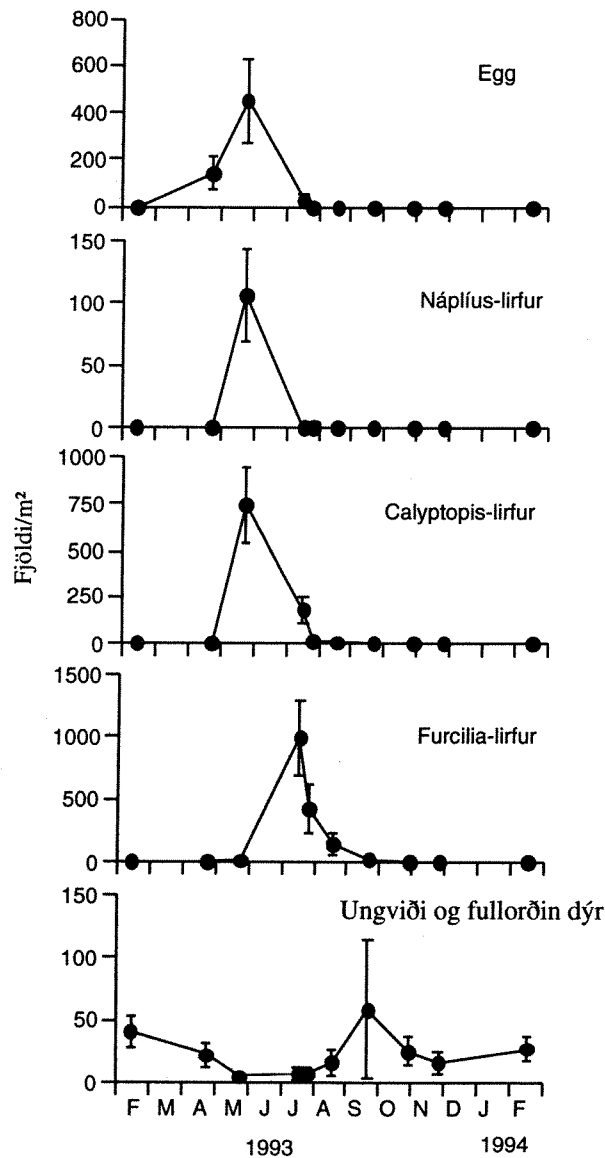
Ljósáta

Þrjár ljósátutegundir fundust í sýnunum. Þær voru augnsíli (*Thysanoessa inermis*), kríli (*T. longicaudata*) og náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*). Þar sem nýlega hefur verið greint frá vistfræði þeirra norðan Íslands út frá sama efniviði og hér er til umfjöllunar (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997), verður í þessari grein aðeins stiklað á stóru varðandi þær.

Flestar ljósáturnar sem geindar voru til tegunda - þ.e. ungvíði og fullorðin dýr - tilheyrðu tegundinni augnsíli (~76%). Kríli var næstalgengast (~14%), en minnst fannst af náttlampi (~9%). Þetta er í samræmi við niðurstöður Hermanns Einarssonar (1945), en samkvæmt þeim heldur augnsíli sig aðallega yfir landgrunninu og kríli í úthafinu en náttlampi yfir landgrunnshlíðunum suðvestanlands.

Hvorki egg né lirfur ljósátu voru greindar til tegunda, en ef tekið er mið af fjölda ungvíðis og fullorðinna dýra þá tilheyrðu flest þeirra augnsíli. Breytingar þær sem urðu á athugunartímanum á fjölda eggja og lirfa í sýnunum (10. mynd), ásamt upplýsingum um

þroska dýranna (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997), benda til að aðal hrygning ljósátu hafi átt sér stað í maí og að þorri lirfanna hafi náð að þroskast í svonefnt furcilia-stig um miðjan júlí (10. mynd). Þannig virðist ljósátan hafa hrygnt fyrir norðan land meðan enn var mikið af svifþörungum í sjónum og áður en vorvexti þeirra var lokið (sbr. 3. mynd B og 10. mynd).



10. mynd. Fjöldi eggja, lirfa, ungvíðis og fullorðinna dýra ljósátu norðan Íslands frá febrúar 1993 til febrúar 1994. Myndin sýnir meðaltöl frá átta stöðvum og lóðréttu línurnar tákna staðalskekkju. Athugið að mismunandi mælikvarði er á lóðréttu ásunum.

Umræða

Vorvöxtur þörungasvifsins hófst í lok mars, náði hámarki í lok apríl og var lokið í byrjun júní (3. mynd B). Í lok maí, þegar vorvextinum var nær lokið, var enn talsvert af næringarefnum á norðurmiðum (Ónefndur 1993), og því er ólíklegt að skortur á þeim hafi heft þörungavöxtinn. Hins vegar var dýrasvifið í örum vexti í maí á sama tíma og svifgróðurinn fór ört minnkandi og má því telja líklegt að beit dýrasvifsins hafi valdið fallinu í þörungasvifinu.

Á rannsóknatímabilinu var aðeins um að ræða eitt aðalátuhámark yfir sumarið í sjónum fyrir norðan land (4. mynd A, B). Svipað er þessu farið bæði í Ísafjarðardjúpi (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1992) og Eyjafirði (Øivind Kaasa og Kristinn Guðmundsson

1994). Í hlýrri sjó við suður- og suðvesturströndina nær átan hins vegar tvisvar hámarki á vaxtartímabilinu (Ingvar Hallgrímsson 1954, Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1995). Skýring þessa er sennilega sú að í hlýja sjónum undan Suður- og Suðvesturlandi er frumframleiðni þörungasvifsins meiri en í kalda sjónum norðvestan- og norðanlands.

Frekari staðfesting á lægri framleiðni hafsvæðisins fyrir norðan en sunnan Ísland fæst ef bornar eru saman tölur um árlegan meðallífmassa og meðalfjölda dýrasvifs á þessum svæðum (2. tafla). Þannig er meðallífmassinn u.þ.b. tvisvar sinnum lægri fyrir norðan (sbr. þessa rannsókn) og norðvestan landið (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1992) heldur en á suðvesturmiðum (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1995). Þá er árlegur meðalfjöldi svifdýra u.þ.b. fimm sinnum lægri fyrir norðan (sbr. þessa rannsókn) og norðvestan (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1992) heldur en fyrir suðvestan (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1995). Þessi atriði endurspeglar sennilega mun minni framleiðni átu í kalda sjónum fyrir norðan heldur en í hlýja sjónum fyrir sunnan. Í þessu sambandi má geta þess að samkvæmt rannsóknnum Þórunnar Þórðardóttur (1995) þá er heildarframleiðni hafsvæðisins fyrir norðan landið aðeins um tveir þriðju hlutar þess sem hún er fyrir sunnan, sem gefur til kynna að burðargeta norðurmiða sé talsvert minni en suðurmiða.

2. Tafla. Ársmeðaltöl heildarfjölda og heildarlífmassa átu á þremur svæðum við Ísland. Sýni voru tekin með 330 µm Bongo háfi og tölurnar sýna gildi fyrir efstu 100 m sjávar.

Svæði	Lífmassi (g þv m ⁻²)	Fjöldi (einstakl m ⁻²)	Heimild
Norðurmið	2	11 000	Þessi rannsókn
Ísafjarðardjúp	2.6	18 000	Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason (1992)
Suðvesturmið	5	76 000	Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson (1995)

Árstíðabreytingar í lífmassa og fjölda svifdýra fyrir norðan land endurspeglar að verulegu leyti árlegar sveiflur hjá algengustu tegundinni, rauðátu (samanber 4. og 7. mynd). Þannig endurspeglar átuhámarkið í lok maí vorhrygningu rauðátu og nokkur aukning í lok október síðari hrygninguna. Fallið í átumagninu eftir miðjan júlí stafar sennilega aðallega af afráni frá loðnu, en hún fer sem kunnugt er í fæðugöngur norður fyrir land á sumrin og er aðalfæðan einmitt krabbaflær og ljósáta (Þorsteinn Sigurðsson og Ólafur S. Ástþórsson 1991, Ólafur S. Ástþórsson og Þorsteinn Sigurðsson 1992, Hjálmar Vilhjálmsson 1994, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1996). Þá kann fækkunin einnig að nokkru leyti að stafa af fæðuskorti, en rauðátan er „grasæta“ sem nærast á svifþörungum, en af þeim var fremur lítið í ágúst þegar aðalfallið varð (sbr. 3. mynd B og 4. mynd). Þá er næsta víst að sá háttur flestra svifdýra að dvelja í djúplögum sjávar yfir vetrartímann leiðir til þess að minna veiðist af þeim er líða fer á haustið. Loks skal þess getið að fjöldi píllorma var mestur um miðjan júlí (9. mynd B), eða um þær mundir sem átumagnið byrjaði að minnka (4. mynd), og kann afrán þeirra því einnig að hafa stuðlað að fallinu í átunni.

Samkvæmt þessari athugun reyndist tegundasamsetning dýrasvifsins í úthafinu fyrir norðan Ísland að sumu leyti lík því sem gerist í fjörðum við norðvestur- og norðurströndina (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1992, Øivind Kaasa og Kristinn Guðmundsson 1994). Þannig eru rauðáta, *Pseudocalanus* spp. og þorndís algengar á báðum svæðum. Hins vegar eru ýmsir strandsjávarhópar eins og hrúðurkarlalirfur, sporðkleyf (*Temora longicornis*), rekhryna (*Evadne nordmanni*) og rekkringla (*Podon leuckarti*) algengir í fjörðum norðvestan- og norðanlands en sjaldgæfir í úthafinu, en á hinn bóginn er þessu öfugt farið með slöngustjörnulirfur og krabbaflærnar *M. longa* og pólátu. Loks er þess að geta að samkvæmt rannsóknum Ástþórs Gíslasonar og Ólafs S. Ástþórssonar (1995) eru rauðáta, sporðkleyf og rekhryna algengustu svifdýrategundirnar út af suðvesturströndinni.

Hrygning rauðátu á hafsvæðinu fyrir norðan Ísland átti sér stað í apríl og maí á árinu 1993 og bar þannig upp á sama tíma og vorblómi þörungasvifsins (sbr. 3. mynd B og 8. mynd). Í mörgum athugunum hefur áður verið sýnt fram á hin nánú tengsl á milli

vorhrygningar rauðátu og vorvaxtar svifþörungum (Hirche 1996). Um haustið (október-nóvember) hrygndi svo lítill hluti þeirrar kynslóðar sem hafði klakist út um vorið. Eins og áður hefur verið lýst bættu afkomendur þessarar síðari hrygningar litlu, ef nokkru, við stofnvetursetudýranna (8. mynd). Lífmassi þörungasvifs var mjög lítill þegar síðari hrygningin átti sér stað og því kunna rauðátulirfurnar sem þá klöktust að hafa drepist úr hor. Í hlýja sjónum fyrir sunnan land vaxa á hinn bóginn upp tvær kynslóðir af rauðátu yfir sumarið (Ingvar Hallgrímsson 1954, Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1996). Þetta er í samræmi við rannsóknir á nálægum hafsvæðum, t.d. við Noreg, en þar er ein kynslóð rauðátu við Norður-Noreg en tvær eða jafnvel þrjár við Suður-Noreg (Wiborg 1954, Lie 1965). Eins og Hirche (1996) bendir á kunna bæði hiti og/eða fæða að ráða þessu.

Miklar sveiflur geta orðið milli ára í innflæði Atlantssjávar inn á norðurmið. Í heitum árum er innflæðið tiltölulega mikið, í köldum árum mun minna. Rannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar hafa leitt í ljós að þetta hefur mikil áhrif á vöxt og viðgang lífríkisins á svæðinu (Þórunn Þórðardóttir 1977, 1984, Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1983, Unnsteinn Stefánsson og Jakob Jakobsson 1989, Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson 1991, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1995). Talið er að langvarandi lagskipting í köldum árum leiði til þess að næringarefni í yfirborðslögum endurnýist treglega, sem aftur hafi í för með sér minni frumframleiðslu og þar með minni framleiðni svifdýra, sem eru háð frumframleiðni þörungasvifsins um fæðu. Á hinn bóginn er talið að aukið innflæði Atlantssjávar inn á Norðurmið í hlýjum árum leiði til aukinnar blöndunar og endurnýjunar næringarefna í yfirborðslögum, sem aftur leiði til þess að vaxtartímabil plöntusvifsins lengist. Þetta kann síðan að hafa jákvæð áhrif á framleiðni svifdýranna. Árið 1993 var tiltölulega hlýtt ár með miklu innflæði hlýs Atlantssjávar inn á norðurmið (Ónefndur 1993). Niðurstöður þeirrar rannsóknar sem hér er til umfjöllunar, benda til þess að þegar svo árar sé vaxtartímabil þörungum og átu um 5-6 mánuðir (3. mynd B og 4. mynd A,B).

Þakkir

Við viljum þakka áhöfnum rannsóknaskipanna Bjarna Sæmundssonar og Árna Friðrikssonar og fjölmörgum öðrum samstarfsmönnum á Hafrannsóknastofnuninni fyrir liðsinni þeirra við sýnatöku. Þá viljum við þakka Kristni Guðmundssyni fyrir að hafa veitt okkur leyfi til að nota blaðgrænu gögn frá Grímsey og Guðmundi S. Jónssyni, en hann teiknaði 1. mynd. Loks þökkum við Þór Ásgeirssyni, en hann greindi hluta ljósátusýnanna og Önnu Ingvarsdóttur fyrir að hafa greint öll önnur átusýni.

Heimildir

- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson, 1992. Zooplankton collected by sediment trap moored in deep water south of Iceland. *Sarsia* 77: 219-224.
- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson, 1995. Seasonal cycle of zooplankton southwest of Iceland. *J. Plankton Res.* 17: 1959-1976.
- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson, 1996. Seasonal development of *Calanus finmarchicus* along an inshore-offshore gradient southwest of Iceland. *Ophelia* 44: 71-84.
- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson, Hafsteinn Guðfinnsson, 1994. Phytoplankton, *Calanus finmarchicus*, and fish eggs southwest of Iceland. *ICES mar. Sci. Symp.* 198: 423-429.
- Hermann Einarsson, 1945. Euphausiacea I. Northern Atlantic species. *Dana Rep.* 27: 1-191.
- Hirche, H.-J., 1996. The reproductive biology of the marine copepod, *Calanus finmarchicus* - a review. *Ophelia* 44: 111-128.
- Hirche, H.-J., W. Hagern, N. Mumm, C. Richter, 1994. The Northeast Water Polynya, Greenland Sea. III. Meso- and macroplankton distribution and production of dominant herbivorous copepods during spring. *Polar Biol.*, 14: 491-503.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Capelin, *Mallotus villosus* (Müller) in the Iceland-Greenland-Jan Mayen area. *Rit Fiskideildar.* 13: 1-281.
- Ingvar Hallgrímsson, 1954. Noen bemerkninger om Faxaflóis hydrografi og zooplanktonbestand i 1948. Óbirt mag scient ritgerð, Háskólinn í Osló.

- Lie, U., 1965. Quantities of zooplankton and propagation of *Calanus finmarchicus* at permanent stations on the Norwegian coast and at Spitsbergen, 1959-1962. Fiskeridir. Skr. (Ser. Havunders.) 13: 5-19.
- Marshall, S.M., A.P. Orr, 1972. The biology of a marine copepod. Berlin, Springer Verlag, 195 s.
- Matthews, J.B.L., B.R. Heimdal, 1980. Pelagic productivity and food chains in fjord systems. Í: Freeland HJ, Farmer DM, Levings CD (ritstj.) Fjord oceanography. Plenum Press, New York, 377-398 s.
- Motoda, S., 1959. Devices of simple plankton apparatus. Mem Fac Fish. Hokkaido Univ. 7: 73-94.
- Ólafur S. Ástþórsson, 1990. Ecology of the euphausiids *Thysanoessa raschi*, *T. inermis* and *Meganyctiphanes norvegica* in Ísafjord-deep, northwest-Iceland. Mar. Biol. 107: 147-157.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, 1992. Investigations on the ecology of the zooplankton community in Ísafjord-deep, northwest Iceland. Sarsia 77: 225-236.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, 1995. Long-term changes in zooplankton biomass in Icelandic waters in spring. ICES J. mar. Sci. 52: 657-668.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, 1996. Food of capelin in the subarctic waters north of Iceland. ICES C.M./L:32: 1-15.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, 1997. Biology of euphausiids in the subarctic waters north of Iceland. Mar. Biol., í prentun.
- Ólafur S. Ástþórsson, Þorsteinn Sigurðsson, 1992. Um fæðu loðnu. Ægir 85: 176-179
- Ólafur S. Ástþórsson, Ingvar Hallgrímsson, Guðmundur S. Jónsson, 1983. Variations in zooplankton densities in Icelandic waters in spring during the years 1961-1982. Rit Fiskideildar. 7: 73-113.
- Ónefndur, 1993. Nýttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1992/93. Aflahorfur fiskveiðiárið 1993/94. Hafrannsóknastofnun Fjölrít 34: 1-154.
- Strickland, J.D.H., T.R. Parsons, 1968. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd Can. 167: 1-311.
- Unnsteinn Stefánson, Jón Ólafsson, 1991: Nutrients and fertility of Icelandic waters. Rit Fiskideildar. 7: 1-56.
- Unnsteinn Stefánsson, 1962. North Icelandic waters. Rit Fiskideildar. 3: 1-269.
- Unnsteinn Stefánsson, Jakob Jakobsson, 1989. Oceanographical variations in the Iceland Sea and their impact on biological conditions, a brief review. Í: Rey, L., Alexander, V. (ritstj.) Proceedings of the sixth conference of the Comité Arctique International, 13-15 May 1985. E.J. Brill, Leiden, 427-455 s.
- Unstad, K.M., K. Tande, 1991. Depth distribution of *Calanus finmarchicus* and *C. glacialis* in relation to environmental conditions in the Barents Sea. Polar Research 10: 409-420.
- Wiborg, K.F., 1954. Investigations on zooplankton in coastal and offshore waters off western and northwestern Norway. Fiskeridir. Skr. (Ser. Havunders.) 11: 246 s.
- Þorsteinn Sigurðsson, Ólafur S. Ástþórsson, 1991. Aspects of the feeding of capelin (*Mallotus villosus*) during autumn and early winter in waters north of Iceland. ICES C.M./H:49, 16 s.
- Þórunn Þórðardóttir, 1977. Primary production in North Icelandic waters in relation to recent climatic changes. Í: Dunbar, M.J. (ritstj.) Polar Oceans. Proceedings of the polar oceans conference held at McGill University, Montreal, May 1974. Arctic Institute of America, Canada, 655-665 s.
- Þórunn Þórðardóttir, 1984. Primary production north of Iceland in relation to water masses in May-June 1970-1980. ICES C.M./L:20, 17 s..
- Þórunn Þórðardóttir, 1995. Plöntusvif og frumframleiðni í sjónum við Ísland. Í: Stefánsson U. (ritstj.) Íslendingar, hafið og auðlindir þess. Vísindafélag Íslendinga, Reykjavík, 65-88 s.
- Øivind Kaasa, Kristinn Guðmundsson, 1994. Seasonal variations in the plankton community in Eyjafjörður, North Iceland. ICES C.M./L:24, 15 s.

Fæða loðnu í hafinu fyrir norðan Ísland

Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Í júlí og nóvember 1993 og í júní 1994 var safnað gögnum til rannsókna á fæðu og fæðuvæðingum loðnu fyrir norðan Ísland. Alls voru skoðaðir 716 magar úr loðnu á stærðarbilinu 2,1-20,0 cm. Af þeim reyndust 575 eða 80% vera með einhverja fæðu. Tómir magar voru algengastir meðal smæstu loðnunnar og mun algengari að vetri en sumri. Meltingarstig fæðunnar og meðalmagainnihald á mismunandi tímum sólarhringsins bendir til þess að loðnan éti aðallega á morgnana og svo síðdegis og fram á kvöld. Að meðaltali var þurrvigt fæðu í hverjum maga aðeins um 2 mg að vetrinum en um 78 mg um sumarið. Af greinanlegum fæðuhópum voru krabbaflær langalgengasta bráðin hjá loðnu í öllum lengdarflokkum, að meðaltali um 92-99% á sumrin og um 65-93% á veturna. Af krabbaflóm var rauðáta (*Calanus finmarchicus*) langalgengasta tegundin í mögunum, um 14-65% af greinanlegum krabbaflóm í júlí og um 19-85% í nóvember. Póláta (*C. hyperboreus*) var næst algengasta bráðin af krabbaflóm. Þegar fæðan var metin með tilliti til þyngdar minnkaði mikilvægi krabbaflóa nokkuð en vægi ljósátu og marflóa jókst, aðrir fæðuhópar skiptu hinsvegar ekki máli sem fæða. Í júlí voru krabbaflær frá 71-100% af þyngd fæðunnar en ljósáta frá 0-23% og í nóvember var fæðusamsetningin í stórum dráttum svipuð. Þegar fæðan var metin sem þurrvigt minnkaði vægi krabbaflóa með aukinni stærð loðnu en á hinn bóginn jókst mikilvægi ljósátu með aukinni stærð.

Inngangur

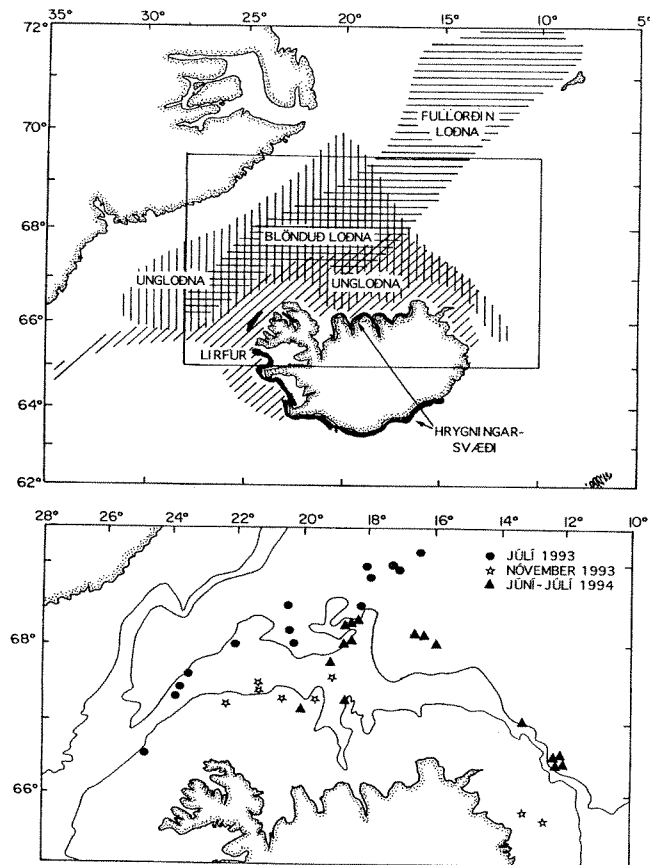
Loðnustofninn er einn mikilvægasti nytjastofn uppsjávarfiska í hafinu við Ísland (Hjálmar Vilhjálmsson 1983, 1994). Loðnan er einnig ein helsta fæða þorsksins á Íslandsmiðum (Kjartan Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1989) sem aftur er okkar mikilvægasti botnfiskastofn (Sigfús Schopka og Guðrún Marteinsdóttir 1994). Þá hafa breytingar í stofnstærð loðnustofnsins endurspeglast í vexti þorskstofnsins (Kjartan Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1989) sem sýnir vel mikilvægi loðnunnar í fæðutengslum á hafsvæðinu við Ísland. Veiðar á loðnu hófust seint á sjötta áratugnum og síðan hafa Íslendingar orðið vitni að miklum og stundum skyndilegum breytingum á stofnstærð loðnunnar frá einu ári til annars. Þessar sveiflur eru án efa að einhverju leyti tengdar veiðunum en umhverfis- og ætisskilyrði skipta eflaust miklu máli líka (Hjálmar Vilhjálmsson 1983, 1994). Fæða og fæðuhættir loðnu hafa lítið verið rannsakaðir hér við land. Bjarni Sæmundsson (1926) nefndi fyrstur manna nokkur fæðudýr loðnunnar án þess þó að um væri að ræða niðurstöður magnbundinna rannsókna. Á áttunda áratugnum rannsakaði Ólafur K. Pálsson (1973, 1974, 1977) fæðu loðnuseiða og á þeim níunda könnuðu Erlendur Jónsson og Eyjólfur Friðgeirsson (1986) fæðu loðnulirfa. Einu niðurstöðurnar sem til þessa hafa verið birtar um fæðu eldri loðnu við Ísland eru byggðar á 4. árs rannsóknaverkefni Þorsteins Sigurðssonar við Líffræðiskor Háskóla Íslands (Þorsteinn Sigurðsson og Ólafur S. Ástþórsson 1991, Ólafur S. Ástþórsson og Þorsteinn Sigurðsson 1992, Þorsteinn Sigurðsson 1992). Í þeirri athugun var sýnum hinsvegar einungis safnað að haust- og vetrarlagi. Vitneskja um fæðu og fæðuhætti loðnu í öðrum norðlægum vistkerfum er einnig af skornum skammti. Nokkrar athuganir eru þó til frá Barentshafi (Panassenko 1981, 1984, Panassenko og Nestrova 1983, Ellertsen o.fl. 1982, Ajiad og Pushaeva 1991, Huse og Toresen 1996) og einnig hafa fæðuhættir loðnu verið rannsakaðir við strendur Kanada (Vesin o.fl. 1981).

Í þessari grein er m.a. fjallað um fyrstu rannsóknir sem gerðar hafa verið á fæðu íslenska loðnustofnsins á aðalfæðutíma hans að sumarlagi. Þær eru hluti fjölstofnaverkefnis sem ber heitið „Fæðuvistfræði loðnu“ og er markmiðið að reyna að öðlast innsýn í það hvernig dreifing loðnu tengist umhverfisskilyrðum og fæðuframboði í tíma og rúmi. Vitneskja um þessi atriði er einmitt ein af forsendum þess að okkur takist að skilja ástæður breytinga á stofnstærð loðnunnar, vexti

hennar og kynþroska frá einu ári til annars, svo og hlutverki hennar í fæðutengslum á hafsvæðinu við landið.

Efniviður og aðferðir

Loðnan var veidd með Harstad flotvörpu á fæðuslóðinni fyrir norðan og norðaustan Ísland (aðallega milli 66° og 69° N, frá 12 til 26° V) í júlí og nóvember 1993 og í júní-júlí 1994 (1. mynd). Opnun vörpunnar var um 20 x 20 m og möskvastærðin í pokanum um 10 mm. Togtími á einstökum stöðvum var breytilegur frá nokkrum mínútum upp í eina klukkustund og togað var á ýmsum dýpum frá yfirborði og niður á um 200 m. Á hverri stöð var reynt að velja úr aflanum tilviljanakennt hlutsýni fimm fiska í tveggja cm lengdarflokka frá 2,1-20,0 cm. Þetta tókst þó ekki alltaf, aðallega vegna þessa að mismunandi aldursflokkar loðnu halda sig á ólíkum svæðum (1. mynd). Magarnir voru skornir úr loðnunni og síðan varðveittir í formalíni þar til úrvinnsla fór fram í rannsóknastofu í landi. Þar voru magarnir opnaðir og meltingarstig fæðunnar metið á kvarða frá 0 til 2 samkvæmt eftirfarandi skilgreiningum: 0, fæðan var nánast ómelt og fæðudýrin auðveldlega greinanleg til tegunda; 1, melting fæðunnar var hafin en hægt var hægt að greina hana til tegunda eða hópa; 2, fæðan var mjög melt og illmögulegt að greina til hvaða tegunda eða hópa hún heyrði.



1. mynd. Hrygningarstöðvar og útbreiðslusvæði lirfa, ungvíðis og fullorðinnar loðnu við Ísland (byggt á Hjámari Vilhjálmssyni 1983, 1994), svo og staðsetning togstöðva fyrir norðan Ísland þar sem loðnu var safnað til fæðurannsókna í júlí og nóvember 1993 og júní-júlí 1994.

Frekari úrvinnsla magasýnanna var ekki alveg sambærileg fyrir árin tvö. Þannig var innihald maganna frá 1993 greint undir smásjá eins og frekast var unnt, fæðudýr talin, og mæld votvigt fæðu af eftirfarandi fimm meginfæðuhópum: krabbaflóm, ljósátu, marflóm, öðrum hópum og ógreinanlegum leifum. Hinsvegar var úrvinnsla maganna frá 1994 mun einfaldari, og innihald þeirra þá einungis þurrkað í 24 stundir við 80° C og síðan vegið (þurrvigt). Til þess að gera þyngdarmælingarnar frá árunum tveimur sambærilegar var votvigtum frá 1993 breytt í þurrvigtir með því að nota stuðla frá Matthews og Heimdal (1980).

Niðurstöður

Í 1. töflu er yfirlit yfir efniviðinn sem rannsóknin byggist á bæði eftir leiðöngurum og lengdarflokkum. Alls voru skoðaðir 716 magar en af þeim voru 575 eða 80% með fæðu af einhverju tagi.

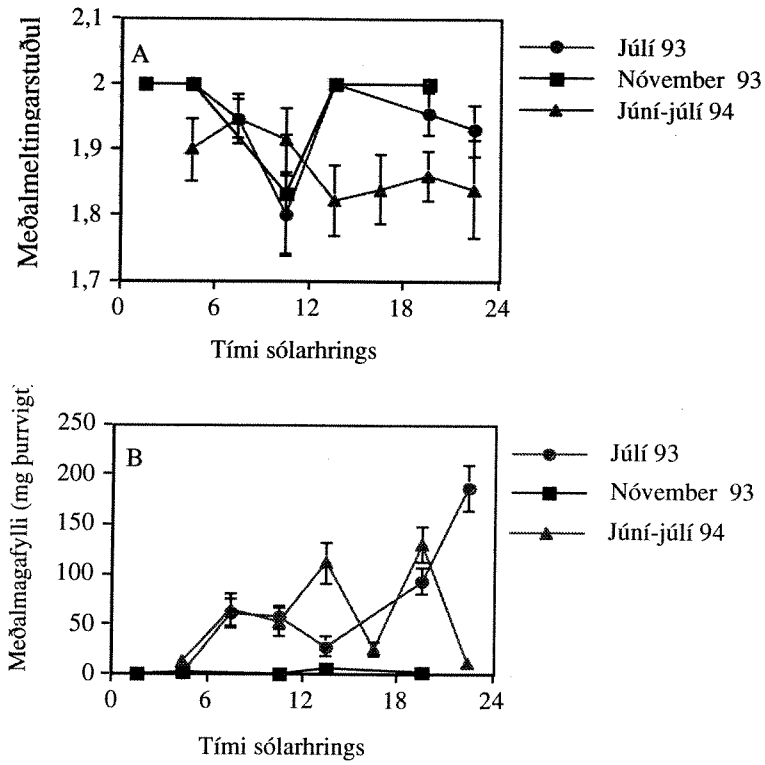
1.tafla. Yfirlit eftir lengdarflokkum (cm) yfir loðnu sem safnað var til fæðurannsókna í júlí 1993, nóvember 1993, og júní-júlí 1994. Einnig er sýndur fjöldi og hlutfall loðnu með fæðu.

	Söfnunartími	Lengdarflokkar								
		2.1-4	4.1-6	6.1-8	8.1-10	10.1-12	12.1-14	14.1-16	16.1-18	18.1-20
Fjöldi maga	júl 1993					5	70	70	65	4
Fjöldi með fæðu						2	64	65	60	4
%						40	91,4	92,9	92,3	100
Fjöldi maga	nóv 93	4	5	10	33	22	31	23	15	
Fjöldi með fæðu		0	0	0	13	12	18	8	5	
%		0	0	0	39,4	54,5	58,1	34,8	33,3	
Fjöldi maga	jún-júl 94		2	90	17	20	70	70	70	20
Fjöldi með fæðu			1	57	16	20	70	70	70	20
%			50	63,3	94,1	100	100	100	100	100

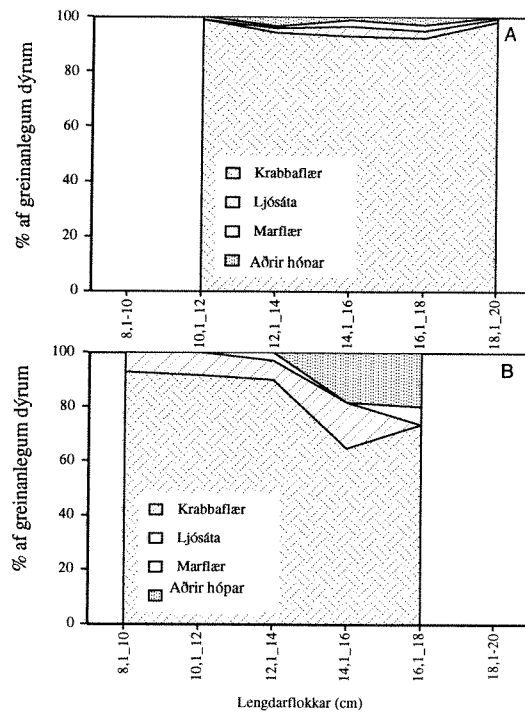
Mikill munur var milli árstíða á hlutfalli loðnu með fæðu í maga. Um sumarið (júní, júlí) voru að meðaltali um 90% loðnunnar með einhverja fæðu, en að vetrinum (nóvember) voru einungis um 39% með fæðu. Að vetri til voru tómir magar sérstaklega áberandi meðal smærri lengdarflokkanna þ.e. 2,1-10,0 cm loðnu.

Meltingarstig fæðunnar eftir tíma dags í leiðöngurum þremur (júlí 1993, nóvember 1993 og júní-júlí 1994) er sýnt á 2. mynd A. Því hærri sem stuðullinn er þeim mun meira melt er fæðan. Í júlí 1993 kom fram eitt lágmark frá um kl. 8-12 að morgni og annað, ekki eins áberandi, um kl. 20-24 að kvöldi. Í júní-júlí 1994 var meltingarstuðullinn lægstur um hádegið, (um kl. 12-15), síðan hækkaði hann líttillega síðdegis en lækkaði svo aftur er leið á kvöldið (um kl. 22-24). Í nóvember var meltingarstuðullinn lægstur frá því um kl. 8-12, en gögn vantar hinsvegar frá síðari hluta kvölds og fyrri hluta nætur.

Breytingar á fæðumagni hjá loðnunni yfir sólarhringinn eru sýndar á 2. mynd B. Í júlí 1993 var loðnan með mest af fæðu á morgnana (um kl. 6-12) og svo aftur síðdegis og á kvöldin (um kl. 18-24). Á sama hátt virtust vera tvö hámarks í magainnihaldi í júní-júlí 1994, annað á morgnana og fram yfir hádegi (um kl. 6-15) og hitt fyrri hluta kvölds (um kl. 18-21). Í nóvember var mjög lítið af fæðu og vart merkjanleg breyting yfir sólarhringinn. Að meðaltali var magainnihaldið 83,8 mg (þurrvigt) í júlí 1993, 72,0 mg í júní-júlí 1994 og aðeins 2,1 mg í nóvember 1993

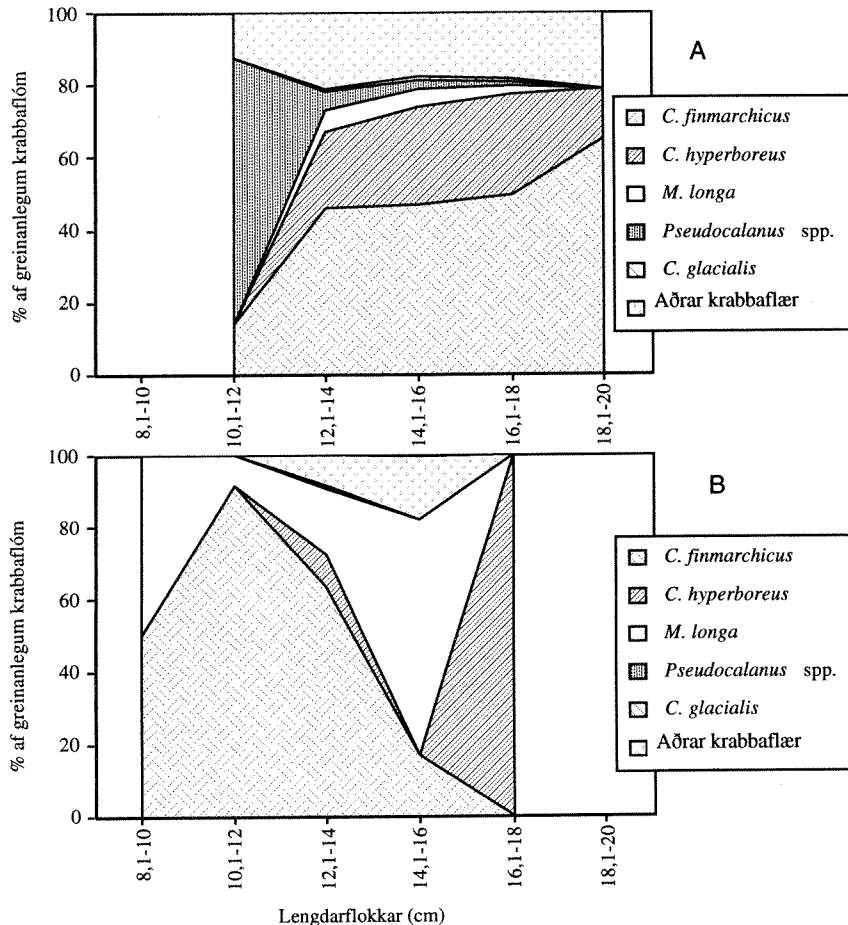


2. mynd. Meðal meltingarstuðlar (kvarði 0-2, sjá Efniviður og aðferðir) fæðu í mögum loðnu eftir tíma sólarhrings (A) og meðal magainnihald loðnu (mg þurrvigti) eftir tíma sólarhrings (B) í júlí og nóvember 1993 og júní-júlí 1994.



3. mynd. Fæða loðnu (hlutfallslegur fjöldi) fyrir norðan Ísland í júlí (A) og nóvember (B) 1993.

Með öðrum orðum var fæðumagnið um 35-40 sinnum meira að sumri en vetri og gefur það vel til kynna mikilvægi sumartímans fyrir fæðunám loðnunnar. Samanburður á breytingum á meltingarstuðlum og fæðumagni yfir sólarhringinn (myndir 2A og 2B) sýna að í stórum dráttum fara saman að morgni, lágur meltingarstuðull og aukið magn fæðu í mögunum og á sama hátt aftur að kvöldi, lækkan meltingarstuðuls og aukning á fæðu í maga. Þetta bendir til þess að loðnan éti aðallega á morgnana og kvöldin.



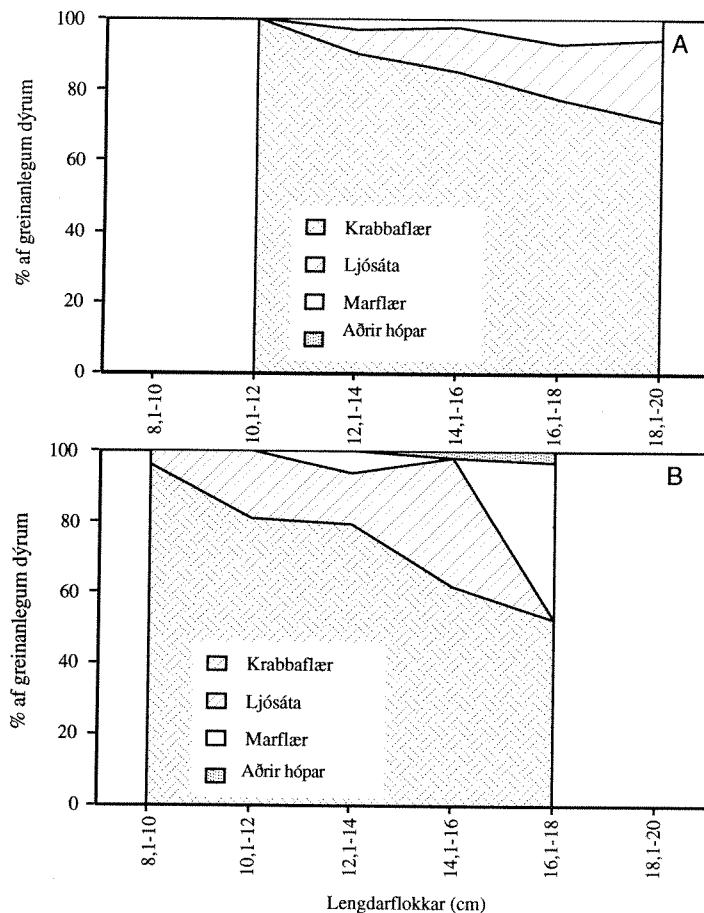
4. mynd. Krabbaflær í mögum loðnu (hlutfallslegur fjöldi) fyrir norðan Ísland í júlí (A) og nóvember (B) 1993.

Hlutfallsleg samsetning fæðunnar eftir stærð loðnu í júlí og í nóvember 1993 er sýnd á 3. mynd A og B. Fæðan er flokkuð í 4 hópa: krabbaflær, ljósáta, marflær og „aðrir hópar“. Krabbaflær ríkjá í öllum lengdarflokkum bæði að sumri og vetri, frá 92-99% í júlí og 65-93% í nóvember. Í júlí var hlutfall annarra hópa en krabbaflóa yfirleitt nokkuð jafnt eða um 2%. Í nóvember var ljósáta annar algengasti hópurinn í öllum lengdarflokkum (7-17%) nema þeim stærsta þar sem engin loðna hafði étið ljósátu. Þá tilheyrðu í nóvember um 20% af fæðu tveggja stærstu lengdarflokkanna svokölluðum „öðrum hópum“. Vert er að vekja athygli á því að í nóvember voru einungis fáeinir loðnur úr stærstu lengdarflokkunum með fæðu (5-8 loðnur í lengdarflokkum 14,1-18,0 cm, 1. tafla) og mjög lítið af fæðu í hverri og því verður að taka niðurstöðunum um stærstu loðnuna með nokkrum fyrirvara.

Af 3. mynd má ráða að krabbaflær voru aðalfæða loðnunnar og 4. mynd sýnir hvaða tegundir krabbaflóa voru étnar. Bæði í júlí og nóvember var rauðáta eða *Calanus finmarchicus*

yfirleitt algengasta krabbaflóin og sýnir það ljóslega lykilhlutverk hennar í vistkerfinu á Íslandsmiðum og reyndar er svo háttáð í öllu Norður-Atlantshafi. Hlutfall rauðátu var breytilegt eftir lengd loðnunnar, 14-65% af krabbaflóm í júlí og 0-92% í nóvember, en þá fannst hún ekki í stærstu loðnunni. Í júlí var póláta, *C. hyperboreus*, yfirleitt önnur algengasta krabbaflóin. Hún fannst ekki í smæstu loðnunni en í stærri loðnu var hún frá um 14-28% greinanlegra krabbaflóa. Í nóvember fannst póláta einungis í stærstu loðnunni en þá var hinsvegar tegundin *Metridia longa* nokkuð algeng (0-66%). Mest var af *M. longa* í 14,1-16,0 cm loðnu en minnst í 16,1-18,0 cm loðnu. Aftur skal á það minnt að gögn frá nóvember eru nokkuð takmörkuð að því er varðar stærstu lengdarflokkana. Vert er og að vekja athygli á ættkvíslinni *Pseudocalanus* sem var algengust í mögum smæstu loðnunnar í júlí (um 74%). *Pseudocalanus* spp. er langminnst þeirra krabbaflóa sem algengastar voru í fæðu loðnunnar og má ætla að hún geti verið enn mikilvægari fæða fyrir smærri loðnu en þá sem skoðuð var. Hópurinn „aðrar krabbaflær” var yfirleitt um 20% af heildarfjölda krabbaflóa í júlí, en í nóvember voru tegundir sem honum tilheyrðu ekki eins algengar. Í júlí voru „aðrar krabbaflær” aðallega af tegundunum *Euchaeta norvegica*, *E. glacialis* og *Temora longicornis*, en í nóvember ættkvíslin *Paracalanus*.

Ljósátan sem loðnan át tilheyrði tegundunum *Thysanoessa inermis* (augnsíli) og *T. longicaudata* (kríli) og af þeim var augnsílið mun algengara (57%). Einnig fundust tvær tegundir sviflægra marflóa (*Parathemisto libellula* og *P. gaudichaudi*) í loðnumögum og var sú fyrrnefnda mun algengari (78%).



5. mynd. Fæða loðnu (hlutfallsleg þyngd) fyrir norðan Ísland í júlí (A) og nóvember (B) 1993.

Vegna mismunandi stærðar fæðudýranna, t.d rauðátu sem er fullvaxin um 3-4 mm og ljósátu sem er fullvaxin um 25-30 mm, þá getur mat á fæðusamsetningu sem byggt er á fjölda (sbr. 3. mynd) gefið misvísandi mynd af mikilvægi hinna einstöku hópa eða tegunda bráðar. Til þess að kanna frekar hlutfallslegt mikilvægi einstakra hópa svifdýra í fæðu loðnunnar var samsetningin einnig skoðuð á grundvelli þyngdar. Niðurstaðan er sýnd á 5. mynd fyrir meginfæðuhópana, krabbaflær, ljósátu, marflær og „aðra hópa“. Líkt og þegar fæðan var skoðuð með tilliti til fjölda, voru krabbaflær einnig mikilvægasta fæðan þegar miðað var við þyngd. Mikilvægið var þó ekki alveg eins yfirgnæfandi hvað þyngdina varðaði. Í júlí voru krabbaflær nær 100% af þyngd fæðunnar hjá smæstu loðnunni en hlutfallið lækkaði síðan niður í um 71% hjá þeim stærstu (5. mynd A). Á hinn bóginn jókst mikilvægi ljósátu frá nær 0% hjá smæstu lengdarflokkinum í um 23% hjá þeim stærstu. Á sama hátt voru marflær aðeins óverulegur hluti fæðu smæstu loðnunnar en aftur á móti um 6% af fæðu þeirrar stærstu. Í nóvember var þyngdarsamsetning fæðunnar í stórum dráttum svipuð því sem var í júlí nema hvað marflær tóku stöðu ljósátu sem annar mikilvægasti fæðuhópurinn meðal stærstu loðnunnar (5. mynd B).

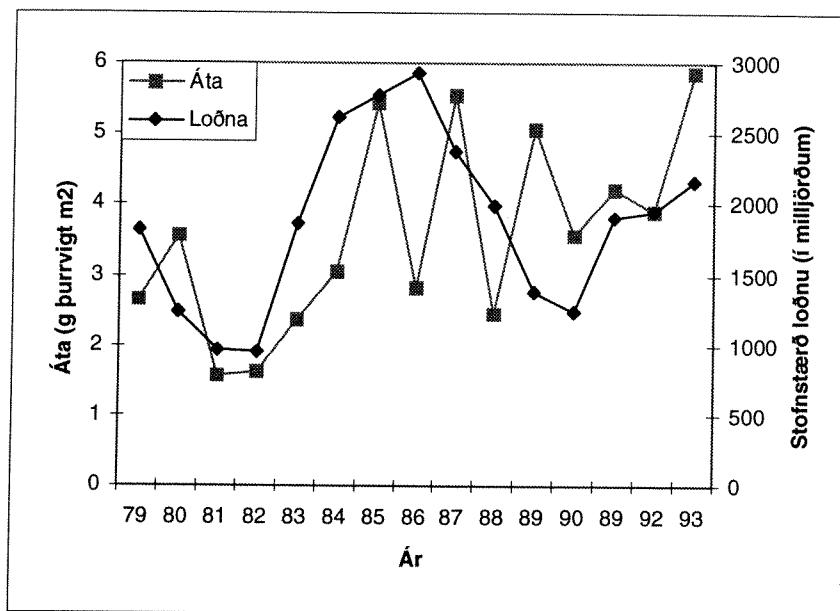
Umræða

Á fæðuslóð loðnunnar á hafsvæðinu fyrir norðan Ísland hefst voraukning dýrasvifs í lok apríl og nær hámarki í lok maí. Síðar um sumarið minnkar átan og í nóvember er komið vetrarástand með lítilli átu (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1996). Þessar árstíðabreytingar í átmagni endurspeglast í áti loðnunnar þar sem mun hærra hlutfall hennar var með fæðu í júní-júlí (um 91%) heldur en í nóvember (um 39%) (1. tafla) og mun meiri fæða var þá að meðaltali í hverjum maga (um 80 mg í júní-júlí og um 2 mg í nóvember. Niðurstöður Þorsteins Sigurðssonar og Ólafs S. Ástþórssonar (1991) sýndu einnig að hlutfall loðnu með tóma maga jókst eftir því sem leið á haustið sem bendir til þess að þá væri átið minna. Þannig var um 25% loðnunnar með tóma maga í ágúst en í desember hafði hlutfallið hækkað í um 82%. Vesin o.fl. (1981) greindu einnig frá því að í Lawrenceflóa á austurströnd Kanada éti loðnan mun minna á haustin en sumrin og eins virðist loðnan í Barentshafi ekki éta á tímabilinu frá nóvember til janúar (Winters 1970).

Á aðalfæðutíma loðnunnar að sumarlagi virtust vera tvö hámrök yfir sólarhringinn (2. mynd B). Árið 1993 var fyrra hámarkið á tímabilinu frá kl. 6-12 en árið 1994 frá kl. 6-15. Síðara hámarkið var síðan milli kl. 18-24 árið 1993 en frá kl. 18-21 árið 1994. Engum sýnum var safnað á hinni björtu íslensku sumarnótt, þ.e. frá miðnætti til kl. 3, en líkast til er dægursveiflan í átinu á sumrin lík því sem að ofan er lýst. Vesin o.fl. (1981) gátu einnig um hámrök í fæðuneyslu að morgni og kvöldi á tímabilinu frá maí til ágúst hjá loðnunni í Lawrenceflóa. Á tímabilinu frá október til nóvember virtist hámarkið í átinu hinsvegar aðeins vera eitt og þá um miðjan daginn. Breytingin frá tveimur hámrökum að sumri og yfir í eitt er nær dró hausti var talin tengd bæði lækkun sjávarhita og styttri degi. Panasenko (1981) og Ajiad og Pushaeva (1991) hafa birt niðurstöður þess efnis að í ágúst sýni loðnan í Barentshafinu aðeins eitt hámark í áti (kl. 16-23). Af framansögðu má ætla að meginfæðutími loðnunnar yfir sólarhringinn geti verið breytilegur eftir hafsvæðum og jafnvel innan sama svæðis eftir árstíðum. Hugsanlega er hér um að ræða svæðisbundinn mun í fæðuatferli aðgreindra stofna en einnig getur þessi munur tengst umhverfis- og átuskilyrðum í sjónum á hverjum tíma. Á þessu stigi er hinsvegar ekki hægt að skera úr um það.

Í júlí voru krabbaflær langmikilvægasta fæða allra lengdarflokka loðnu á hafsvæðinu fyrir norðan Ísland, bæði hvað varðaði fjölda (92-99%) og þyngd (71-100%) (3. og 5. mynd). Ljósáta var yfirleitt annar mikilvægasti fæðuhópurinn og hún var mun mikilvægari þegar fæðan var metin á grundvelli þyngdar (0-23%) en þegar miðað var við fjölda (0-4%). Sviflægar marflær voru síðan

yfirleitt þriðju í röðinni, bæði hvað varðaði fjölda (1-2%) og þyngd (0-7%). Samkvæmt rannsóknum Ástþórs Gíslasonar og Ólafs S. Ástþórssonar (1996) voru krabbaflær algengasti svifdýrahópurinn í hafinu fyrir norðan Ísland sumarið og haustið 1993 og virðist það í stórum dráttum endurspeglast í fæðu loðnunnar á þessum slóðum. Í júní og júlí 1993 voru slöngustjörnulirfur og pílormar (aðallega *Sagitta elegans*) áberandi hluti dýrasvifsins fyrir norðan Ísland en samt fundust þessir hópar mjög sjaldan í loðnumögnum. Ástæðan fyrir þessu er ekki ljós en hugsanlega gæti það verið vegna þess að þeir séu auðmeltari en krabbadýrin og þess vegna vanmetnir sem fæða. Þetta er þó einungis nefnt sem hugsanleg skýring og hún þarf ekki að vera rétt. Mikilvægari er sennilega sú staðreynd að upplýsingarnar um samsetningu dýrasvifsins (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1996) og magainnihald loðnunnar (þessi athugun) eru ekki frá sömu stöðvum og þess vegna er ef til vill ekki rétt að draga of miklar ályktanir um sjálft fæðuval loðnunnar af niðurstöðunum. Í þeirri rannsókn sem hér er fjallað um var reyndar safnað dýrasvifssýnum á sömu stöðvum og loðnumögnum. Þau sýni eru enn ekki fullunnin en að þeirri úrvinnslu lokinni ætti hinsvegar að gefast tækifæri til ítarlegri samanburðar á fæðuvali loðnunnar með hliðsjón af fæðuframboði í sjónum.



6. mynd. Átumagn að vorlagi á norðurmiðum og stærð loðnustofnsins á árunum 1979-1993.

Í stórum dráttum eru niðurstöður okkar um fæðu loðnunnar á hafsvæðinu fyrir norðan Ísland í samræmi við það sem fundist hefur við svipaðar rannsóknir á öðrum hafsvæðum. Þannig voru krabbaflær langalgengasti fæðuhópur loðnu í Lawrenceflóa en ljósáta mikilvægust hvað varðaði þyngd (Vesin o.fl. 1981). Í Barentshafinu voru krabbaflær og ljósáta einnig mikilvægustu fæðuhóparnir (Ellertsen o.fl. 1982, Hassel o.fl. 1991, Huse og Toresen 1996). Líkt og kom í ljós í okkar rannsóknum hafa fyrri rannsóknir, bæði við Ísland (Þorsteinn Sigurðsson og Ólafur S. Ástþórsson 1991, Ólafur S. Ástþórsson og Þorsteinn Sigurðsson 1992, Þorsteinn Sigurðsson 1992) og á öðrum norðlægum hafsvæðum (Panasenkov 1984, Vesin o.fl. 1981), einnig sýnt þá breytingu sem verður á fæðu loðnunnar er hún stækkar þ.e. mikilvægi ljósátu eykst en vægi krabbaflóa minnkar. Þrátt fyrir að hér að framan hafi verið bent á að fæða loðnunnar við Ísland sé í stórum dráttum eins og á öðrum hafsvæðum, er einnig ljóst að nokkur munur er á niðurstöðunum. Þennan mun er hinsvegar erfitt að skýra eða ræða nánar þar sem í flestum rannsóknum vantar

upplýsingar um samsetningu átunnar á sama tíma og fæðan var rannsökuð, en þær eru forsenda þess að hægt sé að bera ítarlega saman fæðuvistfræði loðnu milli hafsvæða.

Sviptingar í ástandi sjávar og á lægstu þrepum fæðukeðjunnar í sjónum hafa sagt til sín í ástandi nytjastofna og þar með komið við efnahag okkar Íslendinga. Talið er að fallið í átumagni fyrir norðan land í lok sjötta áratugarins hafi átt sinn þátt í breyttum göngum og síðan hruni norsk-íslenska síldarstofnsins er þá gekk á norðurmið í ætisleit (Jakob Jakobsson 1980). Frekari vísbendingar um nán tengsl dýrasvifs og nytjastofna koma í ljós þegar bornar eru saman breytingar á magni dýrasvifs að vorlagi fyrir norðan land og stofnstærð loðnunnar (6. mynd). Breytingarnar á loðnustofninum fylgja í stórum dráttum breytingum á átumagni og gæti það hugsanlega bent til þess að átan á norðurmiðum takmarki að einhverju leyti stofnstærð loðnunnar. Af þessu má ljóst vera að samhliða rannsóknum á stofnstærð og afrakstri nytjafiska er mikilvægt að rannsaka innbyrðis tengsl lífvera hafsins sem einmitt er eitt af markmiðum fjölstofnaáætlunar Hafrannsóknastofnunarinnar.

Þakkir

Við þökkum áhöfnum rannsóknaskipanna Árna Friðrikssonar og Bjarna Sæmundssonar og öðrum samstarfsmönnum á Hafrannsóknastofnuninni aðstoð við gagnasöfnun. Þá þökkum við sérstaklega Tómasi Gíslasyni og Önnu R. Böðvarsdóttur fyrir samvirkusamlega greiningu magasýnanna.

Heimildir

- Ajiad, A.M., T. Pushaeva, 1991. The daily feeding dynamics in various length groups of the Barents Sea capelin during the feeding period. ICES C.M. 1991/H: 16, 15 s.
- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson, 1996. Seasonal variations in biomass, abundance and composition of zooplankton north of Iceland. ICES C.M. 1996/L: 26, 14 s.
- Bjarni Sæmundsson, 1926. Íslensk dýr I. Fiskarnir (Pisces Islandiae). Bókaverslun Sigfúsar Eymundssonar, Reykjavík. 583 s.
- Ellertsen, B., A. Hassel, H. Loeng, F. Rey, S. Tjelmeland, 1982. Ecological investigations in the marginal ice zone in the Barents Sea the summers 1979 and 1980. Fisken og Hav 3: 31-83.
- Erlendur Jónsson, Eyjólfur Friðgeirsson, 1986. Observations on the distribution and gut contents of fish larvae and environmental parameters, south-west of Iceland. ICES C.M. 1986/L: 36, 22 s.
- Hassel, A., H.R. Skjoldal, H. Gjosaeter, H. Loeng, L. Omli, 1991. Impact of grazing from capelin (*Mallotus villosus*) on zooplankton: a case study in the northern Barents Sea in August 1985. Polar Res. 10: 371-388.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1983. Biology, abundance estimates and management of the Icelandic stock of capelin. Rit Fiskideildar 7(3): 153-181.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Capelin, *Mallotus villosus* (Müller), in the Iceland-Greenland-Jan Mayen area. Rit Fiskideildar 13 (1): 1-281.
- Huse, G., R. Toresen, 1996. A comparative study of the feeding habits of herring (*Clupea harengus*, Clupidae, L) and capelin (*Mallotus villosus*, Osmeridae, Müller) in the Barents Sea. Sarsia 81: 143-153.
- Jakob Jakobsson, 1980. The north Icelandic herring fishery and environmental conditions 1960-1968. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 177: 460-465.
- Kjartan Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1989. Trophic ecological relationships of Icelandic cod. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 188: 206-224.
- Matthews, J.B.L., B.R. Heimdal, 1980. Pelagic productivity and production in fjord systems. Í: Freeland, H.J., D.M. Farmer, og C.N. Levings (ritstj.): Fjord Oceanography. Plenum Press N.Y., 337-398.
- Ólafur S. Ástþórsson, Þorsteinn Sigurðsson, 1992. Um fæðu loðnu. Ægir 85: 176-179.
- Ólafur K. Pálsson, 1973. Nahrungsuntersuchungen an den Jugendstadien (0-Gruppeneiniger Fischarten in isländischen Gewässern. Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung 23: 1-32.
- Ólafur K. Pálsson, 1974. Rannsóknir á fæðu fiskseiða við strendur Íslands. Náttúrufræðingurinn 44(1): 1-21.
- Ólafur K. Pálsson, 1977. Fæðuöflun fiskseiða við strendur Íslands. Hafrannsóknir 10: 11-17.
- Panasenko, L.D., 1981. Diurnal rhythms and rations of capelin feeding in the Barents Sea. ICES C.M. 1981/H: 26, 15 s.
- Panasenko, L.D., 1984. Feeding of the Barents Sea capelin. ICES C.M. 1984/H: 6, 12 s.

- Panasenko, L.D., V.N. Nesterova, 1983. Stomach fullness and condition factor of capelin under different food supply. ICES C.M. 1984/H: 24, 14 s.
- Sigfús A. Schopka, Guðrún Marteinsdóttir, 1994. Ástand og afrakstur nytjabotnfiska á Íslandsmiðum. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.): Íslendingar, hafið og auðlindir þess. Reykjavík, Vísindafélag Íslendinga, 107-129.
- Vesin, J.P., W.C. Leggett, K.W. Able 1981. Feeding ecology of capelin (*Mallotus villosus*) in the Estuary and Western Gulf of St. Lawrence and its multispecies implications. J. Fish. Res. Bd Can. 38: 257-267.
- Winters, G.H., 1970. Biological changes in coastal capelin from the over-wintering to the spawning condition. J. Fish. Res. Bd Can. 38: 257-267.
- Þorsteinn Sigurðsson, Ólafur S Ástþórsson, 1991. Aspects of the feeding of capelin (*Mallotus villosus*) during autumn and early winter in the waters north of Iceland. ICES C.M. 1991/H: 49, 16 s.

Fæða litla karfa (*Sebastes viviparus*, (Kröyer,1845)) í sjónum umhverfis Ísland

Klara Björg Jakobsdóttir

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Í þessari rannsókn var fæða litla karfa í sjónum við Ísland skoðuð og mikilvægi fæðuhópa metið. Á vegum fjölstofnaverkefnis fór fram sýnasöfnun á þremur tímabilum (mars, júlí og nóvember) árið 1992 en úrvinnsla gagnanna fór fram árið 1995. Af þeim 1261 mögum sem teknir voru með í þessa rannsókn, reyndust yfir 55% vera tómir. Var hlutfall þetta hærra í mars og nóvember en minna í júlí. Einnig var töluverðan mun að sjá milli lengdarflokka fisksins þar sem minni fiskar reyndust vera með með hærra hlutfall tómra maga en þeir stærri. Fæða litla karfa reyndist nær eingöngu sviflæg og voru fæðuhóparnir krabbaflær, ljósátur og sviflægar marflær mikilvægasta bráðin. Helstu tegundir reyndust vera krabbaflærnar *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus* og *Pareuchaeta norvegica*, ljósátan *Meganyctiphanes norvegica* og marflóin *Parathemisto gaudichaudi*. Þyngdarhutföll fæðuhópanna gátu verið breytileg í tíma og rúmi. Samsetning fæðu breyttist einnig með aukinni stærð fisks á þann hátt að stærri bráð (ljósáta og stærri tegundir krabbaflóa) varð meira ríkjandi í stærri lengdarflokkum litla karfa.

Inngangur

Ritgerð þessi byggir á rannsókn sem unnin var sem lokaverkefni við háskólann í Regensburg, Þýskalandi (Klara Jakobsdóttir 1995).

Rannsóknir á fæðu fiska eru ein leið til þess að öðlast vitneskju um lífshætti þeirra, þegar ekki er unnt að skoða þá í sínu náttúrulega umhverfi.

Slík vitneskja auðveldar síðan að gera sér í hugarlund það samhengi sem ríkir á milli tegunda í fæðukeðjunni og flæði lífmassa innan hennar.

Litli karfi (*Sebastes viviparus*, Kröyer 1845) tilheyrir ættinni Scorpenidae, en henni tilheyra 70 ættbálkar sem fyrirfinnast í öllum heimshöfum. Þrjár tegundir af ættbálkinum *Sebastes* eru algengar hér við land; Gullkarfi (*S. marinus*) og djúpkarfi (*S. mentella*) eru miklir nytjastofnar en litli karfi er ekki nýttur, m.a. vegna smæðar.

Litli karfi er útbreiddur í Norðaustur-Atlantshafi og finnst við Bretland, Færeyjar, A-Grænland og við Noregsstrendur. Hér við land er útbreiðsla hans aðallega takmörkuð við hlýja sjóinn frá SA-landi til NV-lands.

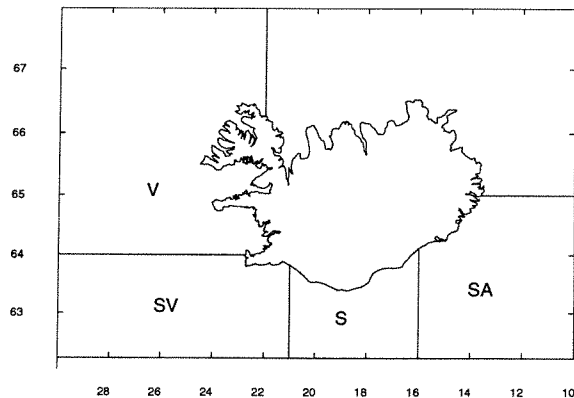
Litli karfi virðist halda sig á grynri sjó en gullkarfi en hann finnst þó allt niður að 500m dýpi og virðist þá einatt vera á svipuðum slóðum og gullkarfinn (Tempelman 1959).

Litli karfi er hægvoxta fiskur sem verður varla stærri en 35 cm og er vaxtarhraðinn talinn vera jafnvel ennþá minni en hjá gullkarfa eða djúpkarfa (Trout 1961, Kosswig 1974) og verður hann varla stærri en 35 cm. Eins og hjá öðrum karfategundum eru hængar litla karfa minni en hrygnur á sama aldri (Kosswig 1974). Litli karfi gýtur lifandi afkvæmum (*ovovivipar*) og fer eðlun fram síðsumars og/eða að hausti, þegar hængar eru kynþroska en hrygnurnar gjóta síðan næsta vor.

Í þessari rannsókn var fæða litla karfa greind og þyngd hennar ákvörðuð. Reynt var að meta mikilvægi mismunandi fæðuhópa og skoðað var hvort það tæki breytingum í tíma, rúmi eða með stærð fisksins. Vægi einstakra fæðuhópa var aðallega metið eftir tveimur þáttum. Í fyrsta lagi þyngdarhutföllum og í öðru lagi eftir svokölluðum magafyllistudli. Einnig eru tíðni og fjöldahlutföll metin og skoðuð.

Efni og aðferðir

Mögum úr litla karfa var safnað ásamt mögum af 44 öðrum tegundum í mars, júlí og nóvember 1992. Magasýni úr litla karfa fengust í lengdarflokkunum 7-9, 10-14, 15-19, 20-24, 25-29 og 30-39 cm. Í minnsta og stærsta lengdarflokknum var þó um lítinn fjölda sýna að ræða. Ætlunin var að hafa fimm maga í hverju sýni en það var sjaldnast raunin og aðeins 20% prósent sýnanna geta talist full sýni samkvæmt skilgreiningu. Notuð var ísóprópanóllausn til geymslu á innihaldi maganna og voru sýnin síðan unnin í landi 1995. Fæða var greind eins nákvæmlega og unnt var en síðan flokkuð í sex aðalfæðuhópa, til frekari samanburðar. Hóparnir voru; krabbaflær, ljósátur, sviflægar marflær, tífótakrabbar, botndýr og sunddýr.



1. mynd. Skipting söfnunarsvæðis í fjögur undirsvæði í sambandi við úrvinnslu gagnanna.

Tveir síðastnefndu hóparnir eru af vistfræðilegum toga og voru óskyldar tegundir flokkaðar saman. Sem dæmi má nefna að botnlægar marflær og burstaormar voru flokkaðar saman í fæðuhópin botndýr. Algengustu tegundir krabbaflóa í fæðunni voru metnar og bornar saman. Þegar fjöldi dýra í sýni var mikill var því skipt með Motoda-skiptara (Motoda 1959). Algengustu krabbaflærnar í fæðunni (*Calanus spp.* og *Pareuchaeta spp.*) voru greindar í fullorðin dýr og ungdýr.

Við úrvinnslu gagna var söfnunarsvæðinu skipt í fjóra hluta (1. mynd), fæðunám á hverju svæði var síðan metið og svæðin borin saman.

Fæðan reyndist vera mjög mismunandi að stærð og þyngd. Fjöldi dýra í tilteknum fæðuhópi, þyngdarhlutfall og tíðnihlutfall (Frequency of occurrence) var metið. Þar sem sýnin áttu að vera safnsýni (allt að 5 margar í einu sýni) þá var notuð líkindajafna til að segja til um hlutfallstíðni fæðu í einstökum maga (Gunnar Stefánsson og Ólafur K. Pálsson 1997):

$$p=1-(1-H)^{1/n}$$

Til að skoða hlutfall fæðuhópa og mikilvægi í næringu var notaður magafyllistudull (Partial Fullness Index) sem reiknast út frá lengd ránfisks (Lilly og Fleming 1981, Fahrig o.fl.1992, Pedersen og Riget 1992, 1993). Heildarstuðull (Total Fullness Index, TFI) er síðan summan af magafyllistudlum fæðuhópanna. Magafyllistudull var reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$PFI = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{W_{ij}}{L_j^3} \cdot 10^4$$

W_{ij} = Þyngd fæðuhóps i í fiski j

L_j = Meðallengd fiskis j

n = Fjöldi maga í sýninu I

Niðurstöður

Tómir magar

Af þeim 1261 mögum sem skoðaðir voru, reyndist rúmur helmingur vera tómur (55%). Talsverður munur var á sýnum á milli árstíma þar sem hlutfall tómrar maga var hátt að vori og hausti en minna að sumarlagi. Milli svæða var lítil munur á hlutfalli tómrar maga og tími dags virtist heldur ekki skipta máli, hins vegar virtist stærð ránfisks skipta máli, þar sem hlutfall tómrar maga í minnstu lengdarflokki var hærra en í þeim stærri (1. tafla).

1. tafla. Hlutfall tómrar maga af heildarfjölda, eftir árstíma, tíma dags og lengdarflokki.

	Árstími			Tími dags				Lengdarflokkar (cm)				
	mars	júlí	nóv	0-6	6-12	12-18	18-24	10-14	15-19	20-24	25-29	30-39
fjöldi maga	390	476	395	354	364	275	268	178	323	379	297	63
% m.fæðu	35,9	62,2	34,2	44,1	37,4	58,2	44,4	27,5	44,6	46,7	54,2	57,1
% tómir	64,1	37,8	65,8	55,9	62,6	41,8	55,6	72,5	55,4	53,3	45,8	42,9

Fæðusamsetning

Alls fundust um 50 mismunandi dýrategundir í mögum litla karfa. Margar þeirra komu þó sjaldan fyrir og til að auðvelda útreikninga var fæðunni skipt í sex meginhópa. Í heildina voru krabbaflær mest áberandi í fæðunni eða um 92% af fjölda (2. tafla). Þar voru krabbaflærnar *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus* og *Pareuchaeta norvegica* algengastar (3. tafla).

2. tafla. Þyngdar- og fjöldahlutföll fæðuhópa í mögum litla karfa. Alls var skoðaður 571 magi með fæðu.

	Heildarþyngd(g)	% þyngd	Heildar fjöldi	% fjöldi
Krabbaflær	149,58	40,0	61155	91,5
Ljósátur	134,12	35,9	1637	2,4
Svifl.marflær	33,30	8,9	3143	4,7
Tíftettir krabbar	31,25	8,4	58	0,1
Botndýr	8,90	2,4	300	0,4
Sunddýr	8,62	2,3	51	0,1
Annað	8,07	2,2	496	0,7
Samtals	373,84	100,0	66840	100,0

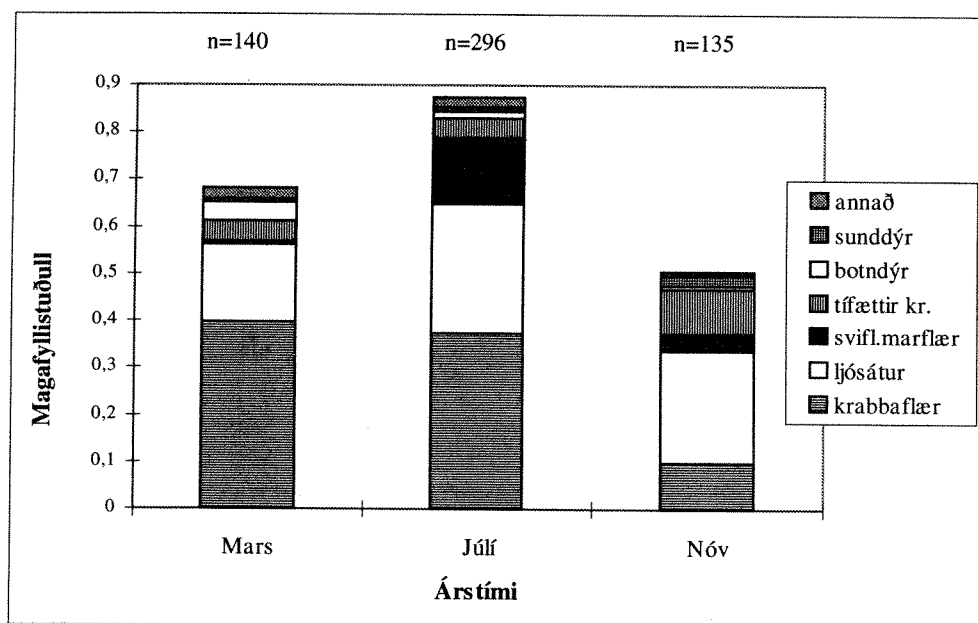
Ljósátur voru ekki nema um 2,5% af fjölda en um 36% af þyngd fæðunnar á meðan krabbaflær er um 40%. Algengasta tegund ljósátu var *Meganyctiphanes norvegica*, en stór hluti þeirra reyndist ógreinanlegur. Þótt að ljósátur séu frekar óalgengar í fæðunni í samanburði við krabbaflærnar verða þær að teljast mikilvægur hluti hennar þar sem þær eru mun stærri og þyngri en krabbaflærnar. Aðrir fæðuflokkar skipta minna máli nema ef til vill stað- eða tímabundið. Helst ber að nefna sviflægar marflær en þáttur þeirra í fæðunni varð stór í júlí á suður- og suðaustursvæði. Auk þyngdar- og fjöldahlutfalla voru tíðnihlutföll reiknuð og reyndust krabbaflær og ljósátur vera tíðasti hópurinn þ.e.a.s. virtust vera til staðar í fæðu langflestra fiskanna.

3. tafla. Fjöldahlutföll helstu tegunda í fæðu litla karfa.

Krabbaflær	Fjöldi	%	Ljósáta	Fjöldi	%	Svifl.marflær	Fjöldi	%
<i>Calanus spp.</i>	7896	12,9	<i>Euphausiacea</i> ógreind	890	54,4	<i>Hyperidea</i> ógreind	1184	37,7
<i>C. finmarchicus</i>	16103	26,3	<i>Meganctiphanes</i> <i>norvegica</i>	589	36,0	<i>Parathemisto spp.</i>	672	21,4
<i>C. hyperboreus</i>	3556	5,8	<i>Thysanoessa</i> <i>inermis</i>	77	4,7	<i>P. gaudichaudi</i>	1287	40,9
<i>Pareuchaeta spp.</i>	6306	10,3	<i>T. longicaudata</i>	81	4,9			
<i>P. norvegica</i>	17272	28,2						
Aðrar krabbaflær	10022	16,4						
Samtals	61155	100,0		1637	100,0		3143	100,0

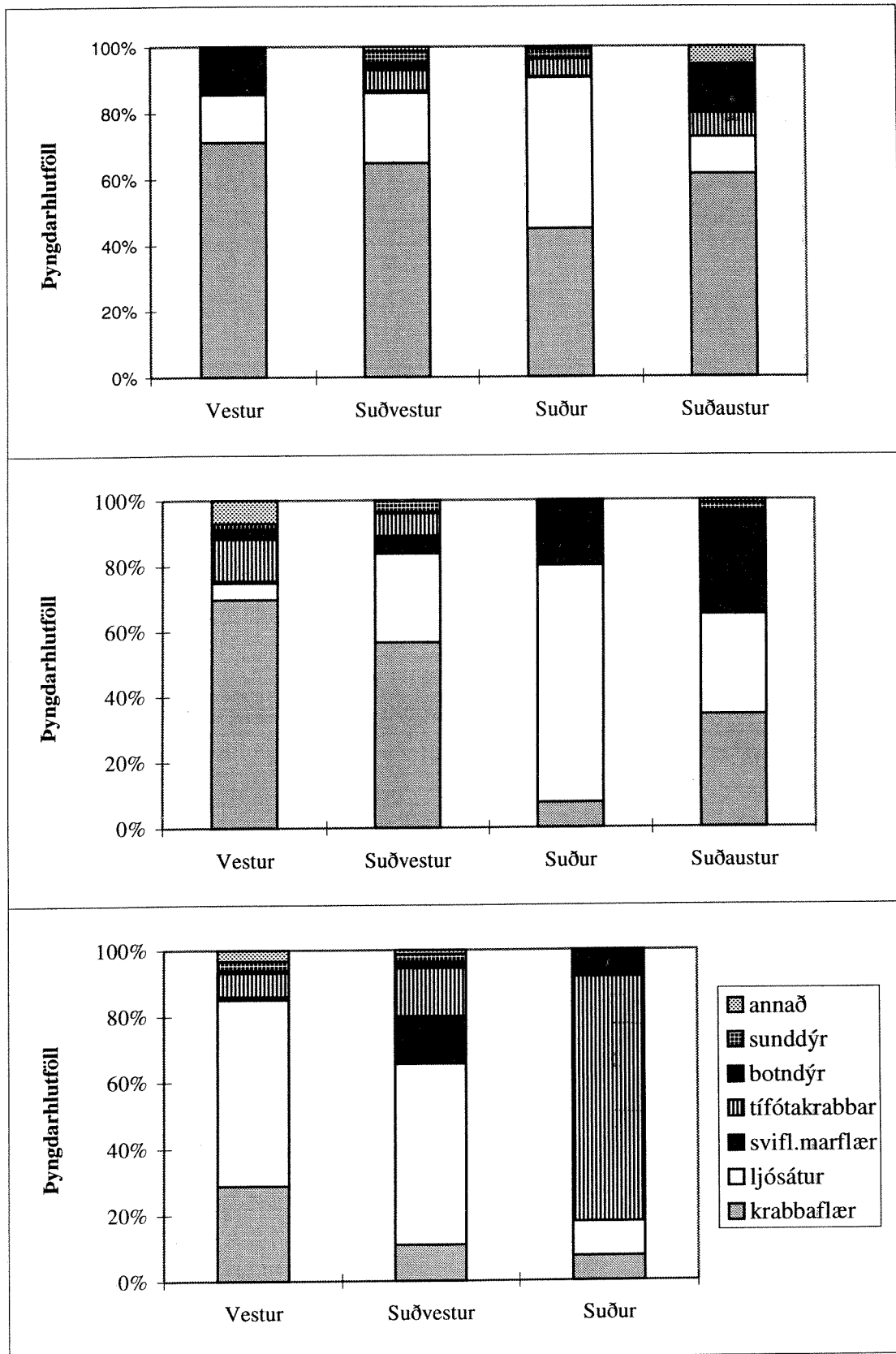
Fæðusamsetning eftir árstíma, tíma dags, svæðum og dýpi

Þegar þyngdarhlutföll og magafyllistuðlar voru skoðaðir þá var áberandi hversu vægi krabbaflóa fór minnkandi þegar líður á árið en vægi ljósátu hækkaði. Sviflægar marflær og tíftakrabbar höfðu töluvert vægi um haustið (hér var þó um tiltölulega fáa einstaklinga ræða). Á magafyllisstuðli mátti sjá (2. mynd) að át var í hámarki yfir sumarið og fór það saman við lágt hlutfall tómrá maga í fæðu.



2. mynd. Magafyllisstuðlar (PFI, TFI) litla karfa eftir árstíma.

Í heild má segja að krabbaflær séu mikilvægasta fæða litla karfa á öllum svæðum að vori. Þetta vægi helst fyrir vestan og suðvestan landið að sumri en ljósáta og sviflægar marflær eru stærsti þáttur fæðunnar fyrir sunnan og suðaustan að sumri. Vægi krabbaflóa var lítið að hausti. Að hausti var vægi ljósátu orðið hátt fyrir vestan og suðvestan en var lítið sem ekkert fyrir sunnan, hér varð vægi tíftakrabba áberandi. Gögn vantar fyrir suðaustursvæðið að hausti (mynd 3.A-C).

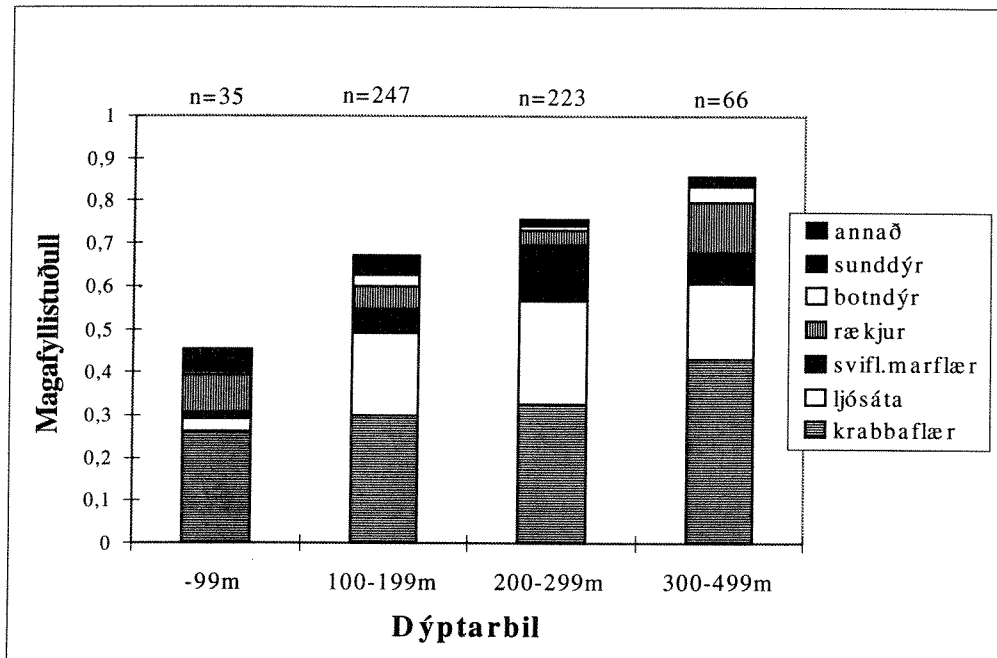


3. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuhópa í fæðu litla karfa, eftir svæðum í mars.

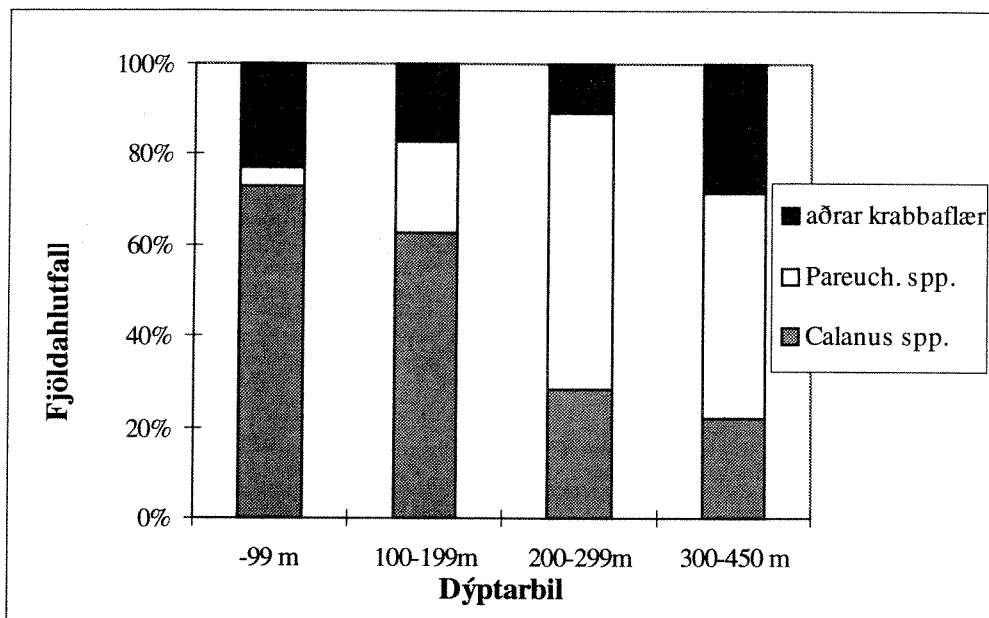
(A), júlí (B) og nóvember (C) 1992. (Gögn vantar fyrir SA-svæði í nóv.)

Gögnin voru skoðuð eftir tíma dags og var sólarhringnum skipt í 6 klst. tímabil. Álíka hlutfall fiska var frá einstökum tímabilum eða um 20-30% og voru hlutföll tómrá maga einnig frekar jöfn. Fjöldi dýra úr hverjum fæðuhópi reyndist einnig vera tiltölulega jafn yfir sólarhringinn. Hér voru þó sviflægar marflær undantekning, þar sem 80% þeirra reyndust vera í mögum fiska sem veiddust að næturlagi (frá miðnætti til sex að morgni).

Vægi krabbaflóa í fæðu litla karfa virðist breytast lítið eftir dýpi (4. mynd). Almennt má segja að magafyllistudull fór hækkandi eftir því sem dýpra dró. Samsetning krabbaflónna í fæðunni var einnig skoðuð eftir dýpi (5. mynd). Í ljós kom að vægi krabbaflóa af ættbálki *Calanus spp.* var hæst á grynri svæðunum en á þeim dýpri jókst hlutur krabbaflóa af ættbálkinum *Paraeuchaeta spp.* til muna.



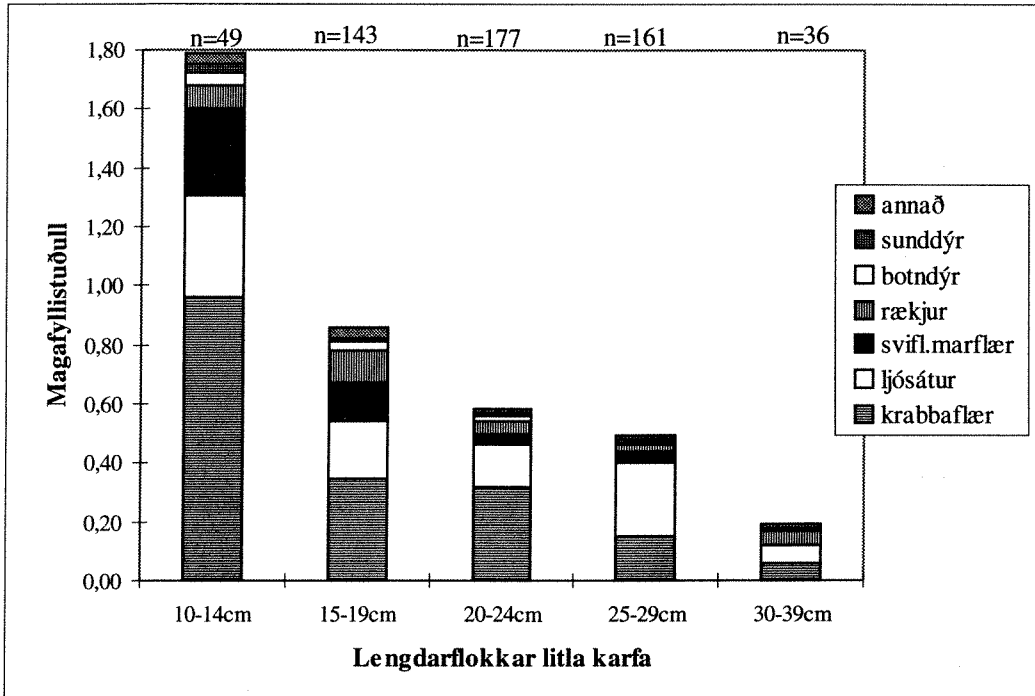
4. mynd. Magafyllistudlar (PFI,TFI) litla karfa, eftir dýpi.



5. mynd. Fjöldahlutfall helstu tegunda krabbaflóa í fæðu litla karfa, eftir dýpi.

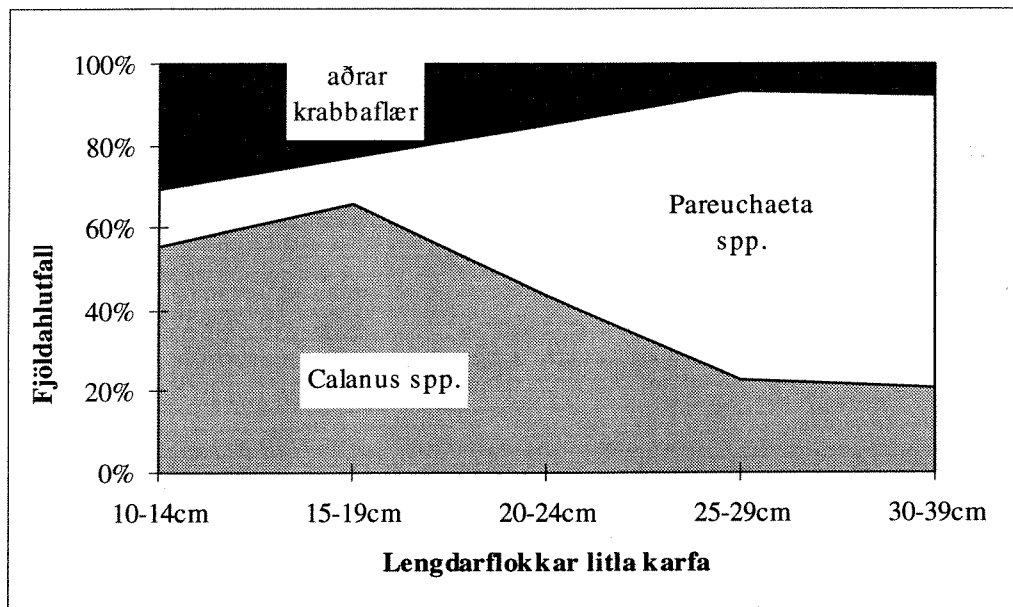
Fæðusamsetning eftir lengdarflokkum fisksins

Þyngdarhlutföll bráðar virtust benda til þess að stærri fiskar ætu stærri tegundir þ.e.a.s. hlutfall tíftakrabba og ljósátu jókst í stærri lengdarflokkunum. Magafyllistuðullinn breytist einnig mjög eftir lengdarflokkum (6. mynd).



6. mynd. Magafyllistuðlar (PFI, TFI) litla karfa eftir lengdarflokkum.

Tiltölulegir fáir margar fengust reyndar í minnsta og stærsta lengdarflokknum en tilhneigingin virðist þó vera sú, að heildarfæðumagnið (TFI) fer minnkandi með lengd fisksins. Tegundir krabbaflóa í fæðunni virðast einnig breytast með stærð fisksins (7. mynd). Þannig var hlutfall *Calanus spp.* hátt í minni lengdarflokkunum en hlutfall *Pareuchaeta spp.* jókst með aukinni stærð fisksins.



7. mynd. Fjöldahlutföll helstu tegunda krabbaflóa í fæðu litla karfa af mismunandi lengdarflokkum.

Meðalmagn fæðu

Meðalmagn fæðu í hverjum maga var mjög lágt og alls staðar undir einu grammi á maga (4. tafla). Meðalmagn fæðu fór örlítið minnkandi frá vori til hausts en það jókst með auknu dýpi (frá 0,39g á >100m upp í 0,86g á 300-450m dýpi). Meðalmagn fæðu í hverjum maga var mest á suðursvæði eða 0,99g. Eins og búast mátti við þá fór meðalmagn fæðu einnig hækkandi eftir stærð fisksins en engan veginn í hlutfalli við stærð hans eins og magafyllistudlarnir gefa til kynna.

4. tafla. Meðalmagn fæðu í hverjum maga eftir árstímum, svæðum og lengdarflokkum.

	Árstími			Svæði				Lengdarflokkur (cm)				
	mars	júlí	nóv	V	SV	S	SA	10-14	15-19	20-24	25-29	30-39
fjöldi maga	140	296	135	177	171	93	130	49	144	177	161	36
meðalmagn í maga (g)	0,69	0,66	0,61	0,54	0,68	0,99	0,54	0,31	0,42	0,61	0,96	0,80

Umræða

Mikilvægi bráðar byggist ekki eingöngu á hlutfalli þyngdar hennar í fæðunni, heldur er tíðni og fjöldi bráðar mikilvægir þættir sem einnig þarf að taka tillit til þegar mikilvægi er metið. Ýmsir stuðlar hafa verið notaðir til að setja þessa þætti í samhengi, en þeir henta illa til að lýsa fæðu litla karfa, þar sem þeir eru frekar nothæfir fyrir bráð, svipaða að stærð og þyngd. Þyngdarhlutföll gefa því hér í nokkrum tilvikum villandi mynd en þau henta þó best þessara þriggja þátta til að lýsa fæðunni og einnig er samanburðargildi þyngdarhlutfallanna mest.

Í heild má segja að fæða litla karfa hér við land sé nær eingöngu sviflæg þar sem krabbaflær, ljósátur og sviflægar marflær eru algengustu fæðuhóparnir. Þar sem fæða litla karfa er nær eingöngu sviflæg eru fæðuhættir hans sambærilegir við ýmsa uppsjávarfiska eins og síld, loðnu og kolmunna, þótt að hann veiðist hér nær eingöngu við botninn. Samanburður við fæðurannsóknir á öðrum karfategundum (sjá m.a. Ólafur K. Pálsson 1983, Pedersen og Riget 1992,1993) sýnir að fæðunám er mjög svipað hjá gullkarfa og jafnvel djúpkarfa/úthafskarfa.

Ætla má dægursveiflna í fæðunámi verði vart hjá litla karfa, þar sem uppsjávarfiskar fylgja oft lóðréttum dægurferðum bráðar. Þessara dægursveiflna verður vart á karfaveiðum, en eins og vitað er reynist mesta veiðin á gullkarfa í botnvörpu vera að morgni og yfir daginn, sem bendir til að hann leiti ofar í sjóinn á kvöldin og næturnar. Í þessari rannsókn var ekki mögulegt að meta slíkt, m.a. vegna þess að meltingarstig voru ekki metin. Það er þó forvitnilegt að skipting fæðuhópanna yfir sólarhringinn reyndist tiltölulega jöfn nema sviflægar marflær sem fundust í miklum meirihluta í mögum fiska sem veiddust að nóttu til.

Ljóst er að fæða litla karfa endurspeglar að nokkru lífsferil og útbreiðslumynstur algengustu krabbaflóa og ljósátu. Minnkandi vægi krabbaflóa í fæðu litla karfa þegar líða tekur á árið er áberandi. Þetta má rekja til lífsferils krabbaflóa að einhverju leyti, en þær leita upp úr djúpunum á vorin og hrygna, en í nóvember eru þær að mestu leyti horfnar aftur á dýpri slóðir til vetrardvalar. Við skoðun á þroska krabbaflónna mátti einnig sjá mun á milli árstíma, þar sem kynþroska dýr voru í miklum meirihluta að vori en ókynþroska dýr að sumri. Vægi ljósátu í fæðunni var einnig mikið eða svipað og hjá gullkarfa (Ólafur K. Pálsson 1983) en einnig fjölmörgum öðrum uppsjávartegundum (sjá m.a. Rayment 1983, Þorsteinn Sigurðsson og Ólafur S. Ástþórsson 1991). Hátt hlutfall *M. norvegica* á suður og suðvestursvæði ber saman við aðalútbreiðslusvæði hennar (m.a. Hermann Einarsson 1945, Mauchline and Fisher 1969, Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1995).

Almennt má segja að aðalfæðuöflunartímabilið sé yfir sumarið og að framboð á fæðu sé þá í hámarki. Hlutfall tómra maga verður að teljast óvenjuhátt og gæti það bent til þess að fæðuframboð sé oft mjög takmarkað, hvort sem það er vegna samkeppni á milli tegunda, innan

tegundar eða takmarkaðs framboðs á þeirri fæðu sem ákjósanleg væri. Greint hefur verið frá háu hlutfalli tómrar maga hjá karfategundum við Grænland (Jutta Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1988, Pedersen og Riget 1992,1993) og virðist það því vera algengt fyrirbrigði hjá þessum tegundum. Ef gengið er út frá því að magafyllistudull sé lýsandi fyrir framboði á fæðu þá má segja að lítið fæðuframboð endurspeglar í háu hlutfalli tómrar maga. Þetta samband er hins vegar flóknara og fleiri þættir eins og t.d. mismunandi meltingarhraði og tíðni fæðunáms eru hér veigamiklir, sem ekki var hægt að meta í þessari rannsókn. Hinn sérstaki kynþroskaferill litla karfa getur einnig haft hér áhrif. Hátt hlutfall tómrar maga var sérstaklega áberandi í mars og aftur í nóvember, en eins og kunnugt er hjá ýmsum öðrum fisktegundum þá hætta þeir áti á meðan hrygningu stendur. Það sama gæti verið hér uppi á teningnum. Eðlun stendur yfir að hausti og gæti hátt hlutfall tómrar maga í nóvember stafað af eðlun á þessu tímabili. Á vorin standa hrygnur í goti sem endurspeglar mögulega í því háa hlutfalli tómrar maga sem gögnin frá mars sýna.

Við samanburð á milli lengdarflokka fisksins gilda einnig aðrir þættir. Þar lækkaði hlutfall tómrar maga með stærð samfara því að magafyllistudull fór lökkandi. Þó má segja að samkvæmt magafyllistudli virðist fæðuframboð vera nægjanlegt hjá smæstu lengdarflokkunum en stærri fiskarnir virðast af einhverjum ástæðum ekki nýta sér það.

Ólafur K. Pálsson (1983) hefur rannsakað fæðu gullkarfa hér við land. Í stórum dráttum eru niðurstöðurnar þær sem hér birtast svipaðar fyrir sambærilega lengdarflokka litla karfa, þ.e.a.s. að sviflæg fæða er ríkjandi og ljósátur, *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus* og *Pareuchaeta spp.* virðast gegna lykilhlutverki í fæðu gullkarfa og litla karfa minni en 30 cm. Líkt og hjá litla karfa voru hlutföll þessara fæðuhópa hjá gullkarfa breytileg eftir árstíma, þ.e.a.s. vægi krabbaflóa minnkaði er leið á árið en vægi ljósátu jókst. Einnig jókst vægi ljósátu hjá stærri lengdarflokkum gullkarfa. Hins vegar jókst hlutfall fisks sem bráðar í fæðu gullkarfa stærri en 30 cm en þess konar aukningar varð ekki vart í fæðu litla karfa.

Í heild má þó segja að fæðuhættir gullkarfa og litla karfa af sambærilegri stærð virðast vera mjög líkir og því ekki ólíklegt að samkeppni um fæðu eigi sér stað á þeim svæðum þar sem útbreiðsla þessa skyldu tegunda skarast.

Heimildir

- Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson, 1995. Seasonal cycle of zooplankton southwest of Iceland. *Journal of Plankton Research*, 17 (10): 1959-1976.
- Fahrig, L., G.R. Lilly, D.S. Miller, 1993. Predator stomachs as sampling tools for prey distribution (Atlantic cod) (*Gadus morhua*) and capelin (*Mallotus villosus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 1541-1547.
- Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, 1997. Statistical evaluation and modelling of stomach contents of Icelandic cod (*Gadus morhua*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 169-181.
- Hermann Einarsson, 1945. Euphausiacea. I. Northern Atlantic Species. Dana Rep.. Kaupmannahöfn. 191s.
- Jutta Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1988. The feeding habits of cod and redfish in East Greenland waters with special emphasis on predation on juvenile redfish. ICES, Early Life History Symp., Paper no.72. 25 s.
- Klara Jakobsdóttir, 1995. Die Nahrung des Kleinen Rotbarsches (*Sebastes viviparus*, Kröyer) in den Gewässern um Island. Lokaverkefni við Háskólann í Regensburg, 54bls.
- Kosswig, K., 1974. Über Alter und Wachstum des Kleinen Rotbarsches, *Sebastes viviparus* in der Nordsee. *Ber. dtsh. Wiss. Komm. Meeresforschung*, 23(4): 400-402.
- Lilly, G.R., A.M. Fleming, 1981. Size relationships in predation by Atlantic cod *Gadus morhua*, on capelin *Mallotus villosus* and sand lance *Ammodytes dubius*, in the Newfoundland Area. *NAFO Sci. Coun. Studies*, no.1: 41-45.
- Mauchline, J., L. Fisher, 1969. The Biology of Euphausiids. *Adv. Mar. Biol.*, 7: 1-454.
- Motoda, S., 1959. Devices of simple plankton apparatus. *Memoirs of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University*, 7: 73-94.

- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar, 7 (1): 1-60.
- Pedersen, S.A., F.Riget, 1992. Feeding habits of redfish, *Sebastes spp.*, in West Greenland waters with special emphasis on predation on shrimp. ICES C.M. 1992/G: 24. 15 s.
- Pedersen, S.A., F.Riget, 1993. Feeding habits of redfish (*Sebastes spp.*) and Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in West Greenland waters. ICES J. mar. Sci., 50: 445-459.
- Raymont, J.E., 1983. Plankton and productivity in the oceans. 2nd Edition. Vol.2: Zooplankton. Pergamon Press. G.B., 824 s.
- Templeman W., 1959. Redfish distribution in the North Atlantic. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa, Bull.no. 120: 56-77.
- Trout, G.C., 1961. The Growth of immature *Sebastes viviparus* from the North Norwegian Coast. ICNAF Redfish Symp. Spec. Publ. No.3: 291-297.
- Þorsteinn Sigurðsson, Ólafur S. Ástþórsson, 1991. Aspects of feeding of capelin (*Mallotus villosus*) during autumn and early winter in the waters north of Iceland. ICES CM. 1991/H: 49, 16 s.

Fæða ufsa við Ísland

Sigurður Þór Jónsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Lýsing er gefin á fæðu ufsans, þar sem byggt er á gögnum um magainnihald sem var safnað í togararalli og fæðuleiðöngurum Hafrannsóknastofnunarinnar síðla vetrar (í mars), um sumarið og að haustlagi 1990-1992. Meginsöfnunin fór fram í mars og árið 1992 var flestum mögum safnað. Loðna var yfirgnæfandi í magainnihaldinu síðla vetrar og ljósáta alltaf áberandi. Næstir að vægi komu ýmsir fiskar, þ.e. sandsíli; þorskfiskarnir kolmurni, spærlingur og ýsa; og svo miðsjávarfiskar, aðallega geirsíli og laxsíld. Síld greindist einungis í fáeinum sýnum, en er mikilvæg í fæðu ufsa annars staðar og fjöldi munnlegra heimilda greinir frá síld í ufsamögum við Ísland. Önnur krabbadýr en ljósáta voru ekki eins mikilvæg, helst bar á rækjum og sviflægum marflóm. Af öðrum dýrahópum var smokkfiskur mikilvægastur. Breytileika í fæðu ufsans með stærð er lýst, bæði í þyngdarhlutföllum og tíðni nokkurra fæðuhópa. Stærð mikilvægustu bráðar ufsans, ljósátu og loðnu, var yfirleitt ekki mismunandi í mögum stórra og smárra ufsa. Undantekningar frá þessu tengdust mismunandi útbreiðslu stærðarhópa loðnu og ufsa. Merki um dægursveiflu í fæðunámi ufsans fundust í gögnum sem safnað var að vorlagi, magafyllistuduill var hæstur kvöld og morgna. Samanburður á loðnuáti þorsks og ufsa gaf til kynna að jafnstórir einstaklingar þessara þorskfiska hesthúsi að jafnaði álíka mikið af loðnu þar sem hún býðst. Mánaðarloðnuát ufsa vorið 1992 er áætlað 80 þúsund tonn. Taka verður niðurstöðum rannsóknarinnar með nokkrum fyrirvara, þar sem í ljósi hegðunar og hugsanlegra gangna ufsans er vart hægt að fullyrða að náðst hafi til alls stofnsins.

Inngangur

Rannsóknir á fæðu fiska í þeim tilgangi að varpa ljósi á stöðu þeirra í vistkerfi sjávar byrjuðu í umtalssverðum mæli á níunda ártugnum, fyrst í Norðursjónum en síðar einnig á öðrum hafsvæðum. Rannsóknir þessar voru gjarnan nokkuð viðamiklar og miðuðust jafnvel við að áætla heildarát fiskstofna á ársgrundvelli með aðaláherslu á afrán þeirra á öðrum nytjastofnum. Á síðari árum hafa fæðuvefsrannsóknir einkum beinst að ránfisknum þorski og samspili hans við mikilvægustu bráðir sínar (Mehl 1989, Bogstad og Gjøsæter 1994, Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1989, 1991, Gunnar Stefánsson o.fl. 1994, 1994a). Minni gaumur hefur verið gefinn öðrum ránfiskum. Ástæðan líklega sú að oft er affarasælast að rannsóknir beinist að afmörkuðum viðfangsefnum, áður en leitað er svara við of mörgum spurningum. Að auki eru bæði fjárráð hafrannsóknastofnana og afköst starfsmanna þeirra takmörkuð.

Á hinn bóginn verður að benda á það hér að í vistkerfum Norðaustur-Atlantshafsins (Ísland og Færeyjar; Barentshafið og strendur Noregs; Norðursjór og vesturströnd Skotlands) voru ufsi og þorskur nokkuð álíka í heildarlífsmassa fram að uppsveiflunni í stofnstærð Barentshafþorsks á síðustu árum (Anon. 1995, 1995b, 1996, 1996a). Fæða ufsa hefur ekki verið skoðuð hér við land að neinu marki með magnlægum, skipulegum hætti áður (sjá þó Ólafur K. Pálsson 1983). Áður höfðu ýmsir fræðimenn lýst fæðu ufsans á almennan hátt (t.d. Bjarni Sæmundsson 1926, Wagner 1959, Reinsch 1976), þ.e. með því að tíunda helstu tegundir sem fyrir komu í magainnihaldinu. Hafist var handa við að rannsaka fæðu ufsa við Ísland innan vébanda fjölstofnaverkefnisins árið 1992 en að auki hafði gögnum verið safnað 1990 og 1991. Verkefnið var unnið með námi höfundar og var lagt fram sem hluti af cand. scient. ritgerð við Háskólann í Bergen vorið 1996 (Sigurður Þ. Jónsson 1996). Er vonast til að rannsóknin komi að notum við skipulagningu frekari rannsókna á ufsanum, afskiptri tegund í hafrannsóknunum Íslendinga.

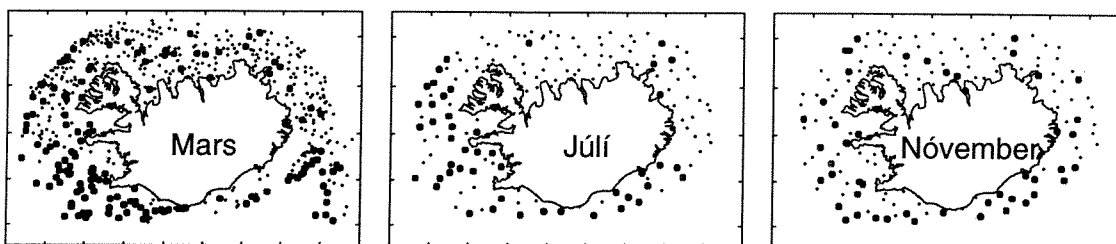
Þær niðurstöður ufsaverkefnisins sem verða kynntar hér eru:

- Einföld lýsing á fæðu ufsans við strendur Íslands.
- Könnun á breytileika í magainnihaldi milli ára og missera.
- Breytileiki í fæðuvali með stærð ræningja.
- Dægursveifla í áti ufsans á loðnu og ljósátu.
- Samanburður á loðnuáti ufsa og þorsks.
- Loðnuát ufsans í mars 1992 áætlað með einföldum aðferðum.

Efni og aðferðir

Söfnun magasýna

Sýnum var safnað með botnvörpu í leiðöngrum sem farnir voru á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar í mars, júní-júlí og nóvember 1990-1992. Leiðangrar í mars voru hið velþekktar togararall, þ.e. stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum (SMB) en sumar- og haustleiðangrar voru fæðusöfnunarferðir á rannsóknarskipum stofnunarinnar. Langmestu var safnað í mars og auk þess var flestum mögum safnað síðasta árið, sem var "ár magans" í fjölsöfnunarkerfni við Ísland. Stöðvanetið árið 1992 er sýnt á 1. mynd. Ekkert framhald hefur orðið á söfnun og greiningu innihalds ufsamaga hér við land eftir 1992. Heildarfjöldi maga sem safnað var er gefinn í 1. töflu.



1. mynd. Yfirlit söfnunar 1992. Ufsamagasýni voru tekin á stöðvum sem eru merktar með svörtum hring, aðrar stöðvar eru merktar með punkti.

1. tafla. Fjöldi ufsamaga eftir söfnunartímabilum.

Ár	Söfnunartímabil			Alls
	Mars	Júní og júlí	Nóvember	
1990	405	146	40	591
1991	278	174	76	528
1992	736	177	183	1096
Alls	1419	497	299	2215

Alls náðist því í 2215 maga en af þeim voru u.þ.b. 25% tómir. Söfnunin var meira og minna stöðluð sem hér segir: Allt að því 5 magar úr ufsum á fyrirfram ákveðnum lengdarbilum (aðallega 10 cm lengdarbil) voru teknir saman í sýni á stöð. Í togararalli voru tekin tvö sýni í lengdarflokki í hverjum tilkynningaskyldureit ef afli leyfði, en á nánast öllum stöðvum þar sem náðist í ufsa í sumar- og haustleiðöngrum. Sýnin voru varðveitt í blöndu af ísóprópýlalkóhóli og sjó í hlutföllunum 7 á móti 3.

Greining magainnihalds

Þegar í land var komið var magainnihaldið greint á rannsóknastofu. Sýnin voru skoluð í sigti undir rennandi vatni, vatnið látið renna af innihaldinu og það þerrað. Því næst var þekktanlegri bráð skipt í flokka og hver flokkur veginn og talinn. Fisk- og rækjubráð var

greind til tegundar þegar það var mögulegt og heillegir einstaklingar sem höfðu verið tegundargreindir voru lengdarmældir. Önnur bráð en fiskur og rækja var oft greind í hærri flokkunarfræðilegar einingar, s.s. ljósátu, svíflægar marflær, skrápdýr, svampa, lindýr eða flokka þeirra. Ýmsir greiningarlyklar og handbækur voru til aðstoðar við greiningarvinnuna (t.d. Gunnar Jónsson 1992, Pethon 1989, Härkönen 1986, Enckell 1980, Squires 1990, Barnes 1980). Magainnihaldi sem var safnað 1992 var að auki gefin meltingareinkunn; ómelt, lítið melt og mikið melt fæða var talin og vegin sérstaklega.

Meðhöndlun gagna og talna

Hópar bráðar

Eftir að gögnin höfðu verið skoðuð kom í ljós að fæða ufsans kom úr 4 meginhópum bráðar, þ.e. loðnu, ljósátu, öðrum fiskum og ýmsum hryggleysingjum. Tveimur þeim síðastnefndu var skipt í undirhópa, þar voru annað hvort skyldar tegundir settar undir einn hatt, t.d. þorskfiskar eða rækjur saman, eða þá “vistarband” látið ráða og t.d. miðsjávarfiskar, svíflægir eða botnlægir hryggleysingar hópaðir saman. Í myndum og töflum sem fylgja eru meginhóparnir, undirhópar eða tegundagreiningarnar notaðar eftir því sem þykir henta framsetningunni hverju sinni.

Meðalhutfyllistuduðull

Meðalhutfyllistuduðull (PFI, “partial fullness index”, sjá t.d. Lilly 1994, DeBlois og Rose 1996) var notaður í útreikningum að baki sumra þeirra mynda sem hér fara á eftir. Segja má að stuðullinn sé tilraun til að staðla magainnihald eftir lengd og er hann á vissan hátt sambærilegur við þyngd magainnihalds sem hlutfall af heildarþyngd (%BW, “body weight”). Til samanburðar við meðalmagainnihald var PFI valinna hópa bráðar reiknaður á tvo mismunandi vegu, annars vegar fyrir hverja stöð, og hins vegar fyrir hvert misseri. Meðalhutfyllistuduðull bráðar i var reiknaður samkvæmt eftirfarandi formúlu:

$$PFI_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^J \frac{w_{ij}}{L_j^3} \cdot 10^4$$

þar sem n táknar heildarfjölda maga í J sýnum (á sömu stöð eða safnað sama misserið), w_{ij} er þyngd bráðar i í sýni j og L_j er miðpunktur þess lengdarbils sem sýni j var safnað á.

Hve margir ræningjar höfðu étið ákveðna bráð?

Í hverju fæðusýni var innihald 1-5 ufsamaga. Yfirleitt var ekki hægt að fullyrða hversu margir ufsar í tilteknu sýni höfðu náð í ákveðna bráð og því var eftirfarandi aðferð notuð þegar skoðaður var breytileiki í tíðni bráðar í magainnihaldi með stærð ræningja: Lágmarks- og hámarksfjöldi ufsa sem hefðu getað haft tiltekna bráð í magainnihaldinu var fundinn út frá fjölda maga og einstaklingsfjölda bráða í sýni. Þegar breytileiki í tíðni bráðar var kannaður, var aðeins teknið tillit til þeirra stöðva sem viðkomandi bráð kom fyrir á (sjá 6. mynd).

Niðurstöður

Fæða ufsans almennt

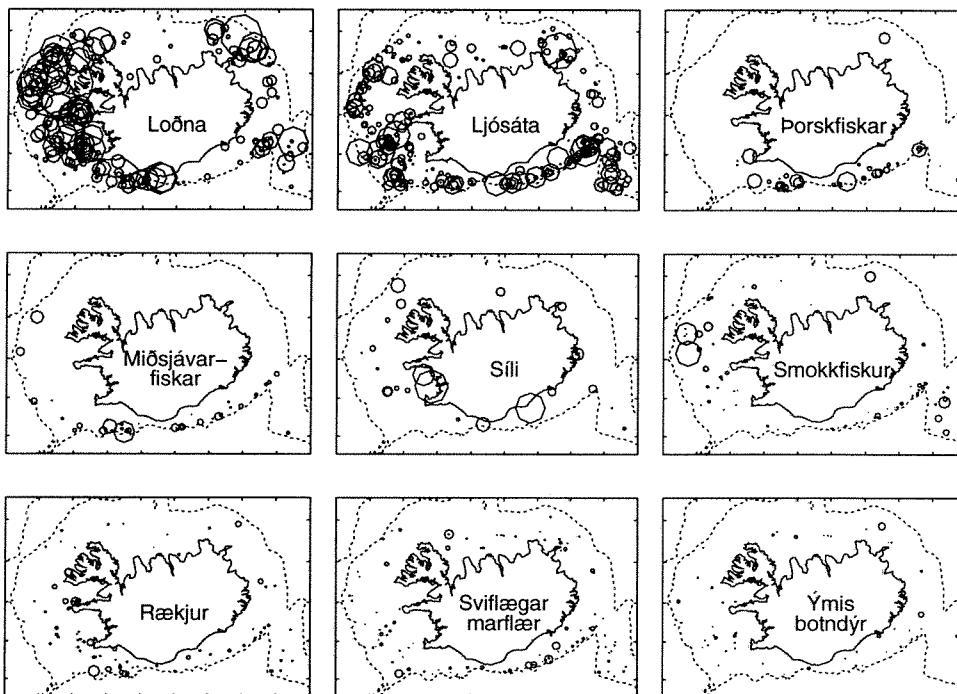
Samsetning magainnihalds, sem var flokkað sem fisk- eða krabbadýrabráð, er gefin í 2. töflu, þar sem gögn alls tímabilsins eru tekin saman. Fiskbráð reyndist vega næstum 70% af því magainnihaldi sem var greint en krabbadýr tæp 30%. Það sem á vantaði var önnur hryggleysingjabráð, langmest smokkfiskur, og óþekktanlegt magainnihald, samanlagt innan við 1% af þyngd. Í 2. töflu er með bráð sem vóg meira en 0.1% af heildarþyngd bráða úr hópi

2. tafla. Fisk- og krabbadýrabráð í magainnihaldi ufsa 1990-1992.

Fiskbráð		
Latínu/alþjóðaheiti	Íslenskt heiti	% (af þyngd)
<i>Mallotus villosus</i>	Loðna	79.1
Pisces	Aðrir og ógreindir fiskar	4.6
Ammodytidae	Síli	3.8
<i>Micromesistius poutassou</i>	Kolmunni	3.5
Paralepididae	Geirsíli	2.3
Myctophidae	Laxsíldir	1.9
<i>Sebastes</i> sp.	Karfi	1.6
<i>Trisopterus esmarki</i>	Spærlingur	1.5
<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Ýsa	0.8
<i>Clupea harengus</i>	Síld	0.7
<i>Maurolicus mülleri</i>	Norræna gulldepla	0.2
		Alls 100.0
Krabbadýrabráð		
Latínu/alþjóðaheiti	Íslenskt heiti	% (af þyngd)
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	Náttlampi	85.8
<i>Thysanoessa inermis</i>	Augnsíli	3.5
Euphausiacea	Ógreind ljósáta	3.4
Hyperidea	Sviflægar marflær	1.8
Crustacea	Önnur og ógreind krabbadýr	1.8
<i>Pandalus borealis</i>	Rækja (Stóri kampalampi)	1.2
<i>Sergestes arcticus</i>	Rækjutegund	0.6
<i>Thysanoessa raschii</i>	Agga	0.5
<i>Pasiphaea multidentata</i>	Glerrækja	0.5
Natantia	Ógreindar rækjur	0.4
<i>Pandalus montagui</i>	Litli kampalampi	0.3
Mysidacea	Agnir	0.2
		Alls 100.0

fiska eða krabbadýra. Aðrar fisktegundir sem komu fyrir voru lýsa, þorskur, gulllax, skrápflúra, Slóans gelgja, blágóma, trjónuáll, steinbítur og skötuselur. Úr flokki krabbadýra voru krabbaflær, botnlægar marflær, ýmsar smárækjur og loðni kuðungakrabbi léttvæg.

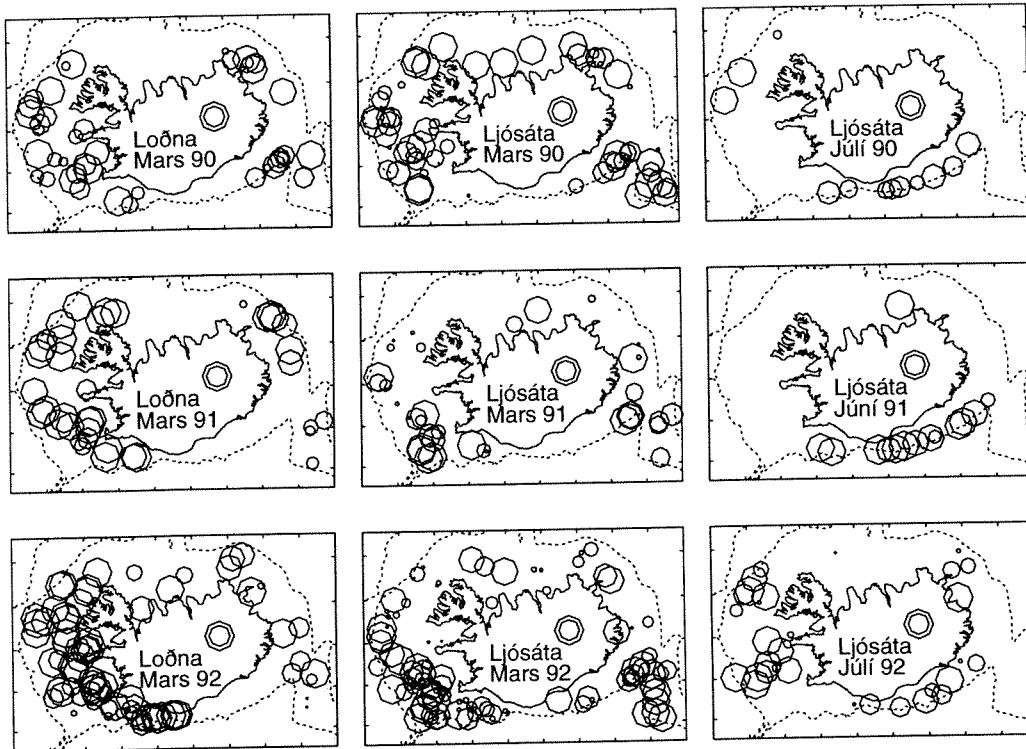
Dreifing meðalmagafyllistuduls (PFI) valinna hópa bráðar í kringum landið er sýnd á 2. mynd. Hér voru öll gögnin tekin saman og er teiknaður hringur fyrir hverja stöð sem



2. mynd. Dreifing PFI nýu fæðuhópa eftir stöðvum. Hringarnir eru allir á sama mælikvarða.

tiltekinn hópur fékkst á. Stærð hringanna er í réttu hlutfalli við kvaðratrótina af PFI, efra mark hringastærðar ákvarðast af hæsta gildi á PFI, en það var fyrir loðnu í mögum smárra ufsa á stöð fyrir Vestfjörðum í mars 1991. Myndin sýnir að bæði loðna og ljósáta eru útbreiddar fæðutegundir sem fundust gjarnan í talsverðu magni í mögum ufsans. Á 2. og 3. mynd kemur fram að ufsinn étur loðnu heldur nær landi en ljósátuna, þ.e. dýpisdreifingar loðnu- og ljósátustöðva voru frábrugðnar. Aðrir fæðuhópar voru ekki nærri því eins algengir, en þó sást talsvert mikil magafylli af fiskum öðrum en loðnu og af smokkfiski. Af dreifingarmyndunum má sjá að sviflægar marflær komu nær eingöngu fyrir í sýnum sem einnig var í ljósáta.

Áramunur og árstíðabreytingar

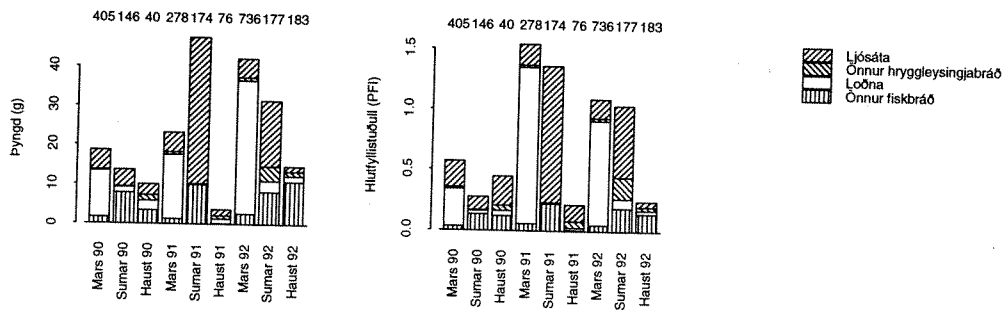


3. mynd. Meðalþyngdarhlutfall loðnu og ljósátu. Hringar á þurru landi sýna meðalhlutfall 1 (sá stærri) og meðalhlutfall 0.5 (sá minni).

Á 3. mynd eru sýndar dreifingarmyndir tegundanna, sem voru yfirgnæfandi í magainnihaldi ufsans, fyrir stök söfnunartímabil. Myndin sýnir meðalþyngdarhlutfall, \bar{p}_i , í magasýnum á stöð (i er annað hvort loðna eða ljósáta):

$$\bar{p}_i = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \frac{w_{ij}}{w_j},$$

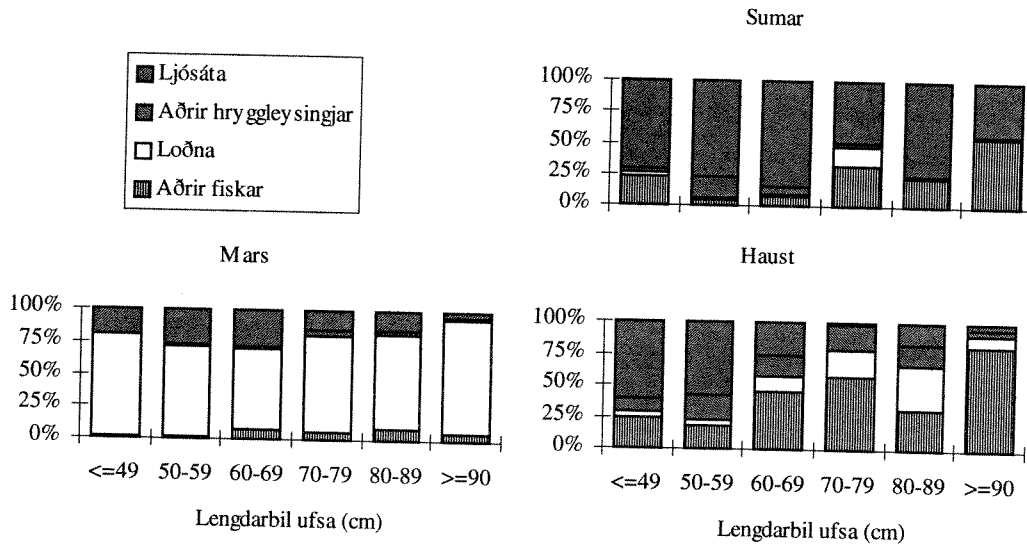
þar sem J er fjöldi sýna á stöð, w_{ij} er þyngd bráðar i í sýni j , sem hafði heildarþyngd w_j . Þvermál hringanna er aftur í réttu hlutfalli við kvaðratrót athugana. Sýnd er mynd af meðalhlutfalli loðnu að vorlagi, en ljósáta bæði vor og sumar 1990-1992. Sést vel að bæði loðna og ljósáta eru árviss hluti af fæðu ufsans og útbreiðslan áþekk þessu þrjú ár. Talsvert fleiri hringar eru á ljósátumynd síðasta sumarsins og stafar það af aukinni yfirferð í leiðöngurum ársins 1992.



4. mynd. Meðalmagainnihald og PFI meginhópa bráðar eftir árum og misserum. Fjöldi maga að baki hverri súlu er sýndur ofan myndirnar, en þær eru byggðar á sömu gögnum.

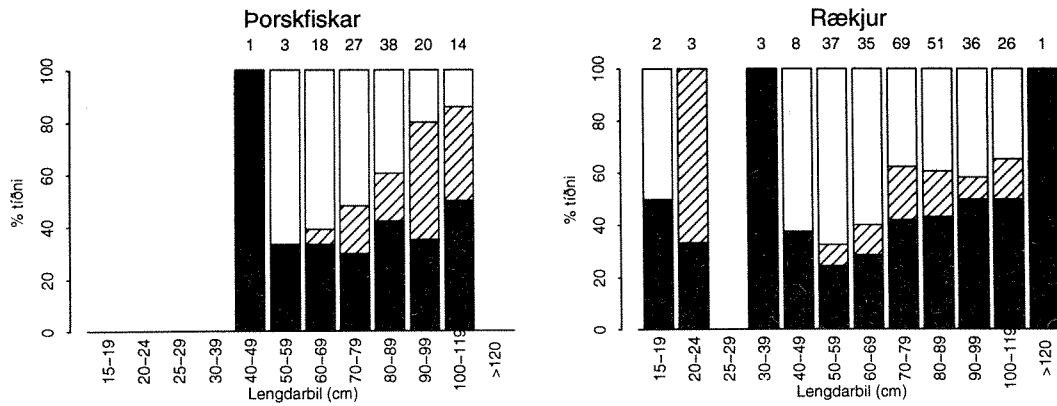
Breytileiki milli ára og missera í meðalmagni meginhópa bráðar í magainnihaldi ufsans er sýndur á 4. mynd. Til samanburðar er einnig sýndur PFI sömu hópa. Skýrt kemur fram að vor og sumar er þess að vænta að ufsinn sé í meira æti en að haustlagi. Þó verður að hafa í huga að um sumar og haust var söfnunin mun minni en í togararalli og meiri hætta á að ekki hafi náðst til mikilvægra hluta ufsastofnsins. Myndin sýnir óvirklegt að loðna og ljósáta eru uppistaðan í fæðu ufsans, en jafnframt sést að nokkur varúð er nauðsynleg í umgengni við gögn af þessu tagi. Í mars 1991 var meðalhlutfyllistubull loðnu óvenjuhár. Stór hluti skýringarinnar er mikið vægi einnar stöðvar fyrir Vestfjörðum þar sem fékkst smár ufsi með mikið af loðnu í maganum. Hins vegar var meðalloðnuinnihald í mars 1991 nokkuð minna en árið á eftir. Stærð loðnustofnsins og meðalloðnuinnihald (og meðalhlutfyllistubull, að undanskilinni þessari einu stöð) í mars 1990-1992 sýna fylgni sem verðskuldar e.t.v. frekari athugun.

Stærðarsambönd



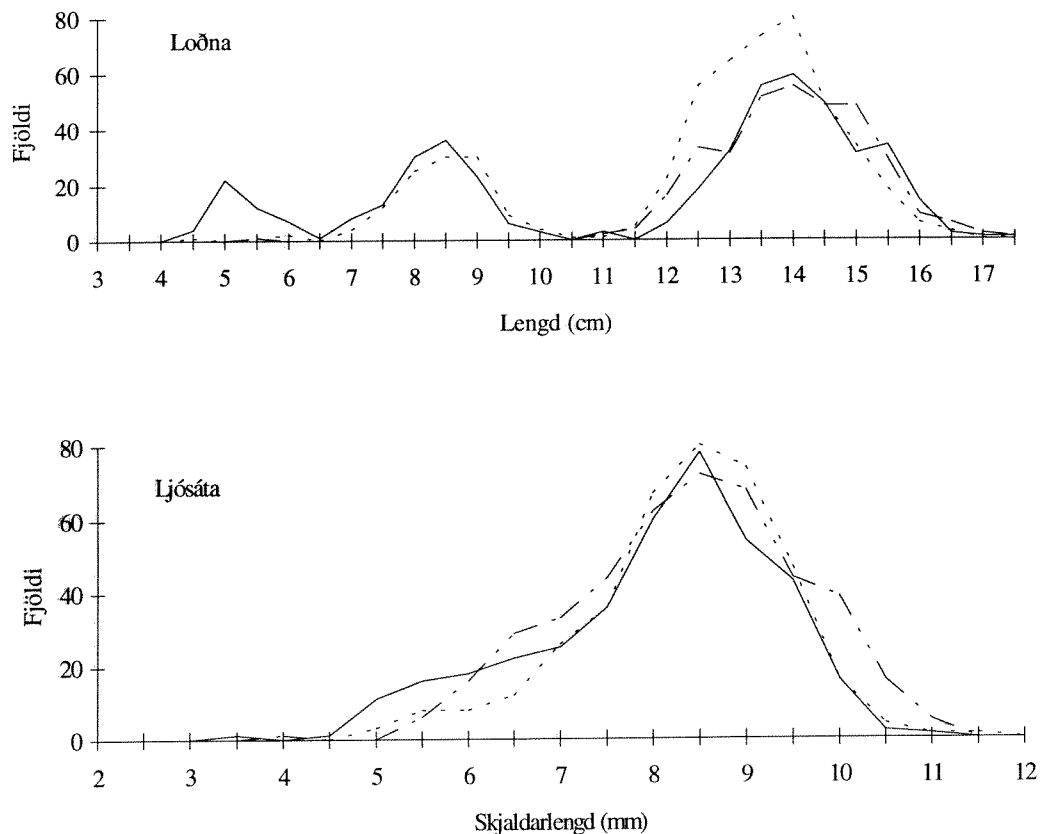
5. mynd. Þyngdarhlutföll bráðar eftir stærð ufsa. Gögn árána 1990-1992 saman á hverri mynd

Á 5. mynd sést hvernig þyngdarhlutföll meginhópa bráðar breytast með stærð ufsans, en hver mynd byggist á öllum gögnum hvers misseris. Ufsi í mismunandi lengdarflokkum virðist nokkuð jafnsólginn í loðnu, en sjá má að mikilvægi krabbadýra minnkar með stærð jafnframt því sem fiskbráð fær aukið vægi. Þetta kemur skýrast fram á myndum sumar- og haustmissera, en ef mynd frá því í mars er skoðuð grannt má sjá að súlur fiskbráðar hækka talsvert fyrir stærri ufsann.



6. mynd. Áætluð efri og neðri mörk hlutfallslegrar tíðni þorskfiska og rækju í mögum ufsa eftir lengdarflokki. Svartur hluti sýlu tákna lágmarkshundraðshluta ræningja, hvítur þann hundraðshluta í lengdarflokki sem hafði ekki neytt viðkomandi bráðar. Ef stökum mögum hefði verið safnað hefði mat á hundraðshluta ræningja legið á skástrikaða svæðinu. Fjöldi maga að baki hverri súlu (í lengdarflokki á þeim stöðvum sem þessar bráðir fengust á) er sýndur efst á myndinni.

Tíðni tveggja fæðuhópa í magasýnunum sem virðist aukast með stærð ufsans er sýnd á 6. mynd. Valdir voru þorskfiskar og rækjur, en svipaða sögu var að segja um miðsjávarfiska og smokkfisk. Kemur nokkuð á óvart að tíðni rækju í mögum ufsanna jókst með stærð. Hugsanleg skýring er að ufsinn sé ekki nógu kjaftstór til að ráða vel við rækjuna fyrr en hann er orðinn rúmlega 70 cm langur.



7. mynd. Lengdardreifing loðnu og ljósátu úr sýnum frá því í mars 1992. Dregnar eru mismunandi línur fyrir stærðardreifingar bráða eftir stærðarflokkum ufsa, óbrotin lína fyrir bráðir úr mögum smáufsa, margbrotin úr milliufsa, og misbrotin úr stórum ufsa. Skipting í flokka: < 69, 70-89, >90 cm fyrir loðnuræningja; <= 59, 60-69, >70 cm fyrir ljósáturæningja.

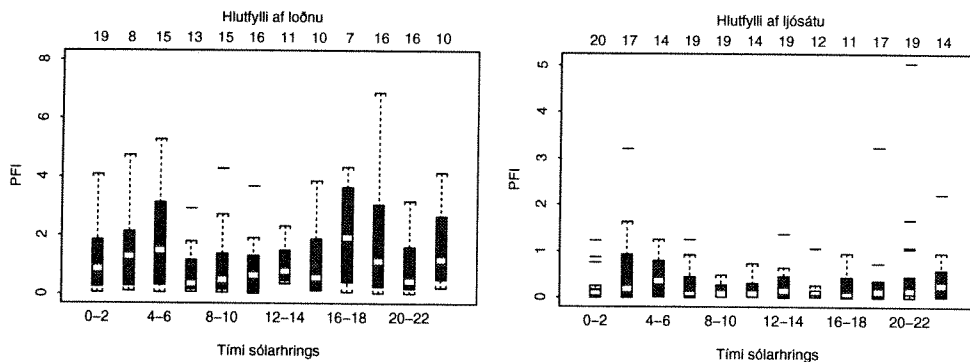
Til að fullyrða nokkuð ákveðið um val á bráð hjá misstórum ufsa væri vitanlega æskilegt að vísa til tölfræðigreiningar gagnanna. Því var sleppt hér þar sem sýnum var ekki

safnað úr einstökum mögum og vandkvæðum bundið að meta hlutfall ufsa í stærðarflokki með ákveðna bráð í maganum. Ennfremur var talið líklegt að aðferð Bogstad o.fl. (1994) til að áætla tíðni miðað við fjöldasamsetningu sýnanna krefðist fleiri sýna en hér eru til umfjöllunar og hún var því ekki reynd.

Á 7. mynd er sýnd stærðardreifing loðnu og ljósátu úr ufsamögum árið 1992. Mismunandi ferlar sýna dreifingu bráðar í þremur stærðarflokkum ufsa. Valin var sú leið að skipta efniviðnum í þrjá sem næst jafnstóra hópa hvað varðar fjölda mælinga á hvorri bráð. Aldurshópar loðnu koma skýrt fram á myndinni. Svo virðist sem aðeins minnsti ufsinn líti við árgamalli loðnu, en éti einnig aðra loðnu; milliufsi taki tveggja ára og kynþroska loðnu; en stærsti ufsinn aðeins kynþroska loðnu. Hins ber þó að geta að myndin endurspeglar mismunandi skörun aldurshópa þessara tveggja tegunda. Þannig varð eingöngu vart við árgamla loðnu í mögum ufsa fyrir Norðvesturlandi, en þar var ufsinn jafnframt smæstur. Út frá lengardreifingum þessara tegunda er hægt að álykta að misstórir ufsar hafi ekki valið sér stærðarflokka loðnu og ljósátu vorið 1992, enda þess vart að vænta að því er ljósátuna varðar.

Dægursveifla í áti ufsans

Með því að skoða dreifingu hlutfyllistuduls loðnu og ljósátu eftir tíma dags saúst merki um dægursveiflu í afráni ufsans á þessum megintegundum bráðar (8. mynd). Svipuð dreifing hlutfyllistuduls eftir tíma dags kemur fram í marsgögnum áráanna 1990-1992 en hvert ár voru aðeins gerðar fáar athuganir (stöðvar) á hverju tveggja stunda tímabili. Því hafa öll vormisseri verið tekin saman á myndinni. Á 8. mynd sést að magafylli ufsans af þessum tveimur tegundum er hæst kvölds og morgna, en jafnframt er ljóst að mikill breytileiki gerir túlkun gagnanna erfiða. Könnun dægursveiflu að sumarlagi er illmöguleg út frá þessum gögnum, því einungis árið 1992 var togað allan sólarhringinn að sumri til.



8. mynd. Dreifing PFI loðnu og ljósátu úr sýnum frá því í mars 1990-1992. Fjöldi stöðva á hverju 2 klukkustunda tímabili er sýndur efst á myndinni. Miðtala er táknuð með breiðu hvítu þverstriki, fjórðungsmörk út frá henni með skyggðu boxi, þaðan er dregin punktalína út í fjærsta gildi, sem þó er innan við 1.5 sinnum spönn fjórðungsmarkna (1.5*”inter-quartile range”). Einfarar utan við eru sýndir með grönnum þverstrikum. Einum einfara (“outlier”) frá því 1991 (PFI loðnu = 22.3) var sleppt.

Samanburður á loðnuáti ufsa og þorsks

Valdar voru rallstöðvar 1990-1992 þar sem fengust bæði ufsi og þorskur sem höfðu étið loðnu. Gerð voru tvö stikalaus próf tilgátunnar: *Ufsi og þorskur af sömu stærð og á sama stað éta jafnmikið af loðnu.* Prófin voru parpróf, annarsvegar á PFI loðnu hjá ufsa og þorski eftir stöðvum og hinsvegar á dreifingum meðalmagns af loðnu í mögum ufsa og þorsks í sama lengdarflokki á sömu stöðvum. Niðurstöður prófanna voru samhljóða, sem ætti e.t.v. ekki að koma sérlega á óvart: *Jafnstórir þorskar og ufsar á sama stað og sama tíma éta álíka mikið af loðnu.* Þessar niðurstæða ein sér gæti nægt til þess að gefa sæmilega hugmynd um loðnuát ufsans. Niðurstöður um át þorsks á loðnu sem eru byggðar á mun ítarlegri gagnasöfnun mætti e.t.v. heimfæra á ufsann. Einfaldasta útfærsla væri að reikna átið samkvæmt hlutfalli

stofnstærða þessara tveggja tegunda, með þeim fyrirvara að tegundirnar skarist álíka í útbreiðslu við loðnuna þegar mest er étið af loðnu.

Loðnuát ufsa í mars 1992

Þó búið sé að benda á þriliðu með stofnstærð þorsks og ufsa og loðnat þorsks sem þekktar stærðir til að áætla loðnuát ufsans, var reiknað dæmi þar sem einungis hraði magatæmingar var fenginn að láni frá þorski.

Áætlaður var sá hluti ufsastofnsins (skv. SMB 1992) sem var á svæðinu frá Vestmannaeyjum norður fyrir Vestfirði og reyndust u.þ.b. 70% stofnsins vera á þessu svæði í mars. Uppgefinn fjöldi við áramót skv. nýjustu úttekt á ufsastofninum (Anon. 1997) var því næst framreiknaður til 1. mars 1992 með fiskveiði- og náttúrulegri dánartölu. Vert er geta þess að mat á ufsastofninum á árinu 1992 hefur lækkað nokkuð síðan þetta dæmi var reiknað síðast (Sigurður Þ. Jónsson 1996). Því sem eftir lifði af stofninum var svo skipt á lengdarflokka, gengið var út frá sömu aldursdreifingu á þessu svæði og í stofninum í heild. Meðalloðnuinnihald í hverjum lengdarflokki ufsa á þessu svæði var reiknað út frá gögnum um magainnihald. Magatæmingarmódel af einföldustu gerð var notað til að finna dagsneysluna (Bogstad og Mehl 1990). Niðurstaðan var 10-150 g af loðnu á dag fyrir 40-120 cm ufsa.

Samkvæmt þessum forsendum er áætluð dagsneysla ufsa á loðnu um 2700 tonn vorið 1992 og má því áætla mánaðarloðnuát nálægt 80 þúsund tonn á þessum árstíma. Í ljósi öryggismarka fyrir meðalloðnuinnihald hvers lengdarflokks er líklega réttara að tala um loðnuát á bilinu 40-160 þúsund tonn. Þetta kann að virðast nokkuð hátt, sérstaklega í ljósi nýlegra áætlana á loðnuáti þorsksins. Má vera að ónákvæmt magatæmingarmódel eigi helst sökina. Hitt þarf samt að hafa í huga að á þeim árstíma sem loðna er fyrir Suðvesturlandi er ufsinn kominn lengra í hrygningu og gæti af þeim sökum verið í meiri fæðuöflunarham en þorskurinn.

Umræður

Meginniðurstöður

Mikilvægi loðnu og ljósátu er áberandi í þeim gögnum sem hér er fjallað um. Samanburður við aðrar rannsóknir sýnir að meginreglan um fæðu ufsa er að hún samanstendur af ljósátu og fiski. Fisktegundir sem ufsi étur annars staðar en við Ísland eru gjarnan spærlingur við Færeyjar (Nicolajsen 1993); síld við Norður-Noreg (Nedreaas, IMR, Bergen, munnleg heimild); norræna gulldepla, síli, spærlingur og kolmunni í Norðursjó og vestan Skotlands (Du Buit 1991, Bergstad 1991). Almennt má segja að ufsinn sé tækifærissinni í vali sínu á fiskbráð, þó yfirleitt velji hann úr hópi uppsjávarfiska. Að auki kemur skýrt fram að ljósáta er alls staðar áberandi á matseðlinum.

Vísbendingar um samband meðalloðnuinnihalds í ufsamögum og stærðar loðnustofnsins eru athyglisverðar en vitanlega er hæpið að fullyrða mikið á grundvelli magasöfnunar þriggja ára. Vert er að kanna hvort megi heimfæra nýlegt líkan, sem tekur tillit til áhrifa stærðar loðnustofnsins á vöxt þorsks, yfir á ufsann (Björn Steinarsson og Gunnar Stefánsson 1996).

Varnaglar

Ýmsir vankantar voru bæði á magasöfnuninni og greiningu innihaldsins. Ber fyrst að nefna að í togarralli, og sérstaklega árið 1992, fer fram umfangsmikil gagnasöfnun. Hætt er við að undir vinnuálaginu sem henni fylgir geti magasöfnun einstakra tegunda skolast til. Þannig voru í gögnunum dæmi um að ekki hefði verið fylgt söfnunaráætlun, t.d. fleiri en eitt sýni í lengdarflokki á stöð, merkingar sýna brugðust, og einnig kom fyrir að varðveisla sýna var ekki eins og best hefði verið á kosið.

Magasýnunum var safnað þannig að allt að því 5 magar voru tæmdir saman í eitt ílát og innihaldið varðveitt í ísóprópýlalkóhóli. Með þessu móti tapast upplýsingar um breytileika milli einstaklinga. Þó það komi e.t.v. minna að sök hvað varðar tegundir sem líklegt er að finnist í mögum flestra fiska sem á annað borð eru í æti, er verra að eiga við fátíða bráð sem kemur fyrir í sýnum með magainnihaldi margra fiska. Þessi söfnunaraðferð gerði einnig greiningu innihaldsins erfiðari en ella hefði verið nauðsynlegt. Eftir því sem fjölbreytni í sýni eykst verður vandasamara að greina á milli hálfmeltra hluta einstakra bráða. Telja verður líklegt að betra hefði verið að safna einstökum mögum, jafnvel þó að það hefði aukið sýnafjölda u.þ.b. tvöfalt til fjórfalt eftir tegundum. Enda hafa seinni tíma fæðurannsóknir hér við land nánast eingöngu farið fram á einstaklingsgrundvelli.

Hér að framan voru sýndar fremur óskýrar vísbendingar um dægursveiflu í fæðunámi ufsans. Meltingarstuðull var metinn þegar magainnihald ársins 1992 var greint, og reiknaður var meðalmeltingarstuðull eftir tíma dags fyrir loðnu og ljósátu að vorlagi. Þó meltingarstuðull hafi virst hár á þeim tímum sem magafyllistuduðull var lágur og öfugt var ekki nægjanlega mikil breidd í þeirri hlutlægu einkunnagjöf sem meltingarstuðullinn er til þess að þetta kæmi skýrt fram. Meltingareinkunnum þarf að gefa meiri gaum ef þær eiga að gefa svör um fæðunámið. Vonandi verður þó hægt að setja fram tilgátur út frá þeim gögnum sem safnað var, að því er varðar hreyfingar ufsans og bráðanna loðnu og ljósátu um vatnssúluna að vorlagi.

Söfnunin fór fram á öllu landgrunninu umhverfis Ísland. Í togararalli var stöðvanetið þétt en gisnara í yfirferðinni að sumri og hausti til. Því er ljóst að hér hefur aðeins verið gefin ófullkomin lýsing á fæðugrundvelli ufsa við Ísland. Til dæmis vakti það athygli hve lítið fékkst af ufsa sem étið hafði síld í þeim leiðöngrum sem hér var fjallað um. Jafnframt er freistandi að nefna að tíðari sýnataka hefði verið æskileg fyrir þær tegundir sem kannaðar voru í fjölstofnaverkefninu, sérstaklega til að geta lýst því betur hve lengi loðnuát er yfirgnæfandi í fæðunámi flestra ránfiska við Ísland (sjá aðrar greinar í þessu fjölríti).

Einnig er ljóst að náttúrulegt atferli ufsans skapar vandamál. Ufsanum er það eðlilegt að ferðast talsvert um í torfum uppi í sjó, og hann er vafalaust almennt lengra frá botni en t.d. þorskur. Í norskrei athugun kom í ljós að talsverður munur var á magainnihaldi þorsks sem var að éta loðnu eftir því hvort hann var veiddur í botntroll eða með flottrolli uppi í sjó (Ajiad 1990). Kanadískar rannsóknir hafa sýnt að loðnuinnihald þorskmaga var í öfugu hlutfalli við þéttleika þorsks sem botntroll náði til (Lilly 1994). Sýnt hefur verið fram á að þetta má skýra með því að þorskurinn sé lausari frá botni þegar hann er í æti (DeBlois og Rose 1996 fyrir þorsk og rækju). Nærtækt er að álykta að það sama gildi um ufsann og ljóst að þetta getur hæglega skekkt niðurstöður á þann veg að meðalmagainnihald sé vanætlað.

Framhaldsrannsóknir

Umfangsmikil gagnasöfnun innan fjölstofnaverkefnisins, aðallega frá 1992, býður uppá að gera frekari samanburð á fæðunámi ufsa og þorsks og jafnframt annarra tegunda. Einnig er freistandi að skoða ákveðnar tegundir bráðar sérstaklega en taka með afrán allra ræningja sem til eru gögn um. Þannig væri athyglisvert að taka saman fyrir ránfiska, fugla og seli upplýsingar um afrán á síli, rækju, ljósátu og jafnvel fleiri hópum bráðar, eins og Ólafur K. Pálsson (1997) hefur gert fyrir loðnu. Með því móti væri tekið skref frá eins stofns úttekt yfir í fjölstofna samantekt og telja má víst að með slíkum rannsóknum fengjust svör við spurningum um lítt kannaða þætti í vistkerfinu umhverfis landið. Sem dæmi má nefna samanburð á fæðuvali fisktegunda utan aðalloðnutímans og könnun á dægursveiflu í afráni fleiri fisktegunda en ufsa á loðnu og ljósátu. Ennfremur má vonandi notast við niðurstöður þessa verkefnis í framhaldsfjölstofnavinnu, hugsanlega sem hluti af BORMICON-módelinu (Gunnar Stefánsson og Ólafur K. Pálsson 1995).

Auk þessa er ljóst að huga þarf betur að öðrum þáttum í líffræði og atferli ufsans, s.s. nýliðun, veiðanleika og göngum (Anon. 1995a), sérstaklega í ljósi þess að undanfarin ár hefur ekki tekist að veiða úthlutaðan ufsakvóta hér við land. Þó það sé fyrst og fremst kappsmál

fyrir fiskimenn þessa lands að veiða allan ufsakvótann, væri óneitanlega skemmtilegra að geta gefið betri skýringar á því af hverju það tekst ekki. Þó að meiri rannsóknir séu e.t.v. ekki nægjanleg forsenda þess að hægt sé að gefa betri skýringar á t.d. sveiflum í stofnstærð nytjafiska, eru þær alltént nauðsynleg forsenda.

Grein þessi og erindið sem var flutt á fjölstofnaráðstefnu Hafrannsóknastofnunarinnar 3. september 1996 byggja á áðurnefndri kandiðatsritgerð frá því í fyrravor (Sigurður Þ. Jónsson 1996). Þar er að finna ítarlegri umfjöllun þess efnis sem rætt var um hér að ofan. Þakka ég aftur þeim sem ég þakka þar fyrir hjálp og samstarf í námi og starfi að ufsaverkefnum. Auk þess er ritrýnum innahúss þakkaður yfirlesturinn.

Heimildir

- Ajiad, A. M., 1990. Variabilities in stomach contents of cod, collected by demersal and pelagic trawl in the southern part of the Barents Sea. ICES C. M. 1990/G:3.
- Anon., 1995. Report of the north-western working group. ICES C. M. 1995/Asses:19.
- Anon., 1995a. Report of the saithe study group. ICES C. M. 1995/G:2.
- Anon., 1995b. Report of the working group on the assessment of northern shelf demersal stocks. ICES C. M. 1995/Asses:1.
- Anon., 1996. Report of the arctic fisheries working group. ICES C. M. 1996/Asses:4.
- Anon., 1996a. Report of the working group on the assessment of demersal stocks in the North Sea and Skagerrak. ICES C. M. 1996/Asses:6.
- Anon., 1997. Nytjastofnar sjávar 1996/97. Aflahorfur fiskveiðiárið 1997/1998. Fjölrit Hafrannsóknarstofnunar nr.. 56, 167 s.
- Barnes, R. D., 1980. Invertebrate zoology (5th ed.). Philadelphia, Saunders College Publishing, USA. 893 s.
- Bergstad, O. A., 1991. Distribution and trophic ecology of some gadoid fish in the Norwegian deep. I. Accounts of individual species. Sarsia, 75: 269-313.
- Bjarni Sæmundsson, 1926. Fiskarnir (*Pisces islandiaæ*). Reykjavík, Bókaverslun Sigfúsar Eymundssonar, 583 s.
- Björn Steinarsson, Gunnar Stefánsson, 1996. Factors affecting cod growth in Icelandic waters and the resulting effect on potential yield of cod. ICES C. M. 1996/G:32.
- Bogstad, B., S. Mehl, 1990. The consumption rate of Northeast Arctic cod - a comparison of gastric evacuation models. ICES C. M. 1990/G:22.
- Bogstad, B., H. Gjøsæter, 1994. A method for estimating the consumption of capelin by cod in the Barents Sea. ICES J. mar. Sci., 51: 273-280.
- Bogstad, B., G. Lilly, S. Mehl, Ólafur K. Pálsson, Gunnar Stefánsson, 1994. Cannibalism and year-class strength in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the arcto-boreal ecosystems Barents Sea, Iceland and eastern Newfoundland. ICES mar. Sci. Symp., 198: 576-599.
- DeBlois, E. M., G. A. Rose, 1996. Effect of foraging activity on the shoal structure of cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 52: 2377-2387.
- Du Buit, M. H., 1991. Food and feeding of saithe (*Pollachius virens* L.) off Scotland. Fisheries Research, 12: 307-323.
- Enckell, P. H., 1980. Kräftdjur. Lund, Signum, 685 s.
- Gunnar Jónsson, 1992. Íslenskir fiskar. Reykjavík, Fjölvi, 568 s.
- Gunnar Stefánsson, Friðrik Már Baldursson, Kristján Þórarinnsson, 1994. Utilization of the Icelandic cod stock in a multispecies context. ICES C. M. 1994/T:43.
- Gunnar Stefánsson, Unnur Skúladóttir, Gunnar Pétursson, 1994a. The use of a stock production type model in evaluating the offshore *Pandalus borealis* stock of north Icelandic waters, including the predation of northern shrimp by cod. ICES C. M. 1994/K:25, Ref. D, G.
- Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, (ritstj.) 1995. BORMICON - A boreal migration and consumption model. Innanhúsplagg Hafrannsóknastofnunar (handrit).
- Härkönen, T., 1986. Guide to the otoliths of the bony fishes of the northwest Atlantic. Hellerup, Danbiu ApS. Biological Consultants, 256 s.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1989. Trophic ecological relationships of Icelandic cod. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 188: 206-224.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1991. Predator-prey interactions of cod and capelin in Icelandic waters. ICES mar. Sci. Symp., 193: 153-170.
- Lilly, G. R., 1994. Predation by Atlantic cod on capelin on the southern Labrador and Northeast Newfoundland shelves during a period of changing spatial distribution. ICES mar. Sci. Symp., 198: 600-611.
- Mehl, S., 1989. The Northeast Arctic cod stock's consumption of commercially exploited fish species in 1984-1986. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 188: 185-205.
- Nicolajsen, Á., 1993. A preliminary analysis of stomach data from saithe (*Pollachius virens*), haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) and cod (*Gadus morhua*) at the Faroes. Nordiske Seminar- og Arbejdsrapporter, 1993(572): 57-63.

- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. *Rit Fiskideildar*, 7(1):1-60.
- Ólafur K. Pálsson, 1997. Predator-prey interactions of demersal fish species and capelin (*Mallotus villosus*) in Icelandic waters. Í: "Forage Fishes in Marine Ecosystems", Proceedings of the Alaska Sea Grant College Program, AK-SG-97-01.
- Pethon, P., 1989. *Aschehougs store fiskebok*. Oslo, Aschehoug, 447 s.
- Reinsch, H., 1976. *Köhler und Steinköhler*. Vittenberg Lutherstadt, A. Ziemsen Verlag, 158 s.
- Sigurður Þ. Jónsson, 1996. Saithe on a shelf. Two studies of *Pollachius virens* in Icelandic waters. *Kandídatsritgerð, Háskólinn í Bergen, Noregi*.
- Squires, H. J., 1990. Decapod Crustacea of the Atlantic coast of Canada. *Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences*, 221:532 s.
- Wagner, G., 1959. Untersuchungen über die Tagesperiodizität der Nahrungsaufnahme bei *Pollachius virens* (L.). *Kürze Mitt. Inst. Fischbiol. Hamburg*, 9: 61-103.

Fæða laxa í hrygningargöngu um strandsævi

Jóhannes Sturlaugsson¹, Konráð Þórisson², Hjalti Karlsson²

Veðimálastofnun¹, Hafrannsóknastofnunin²

Ágrip

Fæða laxa á hrygningargöngu var athuguð í Hvalfirði, Hraunfirði (ósasvæði) og Aðalvík 1994 og í Jökulfjörðum 1995. Alls voru tekin magasýni úr 400 löxum, þar af voru 48 stórlaxar. Í Hraunfirði var laxinn tekinn í veiðinót hafbeitarstöðvar, en á öðrum svæðum var hann veiddur í net. Laxarnir veiddust í netin innan við 40 metra frá fjöru og á nyrstu veiðisvæðunum (Jökulfjörðum og Aðalvík) veiddust þeir á dýptarbilinu 0,3-1,5 m. Lax veiddur utan ósasvæða var að mestu runninn frá sleppingum gönguseiða og merktir laxar sýndu að þeir áttu ófarna tugi til hundruð kílómetra í sína heimaá. Meirihluti laxanna var með tóman maga á öllum svæðum nema í Jökulfjörðum. Magafylli laxa sem voru í æti var mest á nyrstu veiðisvæðunum, en lágmarki náði fæðunámið í Hraunfirði. Lax í bestu holdunum var síst að éta og hlutfallslega fleiri stórlaxar en smálaxar voru með tóman maga. Fæðan var fjölbreyttust í Jökulfjörðum, þar sem fjölmargar fæðugerðir komu við sögu og nálega helmingur fæðunnar samanstóð af ýmsum hryggleysingjum. Fábreyttust var fæðan í Hvalfirði, þar sem laxinn innihélt einungis fisk af sandsílaætt og síld. Aðalfæðan á öllum svæðum var fiskur, mest fiskur af sandsílaætt en einnig var nokkuð um að laxinn æti síld og mjóna. Helstu hryggleysingjar í fæðu laxanna voru lirlur krabba, ljósáta, og marflær. Lax á hrygningargöngu við vesturströndina fer hratt yfir og tefur lítið við fæðunám, en það nær lágmarki á ósasvæðum heimaárinna.

Inngangur

Í N-Atlantshafi er lax (*Salmo salar* L.) dreifður um víðfeðma fæðuslóð og íslenskur lax finnst þar innan um lax frá öðrum löndum Evrópu og frá Ameríku (Þór Guðjónsson 1988). Fæðugöngur laxins vara frá því að hann gengur að sumri sem gönguseiði í sjó (unglax), þar til að hann hefur gönguna úr hafi til hrygningar einu ári síðar (smálax) eða eftir tveggja og jafnvel þriggja ára dvöl í sjó (stórlax). Auk unglaxa hefja fæðugöngur þeir fáu laxar sem lifa af veturinn í ánum (hoplax), en sunnan- og vestanlands snúa hoplaxar oft heim í árnar strax sama haust. Hrygningargöngur laxins samanstanda af fiski er lokið hefur fæðugöngum í hafi og heldur heim á leið knúinn af kynhvötinni. Fyrri hluti hrygningargöngunnar er því um úthafið og/eða yfir landgrunninu (strandsævi) eftir því hvar fæðugangan endar, en síðari hlutinn afmarkast af ánum, þar sem göngunni lýkur á hrygningarsvæðunum. Hrygningargangan upp í íslenskar ár spannar tímabilið frá því í maí og fram á haust, þar sem hámark göngunnar er í júlí. Stórlaxinn gengur að jafnaði fyrr að landi og upp í ferskvatn heldur en smálaxinn. Á strandsævi fylgir laxinn náði yfirborði sjávar og þegar að landi er komið, fylgir hann gjarnan strandlínunni langar vegalengdir á leið sinni í árnar (Karlsson o.fl. 1996, Jóhannes Sturlaugsson 1997a), en misnáði því hann gengur ekki endilega inn alla firði og víkur sem á vegi hans verða (Hákan Westerberg 1982).

Laxinn étur aðallega á fæðugöngu og því hafa rannsóknir á fæðunámi hans í N-Atlantshafi einkum beinst að því skeiði. Hrygningargöngur laxins taka hlutfallslega skamman tíma af sjávardvöl hans og fiskar sem taka þátt í þeim hafa náð ákveðnu lágmarki hvað ástand og stærð áhrærir. Af þeim sökum tengist fæðunám lax á hrygningargöngu lítið eða ekkert náttúrulegum afföllum hans í sjó, en óvíst er hve mikil áhrif afrán lax á því skeiði hefur á fæðudýrastofnana og hvort nytjastofnar koma þar við sögu sem bráð og/eða samkeppnisaðilar.

Á þekktum fæðusvæðum laxins undan V-Grænlandi, Kanada, Færeyjum og Noregi, er algengt að þorri hans innihaldi fæðu. Fæðan er á heildina lítið fjölbreytt en helsta fæða smá- og stórlaxa er; loðna (*Mallotus villosus* Müller), fiskar af geirsílaætt (Paralepidae), fiskar af sandsílaætt (Ammodytidae), síld (*Clupea harengus harengus* L.), laxsíldir (Myctophidae), norræna gulldepla (*Maurolicus mülleri* Gmelin), smokkfiskur (Cephalopoda), marflær (Amphipoda) og ljósáta (Euphausiacea). Lax á fæðugöngu virðist sækja í fisk fremur en krabbadýr en hlutur sviflægra krabbadýra í fæðu smá- og stórlaxa er almennt meiri á

úthafssvæðinu en á strandsvæðinu (Lear 1972 1980, Hislop og Youngtson 1984, Hansen og Pethon 1985, Reddin 1985, Jacobsen og Hansen 1996).

Erlendar rannsóknir sýna að algengast er að laxinn éti lítið á hrygningargöngu um strandsævi og að fæðunámið minnki eftir því sem líður á hrygningargönguna og yfirleitt eru laxarnir hættir að éta á ósasvæðum (Fraser 1987, Lear 1972). Athuganir sem gerðar voru við Skotland í júní og júlí (1983-1986) sýndu að lax var einungis í 13% tilvika með fæðu í maga og var um sandsíli (*Ammodytes marinus* Raitt) að ræða (Fraser 1987). Við Kanada var fæða laxins fjölbreytt á strandsævi í maí-júlí (1969-1971), en mest loðna, síld og fiskar af sandsílaætt, en vægi loðnunnar var langsamlega mest (Lear 1972).

Hér við land hafa rannsóknir á vistfræði laxins í sjó takmarkast við strandsævið og tekið til gönguhegðunar unglaxa, smálaxa og stórlaxa og fæðunáms unglaxa (Jóhannes Sturlaugsson 1994a, 1994b, 1995, 1997a; Jóhannes Sturlaugsson og Konráð Þórisson 1995a, 1995b, 1995c; Konráð Þórisson og Jóhannes Sturlaugsson 1995a, 1995b). Vegna þekkingarskorts á fæðunámi laxa á hrygningargöngu og vegna vísbendinga um þorsk- og ýsuseiðaát laxa, þá var ráðist í eftirfarandi rannsóknir. Fyrirliggjandi var þó vitneskja frá nokkrum tugum laxa, sem fengust sem aukafli við aðrar veiðar á strandsævi. Þær upplýsingar bentu til þess að helsta bráð laxins á þessu skeiði væru fiskar af sandsílaætt og að laxinn legði sér fjölmargt annað til munns m.a. ljósátu, marflær, lirfur krabba (Decapoda), burstaorma (Polychaeta), loðnu, þorskseiði (*Gadus morhua* L.), ýsuseiði (*Melanogrammus aeglefinus* L.), ufsaseiði (*Pollachius virens* L.) og jafnvel laxaseiði (Jóhannes Sturlaugsson 1994b, 1997b).

Árlegur fjöldi veiddra laxa hér við land árin 1985-1995 var á bilinu 66-218 þúsund, en stóraukin hafbeit stóð á bakvið aflaukninguna hin síðari ár (Guðni Guðbergsson 1996). Þessar aflatölur gefa góða mynd af stærð árlegrar hrygningargöngu og sem dæmi má nefna að árið 1994 skiptist 129 þúsund laxa heildarafli þannig, að 89 þúsund laxar gengu í hafbeitarstöðvar, 12 þúsund laxar veiddust í net og 28 þúsund laxar veiddust á stöng í ánum, sem samkvæmt meðalstangveiðiálagi upp á 50% gefur að heildarhrygningargangan hafi verið nálægt 157 þúsund laxar það ár. Mestur hluti hrygningargöngunnar fer um strandsævið vestur af landinu, því á vestanverðu landinu er að finna flestar helstu laxveiðiárnar, ásamt hafbeitarstöðvunum.

Rannsóknirnar á fæðunámi laxa á hrygningargöngu um strandsævi vesturstrandar Íslands voru liður í fjölstofnarannsóknum Hafrannsóknarstofnunarinnar og voru gerðar í samstarfi við Veiðimálastofnun. Markmið rannsókna var að afla upplýsinga um fæðunám smálaxa og stórlaxa á hrygningargöngu um strandsævi. Þessar upplýsingar nýtast síðan til að ákvarða stöðu laxins á þessu gönguskeiði í vistkerfi strandsævis.

Aðferðir

Sýnataka

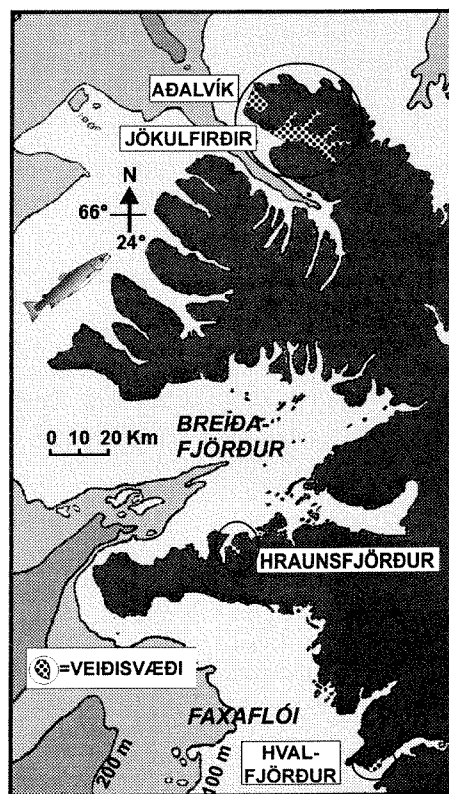
Veiðar voru stundaðar á 4 svæðum (1. mynd): Hvalfirði (23.-28. júní og 5.-22. júlí), Hraunfirði (15. júlí og 13. september), Aðalvík (29.-30. júní, 25.-30. júlí og 3. september) 1994 og Jökulfjörðum (28.-31. júlí) 1995. Í Hraunfirði var laxinn veiddur í veiðinót hafbeitarstöðvar þegar hann gekk inn á ósasvæði í fjarðarbotninum, annars staðar var veitt í net. Í Hvalfirði voru sýni fengin úr 27 m langri sjávarlögn (möskvi = 65 mm á legg), sem lá út frá fjöruborði við Loddutanga að Innra-Hólmi. Net sem notuð voru við rannsóknaveiðarnar í Aðalvík og Jökulfjörðum voru 50-150 metra löng, 2-6 metra djúp og með möskvastærðina 50-80 mm á legg. Við rannsóknaveiðarnar voru netin lögð út frá ströndinni, sem þverast og lá landendi neta gjarnan alveg frá flæðarmáli. Algengast var að botndýpið sem lagt var út yfir væri innan við 10 metrar, en mest var það um 40 metrar. Veiðiálag (sókn) er gefin upp sem, fjöldi 50 m neta/sólarhring í sjó. Í Aðalvík var veitt á 9 stöðum í innanverðri víkinni. Í Jökulfjörðum voru net lögð á öllum fjörðunum, alls á 16 stöðum. Vitjað var um netin eins oft og mögulegt var. Þá var fjarlægð laxins frá flóðmörkum áætluð og einnig dýpið á honum.

Veiðiálagið í rannsóknaveiðunum á nyrstu veiðisvæðunum var í Aðalvík 38,0 netasólarhringar í júní-júlí og 1 netasólarhringur í september, en í Jökulfjörðum 20,5 netasólarhringar.

Úrvinnsla

Á veiðisvæðum voru laxar strax að lokinni vitjun kyngreindir, þroskun svilja og hrogna metin, hreistur- og örmerkjasýni tekin, fisklengd (sýlingarlengd) mæld með 1 cm nákvæmni og fiskþyngd mæld með 100 g nákvæmni. Samhliða voru magasýni hvers fisks fryst eða varðveitt í sjóblöndu sem innihélt 10% formalín (Jökulfirðir), auk þess sem aftari hluti meltingarvegarins (garnir) frá löxum úr Aðalvík og Jökulfjörðum var geymdur á sama hátt. Á rannsóknastofu voru hreistur og örmerki lesin til að ákvarða uppruna og aldur laxins og unnið úr magasýnum. Holdastuðull laxins var reiknaður á eftirfarandi máta ($\text{Þyngd (g)} \cdot 100$) / ($\text{Lengd}^3 \text{ (cm)}$).

Fyrir hvern lax var við úrvinnslu fæðusýna skráð eftirfarandi: Heildarþyngd fæðunnar, samanlögð þyngd fæðudýra hversrar fæðugerðar, fjöldi fæðudýra innan hversrar fæðugerðar og stærð fæðudýranna. Stærð fæðudýra var mæld bæði sem heildarlengd (bollengd í tilfelli krabbadýra) og sem mesta þvermál (breidd), hvorutveggja með 1 mm nákvæmni. Fyrir hvern fisk voru minnsta og stærsta heillega dýr hversrar fæðugerðar mæld. Þess er getið sérstaklega ef um upplýsingar byggðar á garnasýnum er að ræða. Öll magasýni úr Hvalfirði voru skoðuð með tilliti til þess hvort heilleg fiskbráð sneri fram eða aftur í mögunum. Þetta var gerlegt með sandsfli í 38 löxum og síld í 3 löxum.



1. mynd. Yfirlitsmynd af vesturströnd Íslands og hafsvæðinu úti fyrir. Svæðin sem lax var veiddur á vegna rannsókna eru auðkennd. Dýptarlínur fyrir 100 m og 200 m dýptarmörkin eru sýndar.

Virgni laxins í fæðunámi var skoðuð með hliðsjón af fæðumagni á ýmsa vegu. Hlutfall laxa með tóman maga og þeirra sem innihéldu fæðu er tilgreint. Fæðunám laxanna með hliðsjón af stærð þeirra var skoðað, m.a. með línulegri aðhvarfsgreiningu. Heildarfæðuþyngd á hverjum stað og tíma er sett fram sem meðalfæðuþyngd á hvert kíló af laxi sem veiddist þar.

Heildarfæðuþyngd laxa sem voru í æti, er sett fram sem meðaltal og sem hlutfall (%) af þyngd þeirra, en það hlutfall er mælikvarði á magafyllina. Nánari sundurgreining var gerð með hliðsjón af kyni, holdastuðli og uppruna laxanna, en þá var breytileiki hlutfallsins fæðuþyngd/fiskþyngd skoðaður. Á sama hátt voru júlígögn úr Hvalfirði skoðuð út frá þeirri fjarlægð sem laxar áttu ófarna til heimaár (fjöldi = 41) og út frá tíma dags, en í því tilviki var dagsveiði á smálaxi (kl:10-22) skipt í tímabil með hliðsjón af sjávarföllum (fjöldi = 67).

Mikilvægi fæðugerða var skoðuð í ljósi fæðuþyngdar, tíðni þeirra sem fæðu, og út frá stærð fæðudýranna og fjölda þeirra. Samanlögð þyngd fæðudýra af tiltekinni fæðugerð var reiknuð sem hlutfall af heildarfæðuþyngd viðkomandi fisks, en síðan var tekið meðaltal af því hlutfalli innan hvers veiði svæðis og tíma (meðalþyngd). Við útlistun á mikilvægi fæðugerða er hér fylgt þeirri reglu að líta fyrst til meðalþyngdar fæðugerðar, síðan til þess hve oft hún kemur fyrir hjá laxinum og til þess að öðlast frekari innsýn í mismun fæðugerða er vitnað til fjölda fæðudýra og stærðar þeirra. Niðurstöður

Uppruni laxins

Í Hraunfirði var laxinn upprunninn úr hafbeitarstöð í firðinum og var því að ljúka sjávargöngunni. Þegar laxagöngur í Hraunfirði eru skoðaðar almennt, sést að brot af laxinum á uppruna að rekja til annarra svæða (Sigurður Einarsson 1995). Í Hvalfirði og á nyrstu veiðisvæðunum átti laxinn samkvæmt örmerkjum eftir ófarna tugi til hundruð kílómetra til þess staðar þar sem hann gekk í sjó sem seiði. Hreistursýni sýndu að laxinn var bæði af náttúrulegum uppruna og runninn frá hafbeit á laxi, þ.e.a.s. frá sleppingum gönguseiða í ár og frá hafbeitarstöðvum (1. tafla).

1. tafla. Fjöldi laxa eftir veiðisvæðum og uppruna. Lax af náttúrulegum uppruna er skoðaður með hliðsjón af því hversu gömul seiðin voru þegar þau gengu til sjávar. Lax af hafbeitaruppruna er skoðaður með hliðsjón af þeim stöðum þar sem laxinum var sleppt sem gönguseiði. Fyrir hvern sleppistað (heimaá) er gefin upp stysta sjávarleið til veiðistaðar og fjöldi smálaxa og stórlaxa sem standa á bakvið örmerkjagögnin.

Veiði- svæði og tími	Heildar- fjöldi	Náttúrulegur uppruni		Hafbeitar uppruni				
		Fjöldi	Seiðaaaldur	Fjöldi	Upplýsingar byggðar á örmerkjum			
		stk	%	Ár	%	Sleppistaður	Fjarlægð (km)	Fjöldi Smálax Stórlax
Hvalfjörður júní '94	106	18	3 - 5	82	Vogar, Vatnsleysuströnd	42	1	
					Kollafjörður, Kjalarnesi	19	1	
Hvalfjörður júlí '94	118	11	3 - 5	89	Vogar, Vatnsleysuströnd	42	8	4
					Kollafjörður, Kjalarnesi	19	8	1
					Lárós, Snæfellsnesi	166	1	1
					Hraunfjörður, Snæfellsnesi	190	17	1
Laxá í Aðaldal	582		1					
Aðalvík júní-júlí '94	16	31	3 - 4	69	Gljúfurá, Húnavatnssýslu	178		1
Jökulfirðir júlí '95	38	8	3 - 4	92	Hraunfjörður, Snæfellsnesi	222	1	

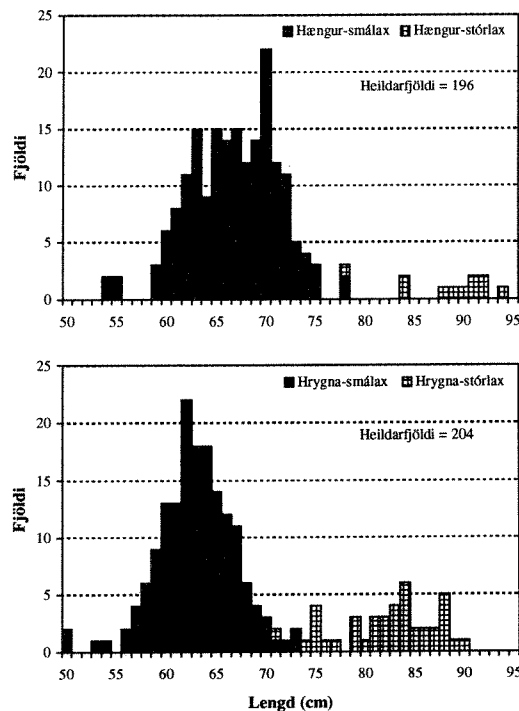
Afli og aflasamsetning

Lengdardreifing allra laxa er sýnd á 2. mynd og fyrir hvert svæði sérstaklega á 3. mynd, en þar vantar reyndar 1 lax (tómur magi) sem veiddist í Aðalvík í september. Sýnin úr Hvalfirði eru aðeins lítill hluti heildaraflans í það net sumarið 1994, því þá veiddist 2191 lax á tímabilinu 20. maí - 20. september. Þar af veiddust 13 laxar í maí, 618 í júní, 1446 í júlí og 114 laxar í ágúst.

Fjöldi laxa á þeim svæðum og tíma þar sem fæða kom fyrir er tilgreindur með hliðsjón af lífsskeiði og meðalþyngd í 2. töflu. Smálaxar voru ráðandi í aflanum á öllum veiðisvæðum og hængar og hrygnur voru þar í svipuðum hlutföllum. Stórlaxar voru 12% heildaraflans og venju samkvæmt voru hrygnur í meirihluta á meðal þeirra (2. mynd). Holdastuðull með hliðsjón af svæðum í júní og júlí var að meðaltali hjá smálaxi á bilinu 1,03-1,10 en hjá stórlaxi á bilinu 0,99-1,02, en meðaltalið hjá smálaxi í september var 1,00. Þroskun svilja og hrogna gaf til kynna að laxinn myndi hrygna á hausti komanda og eins og vænta mátti var þroskunin komin mun lengra hjá þeim laxi sem veiddur var í september samanborið við lax sem veiddist í júní og júlí.

Dreifing laxins í netum

Net sem aflaðist í höfðu að meðaltali legið 7 klukkustundir (staðalfrávik = 5,8 klst) þegar um þau var vitjað. Í Hvalfirði leið skemmri tími á milli vitjana að jafnaði, en hann var ekki skráður. Á þeim 150 metra kafla sem veiðar voru reyndar á út frá flæðarmáli á nyrstu veiðisvæðunum, fékkst aflinn á bilinu 3 - 40 metrum, en mest á bilinu 15-30 metrum frá flóðmörkum. Dýpið á laxinum í netunum var 0,3-1,5 metrar undir yfirborði, en algengast var að laxinn væri á 0,5-1 metra dýpi.



2. mynd. Lengdardreifing allra laxa í fæðurannsókninni. Lengd laxanna er sýnd með hliðsjón af kyni þeirra og lífsskeiði (smálax, stórlax). Heildarfjöldi laxa af hvoru kyni er tilgreindur.

Fæðunám út frá tíma og svæðum

Magasýni voru tekin úr 400 löxum samtals. Rannsóknirnar leiddu í ljós á öllum svæðum, að Jökulfjörðunum undanskyldum, að meirihluti laxanna innihélt enga fæðu og að síðla á göngutímanum (september) innihélt enginn þeirra fæðu (3. mynd). Meðalfæðuþyngd á hvert kíló af laxi (heildarafl) var eftirfarandi fyrir hvert svæði; 0,3 g í Hvalfirði í júní, 0,8 g fyrir Hvalfjörð í júlí, 0,1 g fyrir Hraunsfjörð í júlí, en engin fæða fannst þar í laxi í september, 0,8 g fyrir Aðalvík og 1,9 g fyrir Jökulfirði. Lax í Hvalfirði var nokkru virkari í fæðunámi í

júl heldur en í júní (3. mynd, 2. tafla). Þann dag sem munur í fæðumagni var skoðaður í Hvalfirði með hliðsjón af sjávarföllum var hlutfall smálaxa með tóman maga á útfalli og aðfalli, en af þeim sem voru í æti, var magafyllin meiri hjá laxi sem veiddist á aðfallinu.

Fæðunám út frá lífsskeiði, stærð, kyni og uppruna

Almennt voru hlutfallslega fleiri stórlaxar með tóman maga en smálaxar (2. tafla). Hjá smálöxum í Hvalfirði í júlí voru laxar sem innihéldu fæðu í lakari holdum (meðalholdastuðull = 1,06), en laxar sem höfðu tóman maga (meðalholdastuðull = 1,11), (P gildi = 0,048). Athugun á fæðumagni með hliðsjón af kyni, uppruna og fjarlægð til sleppistaðar gaf engar vísbendingar um afgerandi mun á milli hrygna og hænga, á milli laxa af náttúrulegum og hafbeitar uppruna, né út frá mismunandi vegalengd til heimaár.

2. tafla. Sundurliðaðar fæðuupplýsingar frá svæðum og lífsskeiðum. Tilgreint er fyrir hvern hóp; meðalþyngd laxa (staðalfrávik í sviga) og fjöldi laxa í heild og þeirra sem innihéldu fæðu. Fæðumagn er tilgreint fyrir laxa sem innihéldu fæðu; meðaltal (staðalfrávik í sviga), miðgildi, lágmarksgildi (L) og hámarksgildi (H). Sem mælikvarði á magafylli laxa sem innihéldu fæðu er sýnt hlutfallsgildið fæðuþyngd/fiskþyngd (meðaltal, miðgildi).

Veiði- svæði og tími	Laxahópar						Fæðuþyngd (g)				Fæðuþyngd / Fiskþyngd (%)	
	Heild Lífsskeið	Meðalþyngd (kg)	Heildarfjöldi stk	%	Fjöldi með fæðu stk	%	Meðaltal (Staðalfrávik)	Mið- gildi	L	H	Meðal- tal	Mið- gildi
Hval- fjörður júní '94	Heild	3,7 (1,4)	106	100	25	24	5,0 (8,2)	2,4	0,4	37,3	0,14	0,07
	Smálaxar	3,0 (0,6)	83	78	22	21	3,6 (5,0)	2,1	0,4	21,9	0,13	0,07
	Stórlaxar	6,0 (0,9)	23	22	3	3	15,6 (18,9)	6,9	2,6	37,3	0,27	0,10
Hval- fjörður júlí '94	Heild	3,4 (1,1)	118	100	40	34	7,8 (14,0)	2,0	0,4	53,1	0,21	0,07
	Smálaxar	3,0 (0,5)	102	86	35	30	4,2 (8,2)	1,9	0,4	37,3	0,15	0,06
	Stórlaxar	5,7 (1,2)	16	14	5	4	29,8 (25,5)	43,3	1,8	53,1	0,62	0,92
Hrauns- fjörður júlí '94	Heild	3,1 (1,1)	100	100	16	16	1,8 (1,5)	1,3	0,5	5,2	0,07	0,05
	Smálaxar	2,9 (0,7)	96	96	16	16	1,8 (1,5)	1,3	0,5	5,2	0,07	0,05
	Stórlaxar	7,0 (1,3)	4	4								
Aðalvík júní-júlí '94	Heild	3,8 (1,8)	16	100	7	44	6,7 (2,9)	8,0	3,0	10,0	0,23	0,22
	Smálaxar	3,1 (1,1)	12	75	6	38	7,2 (2,9)	8,5	3,0	10,0	0,26	0,26
	Stórlaxar	5,9 (2,0)	4	25	1	6	4,0					0,06
Jökul- firðir júlí '95	Heild	2,9 (0,7)	38	100	30	79	6,9 (10,1)	3,9	0,1	47,7	0,22	0,14
	Smálaxar	2,9 (0,7)	37	97	29	76	7,0 (10,2)	4,0	0,1	47,7	0,23	0,15
	Stórlaxar	3,7	1	3	1	3	2,6					0,07

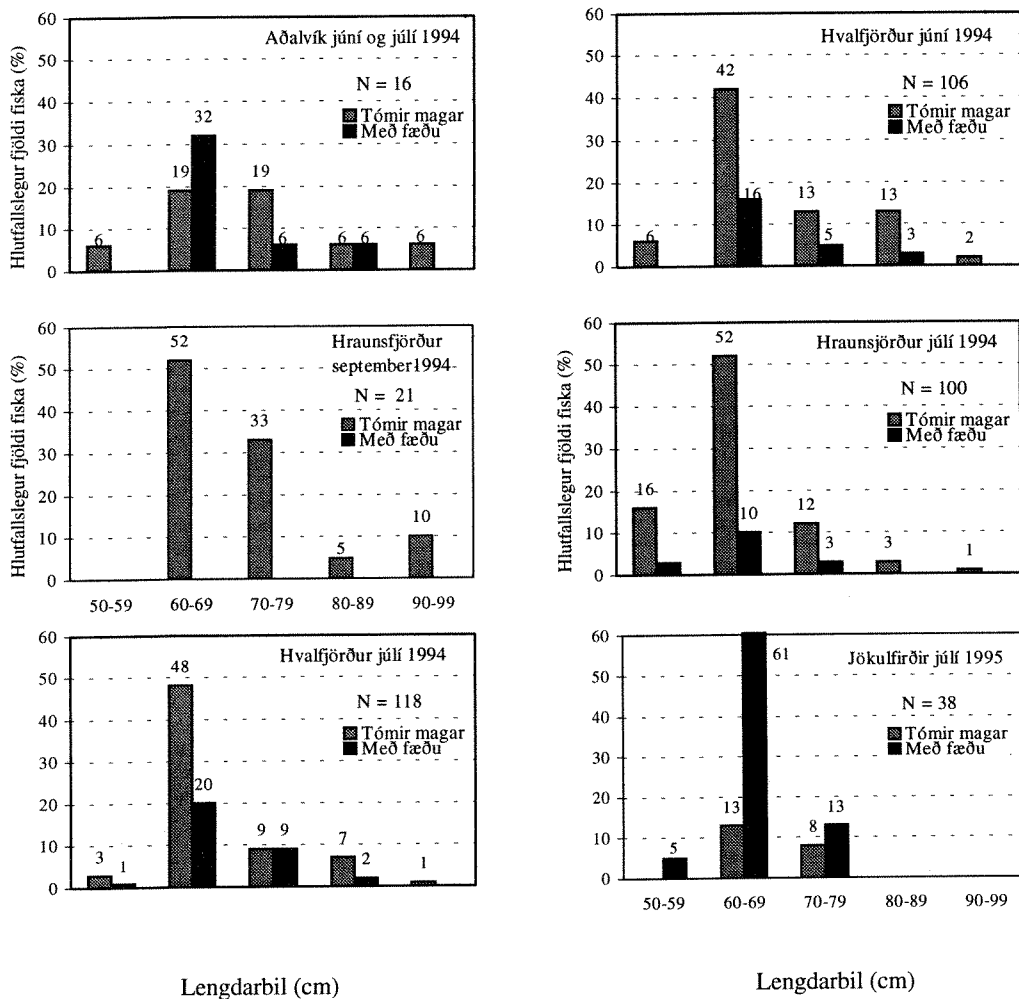
Þegar fæðumagn laxa sem voru í æti er skoðað með hliðsjón af lengd þeirra, fæst að marktæk tengsl eru þar á milli í júlí í Hvalfirði og Hraunfirði (3. tafla). Í Hvalfirði eykst fæðuþyngd með aukinni lengd, en fylgni fisklengdar við hlutfallið fæðuþyngd/fiskþyngd sýndi að þá breytingu var ekki hægt að rekja til aukinnar magafylli. Í Hraunfirði minnkaði bæði fæðuþyngd og magafylli samfara aukinni fisklengd.

3. tafla. Samband fæðumagns laxa sem innihéldu fæðu við lengd þeirra fiska á hverjum veiðistað og tíma, samkvæmt útreikningi línulegrar aðhvarfsgreiningar (lógaritma gildi): fæðuþyngd og fisklengd; fæðuþyngd/fiskþyngd og fisklengd (n = fjöldi; b = hallatala; a = fasti og r = fylgnistuðull).

Veiðisvæði* og tími	Fjöldi með fæðu n	Fæðuþyngd (g)					Fæðuþyngd/Fiskþyngd (%)				
		a	b	r	r ²	P gildi	a	b	r	r ²	P gildi
Hvalfjörður júní '94	25	-4,5	2,68	0,24	0,06	0,259	-0,7	-0,26	0,02	<0,01	0,914
Hvalfjörður júlí '94	40	-11,8	6,70	0,44	0,19	0,005	-9,0	4,33	0,30	0,09	0,056
Hraunfjörður júlí '94	16	9,9	-5,40	0,59	0,35	0,015	14,1	-8,50	0,73	0,58	0,001
Jökulfirðir júlí '95	30	-16,0	9,05	0,39	0,16	0,031	-11,1	5,64	0,26	0,07	0,165

* Aðalvík er ekki tekin með hér, vegna þess hve fæðusýni voru fá þar.

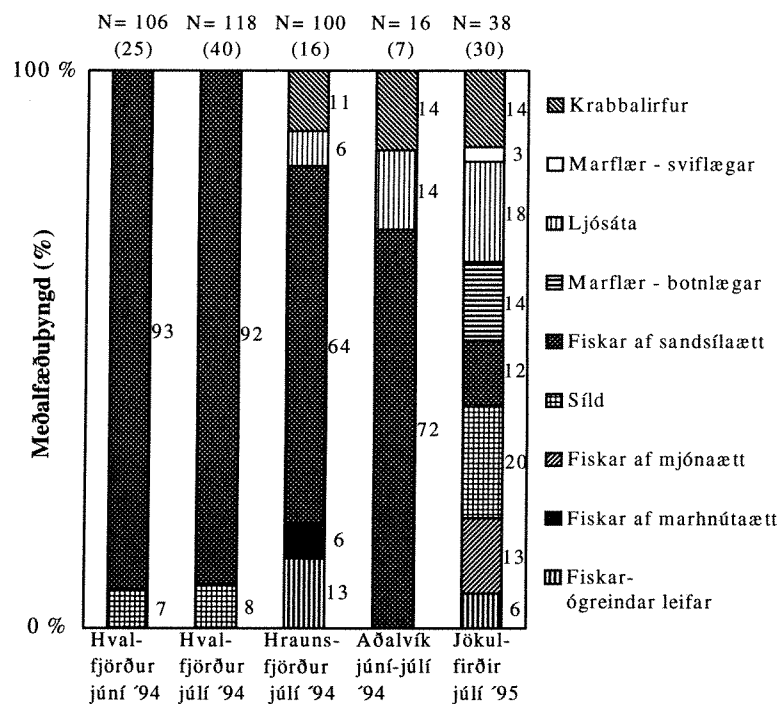
Laxar á lengdarbilinu 60-69 cm höfðu síst tóma maga, en innan 70-79 cm lengdarbilsins var hlutfallið þó svipað (3. mynd).



3. mynd. Fjöldi laxa innan lengdarbila á hverju veiðisvæði á hverjum tíma, með hliðsjón af því hvort þeir innihéldu fæðu eða höfðu tóma maga. Heildarfjöldi laxa á hverjum stað er tilgreindur (N). Fjöldi laxa í hverjum flokki er tilgreindur sem hundradshluti af heildarfjölda hvers hóps.

Fæðugerðir

Fjölbreytni fæðunnar var töluverð í Jökulfjörðum, en fábreyttust syðst (4. mynd, 4. tafla). Aðalfæða laxanna á öllum svæðum var fiskur, en þó var hlutdeild krabbadýra að jafnaði hátt í helmingur fæðunnar í Jökulfjörðum. Algengasta bráð laxins voru fiskar af sandsílaætt, sem voru uppstaða fæðumagnsins að Jökulfjörðum undanskyldum. Aðrir fiskar sem laxinn át voru síld og fiskar af ætt mjóna (*Lumpenidae*) og af ætt marhnúta (*Cottidae*). Af helstu nytjategundum hér við land fannst því einungis síld sem fæða hjá laxi, en hvorki þorsk-eða ýsuseiði fundust í mögunum (4. tafla). Krabbadýr voru á matseðli laxins að Hvalfirði undanskyldum. Ljósáta og sviflægar lifur krabba komu fyrir í fæðu laxins á öllum öðrum svæðum og í Jökulfjörðum komu auk þess fyrir marflær bæði sviflægar (*Hyperiidae*) og botnlægar (*Gammaridae*) (4. mynd). Auk meginfæðugerða, voru dæmi þess að laxinn æti burstaorminn fjöruskera (*Nereis pelagica*) og mýflugur (4. tafla).



4. mynd. Meðalþyngd fæðudýra hvernar fæðugerðar innan veiðisvæðis og tíma. Meðalþyngd er tilgreind sem meðalhundraðshluti viðkomandi fæðuþyngdar af heildarfæðuþyngd laxanna. Heildarfjöldi laxa (N) að baki hvers hóps er tilgreindur og þar af fjöldi laxanna sem innihéldu fæðu (í sviga).

Utan Jökulfjarða innihéldu einstakir laxar einungis 1 fæðugerð utan tveir fiskar sem étið höfðu dýr af 2 fæðugerðum. Í Jökulfjörðum innihélt laxinn hinsvegar í helmingi tilfella 2-3 fæðugerðir og auk þess fengust tveir laxar sem innihéldu 4 fæðugerðir. Garnasýni úr laxi í Aðalvík og Jökulfjörðum innihéldu sömu fæðugerðir og fundust í magasýnum frá þeim svæðum. Þar var nálega allur lax sem hafði tóman maga með fæðu í görn, en einnig fundust tilvik þess að fiskur með fæðu í maga væri með tóma görn.

Við athugun á legu fiskbráðar í mögum laxa sem veiddir voru í Hvalfirði, kom í ljós að laxarnir virtust hafa komið aftan að bráðinni, utan að 3 þeirra virtust hafa gleypst hluta sandsíllanna framan frá.

Stærðir og fjöldi fæðudýra

Í 4. töflu má sjá að hlutfallið á milli breiddar fæðudýra og fisklengdar, var á bilinu 0,3-5,7% og þar af var það 1,0-3,0% fyrir fiska af sandsílaætt, sem var mikilvægasta fæðan. Laxinn sýndi dæmi þess að hann æti krabbadýr í miklum fjölda eins og 782 krabbalirfur í einum fiski vitna um, en almennt gildi um krabbadýrin líkt og fiskbráðina að fæðudýr voru fremur fá (4. tafla). Stærstu síldarnar voru matarmestu fæðudýrin, en þær fundust eingöngu í stórlöxum og allra stærstu smálöxum.

4. tafla. Stærðir og fjöldi fæðudýra laxanna með hliðsjón af lengd fiskanna, á hverjum veiðistað og tíma. Fæðudýr hverrar fæðugerðar eru útlustuð samkvæmt stærð (lengd og breidd) og samkvæmt fjölda í fiskmögnum, þ.s. fæðudýrafjöldinn er sýndur sem lágmarks gildi (L), hámarks gildi (H) og meðaltal (staðalfrávik í sviga).

Fjöldi og lengdarbil laxa sem átu hverja fæðugerð er útlustuð og þar af lengdarbil fiska sem stóðu að baki mælingum á breidd fæðudýranna (í sviga). Tilgreint er prósentuhlutfallið milli breiddar fæðudýra og lengdar laxanna sem átu þau, bæði sem breiddarbil og sem meðaltal (staðalfrávik í sviga).

Veiði- svæði og tími	Gerð	Fæðugerðir				Fiskar sem étið höfðu tiltekna fæðugerð		Fæðubreidd sem % af fisklengd	
		Lengdarbil (cm)	Þvermálsbil (cm)	Fjöldi dýra í maga L - H Meðaltal		Fjöldi	Lengdarbil (cm)	Breiddarbil	Meðaltal (Staðalfrávik)
Hval- fjörður júní '94	Fiskar af sandsílaætt	9,0 - 18,5	0,7-1,8	1 - 3	1 (1)	24	60-84 (60-84)	1,0-3,0	1,8 (0,7)
	Síld	13,5 - 20,0	3,0	1	1	2	69-83 (83)	3,6	
Hval- fjörður júlí '94	Fiskar af sandsílaætt	7,2 - 18,6	0,5-1,9	1 - 10	2 (2)	37	59-84 (60-79)	0,9-2,7	1,9 (0,7)
	Síld	19,0 - 23,5	3,3-3,7	1	1	3	74-84 (79-84)	4,2-4,4	4,3 (0,1)
Hrauns- fjörður júlí '94	Krabbalirfur	0,4 - 0,6	0,2-0,3	57-120	89 (45)	2	64-66 (64)	0,3-0,5	0,3 (0,1)
	Ljósáta	6,0	0,6	1		1	66	0,9	
	Fiskar af sandsílaætt	4,0 - 14,1	0,3-1,2	1 - 3	1 (1)	11	54-72 (54-71)	0,9-2,2	1,6 (0,6)
	Fiskar af marhnútaætt	13,0	3,5	1		1	61	5,7	
Aðalvík júní-júlí '94	Krabbalirfur	0,4 - 0,5	0,2	782		1	60	0,3	
	Ljósáta	2,3 - 2,8	0,3	104		1	63	0,5	
	Fiskar af sandsílaætt	10,1 - 11,0	0,7-1,0	1 - 3	2 (1)	5	60-87 (60-87)	1,2-1,7	1,5 (0,2)
Jökulfirðir júlí '95	Mýflugur	0,8	0,2	1		1	63	0,3	
	Krabbalirfur	0,4 - 0,6	0,2-0,3	1 -104	31 (30)	10	59-74 (61-62)	0,3	0,3 (0)
	Marflær-sviðlægar	0,7 - 3,4	0,2-0,7	1 - 22	8 (12)	3	62-67 (62-67)	0,5-0,8	0,6 (0,2)
	Ljósáta	2,5 - 3,6	0,4	1 - 99	15 (29)	11	59-69 (59-69)	0,6	0,6 (0)
	Marflær-botnlægar	1,2 - 4,2	0,2-0,7	1 -311	98 (135)	6	62-71 (63-71)	0,2-1,1	0,6 (0,3)
	Burstaormar	11,2	0,7	1		2	63-69 (69)	1,0	
	Fiskar af sandsílaætt	5,2 - 9,5	0,6-1,0	1 - 5	2 (2)	4	59-74 (59-74)	1,0-1,5	1,3 (0,6)
	Síld	6,1 - 13,3	0,6-2,1	1 - 13	3 (4)	8	63-75 (63-75)	0,8-2,9	2,0 (0,9)
Fiskar af mjónaætt	4,9 - 5,4	0,3-0,4	1 - 52	18 (18)	6	59-75 (59-75)	0,4-0,6	0,5 (0,1)	

Umræða

Laxar veiddir í Hvalfirði, Jökulfjörðum og Aðalvík endurspeglar hve lax úr gönguseiðasleppingum var stórt hlutfall af laxagöngunni hér við land þessi ár, en þó var úrtakið í Hvalfirði í júlí líklega skekktt vegna þess að þá voru örmerktir laxar valdir úr aflanum að hluta til við sýnatöku.

Á hrygningargöngu ráðast ferðir laxins fyrst og fremst af þeirri hvöt að koma sér á hrygningarstöðvar ána og verða að skoðast í ljósi þess. Því er eðlilegt að ætla að ferðir laxins nálægt fjöru ákvarðist í meginráttum af farhegðun, en ekki fæðuhegðun. Laxar af hafbeitaruppruna veiddir í Hvalfirði, Jökulfjörðum og Aðalvík sýndu vel hve hrygningarganga

þeirra á grunnsævi tengist strandlínunni sterkt eins og laxinn úr Laxá í Aðaldal sem veiddist í Hvalfirði er gleggsta dæmið um. Heildarafli sumarsins í Hvalfirði upp á ríflega 2 þúsund laxa í 1 net, undirstrikar einnig þessa gönguhegðun. Fiskmerkin sem fengust gefa vísbendingu um að bæði smálaxar og stórlaxar séu að “taka land” víðsvegar og gangi síðan meðfram ströndinni á leið sinni í heimaána.

Meðalhraði laxa á hrygningargöngu um strandsævi hér við land er um 1 kílómetri á klukkustund (0,1-4,0 km/klst). (Jóhannes Sturlaugsson 1997a, Jóhannes Sturlaugsson og Konráð Þórisson 1995a). Út frá þessum meðalgönguhraða hefði lax ættaður úr Hraunfirði sem veiddur var í Hvalfirði átt nálægt viku ferð fyrir höndum að jafnaði, á meðan lax úr Laxá í Aðaldal hefði líklega verið í kringum 3 vikur á ferð um strandsævi á leið sinni í heimaána. Með hliðsjón af þessu og gögnum frá Aðalvík og Jökulfjörðum má því ætla að laxar á hrygningargöngu hér við land séu fáeina daga eða vikur á strandsævi á leið sinni í árnar.

Niðurstöður benda til þess að lax sem fer um nyrstu svæði vesturstrandarinnar sé að jafnaði frekar í æti, en lax á svæðum sunnar. Sýnin úr Jökulfjörðum voru reyndar tekin sumarið eftir að sýnum hafði verið safnað á öðrum svæðum. Það hinsvegar hversu mjög frábrugðið fæðunám laxins í Jökulfjörðum var samanborið við önnur veiðisvæði að viðbættum þeim naumu upplýsingum sem fengust frá Aðalvík, bendir þó til þess að rekja megi sérstöðu nyrsta svæðisins til fæðuframboðs þar, legu þess miðað við landgrunnsbrún og straumaskil og/eða til þess að það svæði er langt frá helstu svæðum laxáa og hafbeitarstöðva öfugt við Hvalfjörð. Síðasta skýringin byggir á því að almennt dregur úr fæðunámshvöt laxins eftir því sem líður á hrygningargöngu hans (Fraser 1987, Lear 1972), sem kemur heim og saman við það að minnsta virkni fæðunámsins var á ósavæðinu í Hraunfirði, þar af engin að haustinu, þrátt fyrir mikið framboð af hornsíli (*Gasterosteus aculeatus* L.) og töluvert af ufsa bæði á fyrsta og öðru aldursári.

Stórlaxar voru almennt minna í æti en smálaxar. Þetta getur m.a. tengst því að fæðunámshvegðun þessara fiska hafi verið mismunandi, t.a.m. í tengslum við kynþroska eða vegna þess að stærri bráð henti stórlaxinum betur, eins og góð magafylli þeirra stórlaxa sem komust í stóra síld gæti verið vísbending um. Athuganir á fæðumagni laxins með hliðsjón af kyni hans, uppruna og fjarlægð til sleppistaðar sýndi ekki afgerandi mun út frá breytileika þessara þátta, en hinsvegar fengust vísbendingar um að laxinn æti meira á aðfalli en útfalli. Fæðunám smálaxa í Hvalfirði í júlí, sýndi að lax í bestu holdunum var síst að éta.

Lax á hrygningargöngu er jafnan lítið í æti öfugt við lax á fæðugöngu, þar sem algengt er að meirihluti laxins sé í æti. Upplýsingar frá fæðurannsóknum á beitarsvæði laxins á strandsævi við V-Grænland á tímabilinu ágúst - nóvember (1968-1970) sýndi að 82-97% laxanna voru í æti og með hliðsjón af heildarflanum var meðalfæðuþyngdin á bilinu 4,8-11,4 g/kg lax. Samsvarandi gildi fyrir unglax í upphafi fæðugöngu í Breiðafirði voru 1,5-1,7 g fæðu/kg lax (Jóhannes Sturlaugsson 1994a). Lítið fæðunám laxa á strandsævi hér við land kemur heim og saman við upplýsingar frá athugunum sem gerðar voru á sama árstíma við Skotland og Kanada (Fraser 1987, Lear 1972). Við Kanada voru gildin yfir meðalfæðuþyngd á mörgum stöðum á bilinu 0,2-1,3 g/kg lax þ.e.a.s. á svipuðu róli og þau sem fengust í okkar rannsókn en á sömu svæðum voru þó hlutfallslega fleiri laxar með tóman maga (73-98%). Þessi gögn frá Kanada sýna hinsvegar einnig undantekningar þessa, þegar lax hefur komist í mikið af loðnu, því þá fóru þessi gildi allt upp í 30,7 g/kg lax og fjöldi laxa með tóman maga var þá einungis á bilinu 1-17% af heildarfjöldanum. Fæðumagn laxanna er í rannsóknum okkar vanmetið í tilvikum netaveiðanna, þar sem einhver melting verður hjá hluta laxins sem aflast sökum þess tíma sem líður á milli vitjana. Miðað við tíðni vitjana er hér ekki um stórvægilega skekkju að ræða, en jafnframt skal bent á að erlendar upplýsingar sem í er vitnað til samanburðar hafa sömu annmarka (neta- og línuveiði).

Fiskur var greinilega mikilvægasta fæða laxins og þar af voru fiskar af sandsílaætt mikilvægastir, sem endurspeglar hvernig sú bráð skarar hrygningargöngur laxins í tíma og rúmi. Framboð annarra fæðudýra laxins á svæðum nálægt fjöru er t.a.m. mun sveiflukenndari í tilvikum síldar og ljósátu. Þegar fæðudýrin eru skoðuð með hliðsjón af búsvæðum þeirra og út

frá gönguhegðun laxins er í reynd ekkert sem kemur á óvart. Flest fæðudýranna sem um ræðir lifa í efstu lögum sjávar og hvað skýrust eru þau tengsl hjá sviflægum lirfum krabba og til gamans má einnig benda á að sú hegðun fjöruskera að æxlast í yfirborði sjávar getur í reynd verið ástæða þess að þeir voru étnir. Dýr sem gera út frá botni komu fyrir sem fæða líkt og marflær og marhnútur vitnuðu um, sem kemur til af því hve grunnt laxinn gengur.

Fjölbreytni fæðunnar hjá laxi sýnir að hann er tækifærissinni í fæðunámi sem er í reynd nauðsynlegur eiginleiki vegna þeirra fjölbreyttu aðstæðna sem mæta honum á langferðum hans. Því má segja að laxinn éti flest það sem að kjafti hans kemur, en hinsvegar ræðst virkni fæðunáms laxins að hluta til af stærð fæðudýranna sem í boði eru og samkvæmt athugunum sem gerðar hafa verið þá nær laxinn hámarksafköstum í fæðunámi sínu þegar fæðudýrin hafa breidd sem samsvarar í kringum 2% af lengd laxins (t.d. Wankowski 1979). Þegar þetta hlutfall milli stærðar fæðudýra og laxins er skoðað kemur í ljós að af þeim fæðugerðum sem komu við sögu þá hentuðu fiskar af sandsflaætt laxinum jafn best. Hinsvegar kom jafnframt í ljós að laxinn náði umtalsverðri magafylli þó fæðudýrin væru smá, en í þeim tilvikum er ljóst að þéttleiki þeirra hefur verið mikill. Samspil stærða fæðudýra sem hlutfalls af stærð laxins á þessu gönguskeiði, samsvarar niðurstöðum frá rannsóknum á fæðunámi smá- og stórlaxa í Noregshafi og fæðunámi laxaseiða í upphafi sjógöngu í Breiðafirði (Nafnlaust 1983, Jóhannes Sturlaugsson 1994a).

Þegar lítið er til helstu nytjategunda okkar er ljóst að laxinn heggur ekki stór skörð í þá stofna á leið sinni um strandsævið. Vegna göngutíma og gönguhegðunar laxa á hrygningargöngu er ólíklegt að þeir komist í tæri við seiði nytjastofna í miklu mæli, nema í undantekningartilvikum.

Í heild sýna rannsóknir okkar lítið fæðunám hjá laxi á hrygningargöngu nálægt fjöru við vesturströndina. Á þeirri slóð fer laxinn hratt yfir og tefur lítið við fæðunám sem nær lágmarki á ósasvæðunum. Vegna þessa hefur lax hverfandi áhrif á þær dýrategundir sem hann étur á þessu gönguskeiði, þó svo að árlega sé um að ræða göngur 100-200 þúsund laxa, sem hver um sig ferðast með ströndinni í fáeina daga eða vikur.

Þakkarorð

Við rannsóknir þessar var aðstoð heimamanna á veiðisvæðunum ómetanleg. Í Hvalfirði byggðist sýnatakan að miklu leyti á vinnu hjónanna Sigurjóns Guðmundssonar og Kristínar Marisdóttur að Kirkjubóli og fá þau verðskuldaðir þakkir fyrir. Í Hraunfirði nutum við velvilja starfsmanna hafbeitarstöðvarinnar Silfurlax og fá þeir bestu þakkir fyrir greiðvikni sína. Í Aðalvík útveguðu "heimamenn" okkur aðstöðu og aðstoðuðu okkur á ýmsa lund, en hér ber sérstaklega að þakka þeim Hreini Jónssyni Sæbóli, Sveini Guðmundssyni í Þverdal og Friðriki Hermannssyni Látrum. Við veiðarnar í Jökulfjörðum var að hluta til gert út á happafleytunni Stapa ÍS, en skipstjóri hennar Hjörtur Bjarnason fær sérstakar þakkir frá okkur fyrir hjálp sína. Sumarliða Óskarsyni á Veiðimálastofnun er þökkuð hjálp við gerð yfirlitsmyndar og Rúnar Ragnarsson á Vesturlandsdeild Veiðimálastofnunar fær þakkir fyrir hreisturlestur. Í lokin viljum við þakka Ólafi Karvel Pálssyni verkefnisstjóra fjölstofnaverkefnisins fyrir hans þátt.

Heimildir

- Fraser, P.J., 1987. Atlantic salmon, *Salmo salar* L., feed in Scottish coastal waters. *Aquaculture and Fisheries Management*. 18: 243-247.
- Guðni Guðbergsson, 1996. Lax- og silungsveiðin 1995. Veiðimálastofnun VMST-R/96004. 21 s.
- Hansen, L.P., P. Pethon, 1985. The food of the Atlantic salmon, *Salmo salar* L., caught by long line in northern Norwegian waters. *J. Fish. Biol.* 26: 553-562.
- Hislop, J.R.G., Youngston, 1984. A note on the stomach contents of salmon caught by long line north of the Faroe Islands in March, 1983. *ICES. C.M.* 1984/M:17. 5 s.
- Jacobsen, J.A., L.P. Hansen, 1996. The food of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., north of the Faroe Islands. *ICES. C.M.* 1996/M:10. 21 s.

- Jóhannes Sturlaugsson, 1994a. The food of ranched Atlantic salmon postsmolts (*Salmo salar* L.) in coastal waters, W - Iceland. Nordic Journal of Freshwater Research. 69: 43-57.
- Jóhannes Sturlaugsson, 1994b. Vistfræði laxaseiða í Breiðafirði. Ugginn. 15:12-14.
- Jóhannes Sturlaugsson, 1995. Migration study of homing of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in coastal waters W- Iceland: Depth movements and sea temperatures recorded at migration routes by data storage tags. ICES. C.M. 1995/M:17. 13 s.
- Jóhannes Sturlaugsson, 1997a. Rannsóknir á fari smá- og stórlaxa í Faxaflóa og undan sunnanverðu Reykjanesi 1991. Veiðimálastofnun. VMST-R/ (í vinnslu).
- Jóhannes Sturlaugsson, 1997b. Fæða smálaxa og stórlaxa á strandsævi. Veiðimálastofnun. VMST-R/ (í vinnslu).
- Jóhannes Sturlaugsson, Konráð Þórisson, 1995a. Notkun mælimerkja við rannsóknir á gönguhegðun laxa á grunnsævi undan Vesturlandi. Veiðimaðurinn. 147: 26-39.
- Jóhannes Sturlaugsson, Konráð Þórisson, 1995b. Postsmolts of ranched Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Iceland: II. The first days of the sea migration. ICES. C.M. 1995/M:15. 17 s.
- Jóhannes Sturlaugsson, Konráð Þórisson, 1995c. Postsmolts of ranched Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Iceland: III. The first food of sea origin. ICES. C.M. 1995/M:16. 18 s.
- Karlsson, L., E. Ikonen, H. Westerberg, J. Sturlaugsson, 1996. Use of data storage tags to study the spawning migration of Baltic salmon (*Salmo salar* L.) in The Gulf of Bothnia. ICES. C.M. 1996/M:9. 16 s.
- Konráð Þórisson, Jóhannes Sturlaugsson, 1995a. Postsmolts of ranched Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Iceland: I. Environmental conditions. ICES.C.M. 1995/M:10. 9 s.
- Konráð Þórisson, Jóhannes Sturlaugsson, 1995b. Postsmolts of ranched Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Iceland: IV. Competitors and predators. ICES. C.M. 1995/M:12. 9 s.
- Lear, W.H., 1972. Food and feeding of Atlantic salmon in coastal areas and over oceanic depths. ICNAF Research Bulletin. 9: 27-39.
- Lear, W.H., 1980. Food of Atlantic Salmon in the West Greenland-Labrador Sea Area. Rapp. Cons. int. Explor. Mer. 176: 55-59.
- Nafnlaust, 1983. Action Cost 46 Mariculture. Rapport final 1980-1983. Commission des communautés Europeennes. 94 s.
- Reddin, D.G., 1985. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), On and East of the Grand Bank. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 6: 157-164.
- Sigurður Már Einarsson, 1995. Merkingar laxaseiða í ám við Breiðafjörð. Veiðimálastofnun VMST-V/95010X. 8 s.
- Wankowski, J.W.J., 1979. Morphological limitation, prey size selectivity, and growth response of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. J. Fish. Biol. 14: 89-100.
- Westerberg, H., 1982. Ultrasonic Tracking of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) - I. Movements in Coastal regions. Drottningholm report. 60: 81-101.
- Þór Guðjónsson, 1988. Laxagöngur í úthafinu. Í: Hafbeit (ritstj. Valdimar Gunnarsson). Útgefið af Veiðimálastofnun. s. 44-61.

Botndýr og botnfiskar

Fæða ýsu (*Melanogrammus aeglefinus*) við Ísland

Haraldur Arnar Einarsson.

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Hér er fjallað um helstu niðurstöður úr þremur rannsóknarleiðingrum sem farnir voru í mars, júlí og nóvember árið 1992. Magar voru teknir úr ýsu eftir þeirri reglu að fimm ýsur úr hverjum lengdarflokki voru sett í síni tvisvar í hverjum tilkynningarskyldureit. Þannig söfnuðust 7569 ýsumagar í þessum þremur ferðum. Innihald maganna var greint í fæðuhópa og oftast til tegunda eða eins nákvæmlega og unnt var. Einnig var meltingarstig fæðunnar metið, fæðan vigtuð og lengdarmæld ef hægt var. Fiskur var 58% af heildarþyngd fæðunnar og var loðna algengasta fæðan. Krabbadýr var næst algengust eða 15% af heildarþyngd. Var þar mest af ljósátunni náttlampa og sviflögum marflóm. Minnst var um lindýr eða 3%, og var þar mikið af smokkfiskum en þó langmest af samlokum af ýmsum tegundum. Skrápdýr voru 11% af heildarþyngd og voru ýmsar tegundir slöngustjarna algengastar. Önnur fæða nam 13% af heildinni en þar var langalgengasta bráðin burstaormar. Þó svo að hlutur loðnu vegi mest í niðurstöðunum er hún einungis étin í mars, en fiskur étin í júlí var aðallega síli en lítið var af fiskmeti um haustið. Heildarniðurstaðan er sú að minnsta ýsan étur mest af krabbadýrum en eftir því sem ýsan stækkar eykst hlutur fiskbráðar. Mest af fiskbráðinni er étin á grunnslóð en krabbadýr eru hlutfallslega algengust í fæðunni á djúpslóð. Aðrir fæðuhópar halda nokkurn vegin sama hlutfalli eftir lengdarflokki og sjávardýpi. Nokkur munur er á áti ýsu eftir hafsvæðum þar sem fiskátið er mest í hlýjum sjó við vestanvert landið, krabbadýr og fiskbráð við suðurströndina en mest af skrápdýrum og burstaormum fyrir norðan land. Meðalþyngd magainnihalds í ýsu er breytilegt eftir árstíma en er mest á vorin þegar ýsan er að éta loðnu, en minnkar þegar komið er fram í júlí og er langminnst í nóvember. Þessi munur á milli árstíma er langmestur á grunnslóð en mun minni á djúpmiðum.

Inngangur

Markmið þessa rannsóknarverkefnis er að skoða fæðusamsetningu ýsu (*Melanogrammus aeglefinus*, Linnaeus, 1758), breytileika í fæðunámi eftir árstímum, hafsvæðum, dýpi og stærð ýsunnar.

Ýsan er botnfiskur af þorskfiskaætt sem heldur sig aðallega á sand- og leirbotni fyrir ofan 200 metra dýpi. Hún er algengust við suður- og suðvesturströndina, en er þó umhverfis allt land. Ýsan er undirmynnt og kjaftur lítill. Tennur eru smáar og á höku er lítill skeggþráður. Augu eru stór (Gunnar Jónsson 1992). Þessi atriði benda sterklega til þess að ýsan sé botndýraæta og éti frekar smáa fæðu.

Ef magi ýsunnar er skoðaður kemur í ljós að hann er að mörgu leyti frábrugðinn mögum annarra þorskfiska. Hann er minni og ekki eins teygjanlegur, fæðan er yfirleitt þétt þökkuð í maganum. Sýrustigið í ýsumögum er nær því hlutlaust (pH 6,8) og er marktækur munur á sýrustigi ýsumaga miðað við þorsk- og lýsumaga (Mattson 1992). Þetta sýrustig veldur því að kalkhlutar í fæðunni leysast ekki upp. Efnaniðurbrot virðist vera mjög lítið í mögum ýsunnar, en ólíkt öðrum þorskfiskum virðist ýsan nota magann til að mylja fæðuna og virðist það jafnvel gerast með reglulegu millibili en ekki stöðugt (Mattson 1992).

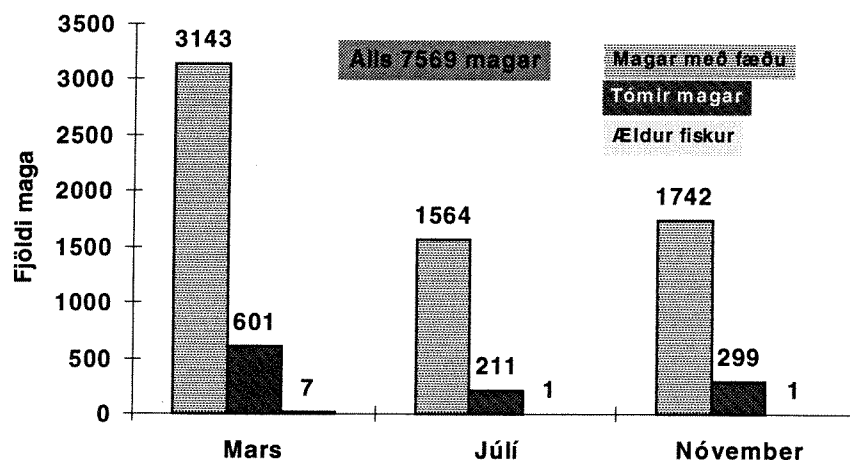
Ýsan heldur sig mest á leir- og sandbotni þar sem hún getur rótað í setinu eftir æti. Bendir margt til þess að hún taki munnfylli af seti og sigti það í gegnum tálknin, spýti út úr sér stærri óætum ögnum og kyngi því sem eftir verður. Ýsan er talin fara í mesta lagi 5 cm niður í setið eftir fæðu (Mattson 1992).

Ýsan er mikilvægur nytjafiskur, en er einnig mikilvæg vistfræðilega meðal annars vegna stofnstærðar sinnar.

Nokkrar athuganir hafa verið gerðar á fæðuvali ýsunnar, en þær eru flestar staðbundnar og engin eins viðamikil og þessi hvað varðar umfangi gagna og hafsvæðis.

Söfnun og úrvinnsla fæðusýna

Söfnun fæðusýnanna fór fram á árinu 1992 í þremur rannsóknaleiðöngrum. Í mars var árlegur leiðangur Hafrannsóknarstofnunarinnar, “Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum” (Togararallið), notaður til að safna magasýnum úr flestum þeim fisktegundum sem veiddust. Teknir voru fimm fiskar úr hverjum lengdarflokki tvisvar í hverjum tilkynningarskyldureit. Þannig söfnuðust 3745 ýsumagar á þeim fimm togurum sem tóku þátt í þessum leiðangri en alls var togað á 571 stöð og fékkst ýsa á 452 stöðvum. Í júlí var farið í leiðangur á hafrannsóknaskipinu Bjarna Sæmundssyni og voru teknir tvö tog í hverjum tilkynningarskyldureit og safnað á sama hátt og fyrr. Farið var í 146 stöðvar sem voru staðsettar á sömu stöðum og í fyrri leiðangri. Ýsa fékkst á 100 stöðvum og söfnuðust úr þeim 1776 ýsumagar. Samskonar leiðangur var farinn í nóvember á hafrannsóknaskipum og voru teknar 140 stöðvar, ýsa fékkst á 114 stöðvum eða alls 2042 ýsumagar. Alls söfnuðust því 7569 ýsumagar (1. mynd).



1. mynd. Fjöldi maga með fæðu, tómir magar og ældir fiskar fyrir hvern leitangur. Magar með fæðu og magar með ómeltanlega leif eru sýndir saman.

Veifarferið við sýnatökurnar var botntroll með klæddum poka (möskvastærð 40 mm), toghraði var nálægt 4 sjómílum/klst. og toglangd var 3-4 mílur.

Á hverri stöð voru magar í sama fisklengdarflokki settir saman í dós með 75% isóprópanóli til þess að varðveita innihald magans. Skráð var hvort fæða var í maga, magi með ómeltanlega leif, magi tómur eða fiskur ældur. Í hífingu trollsins kom það stundum fyrir að fiskar töpuðu fæðu úr maga og voru því flokkaðir sem ældir, en það var ekki algengt hjá ýsu.

Magainnihald var sett í sigti með 1 mm möskvastærð og skolað með vatni. Þá var fæðan greind í fæðuhópa. Lögð var áhersla á að greina algengustu bráðina sem nákvæmast eða til tegunda ef hægt var. Fjöldi einstaklinga í hverjum fæðuhópi var talinn og vigtaður með nákvæmni upp á 0,01g. Meltingarstig var metið á eftirfarandi hátt fyrir hverja bráð:

0. Fæðan nær ómelt. Fæðudýr heil og hafa ekki tapað þyngd vegna meltingar.
1. Fæðan nokkuð melt. Melting hafin á ytri hluta fæðudýra. Þyngdartap vegna meltingar nokkuð.
2. Fæðan mikið melt. Mjúkir vefir að fullu meltir. Einungis stoðgrindin og /eða aðrir harðir, illa meltanlegir hlutar eftir (Jón Sólmundsson 1993).

Heilleg og tegundagreind dýr voru lengdarmæld, fiskar á fiskmælibretti með 0,5 cm nákvæmni og önnur dýr með skífumáli með 0,5 mm nákvæmni.

Í þessari umfjöllun verður aðallega stuðst við þyngdartölur óháð meltingarstigum, en fjöldi bráða er lítið notaður m.a. vegna þess hversu bráðin er misstór og meiri hætta er á vanmati eða ofmati á mikilvægi fæðutegunda.

Alls voru greindir 328 fæðuhópar (2. mynd), flestir innan lindýra (Mollusca 170), krabbadýra (Crustacea 69) og fiska (Pisces 35) en ýmist var greint niður í ættir, fjölskyldur eða tegundir.

Magar með ómeltanlega leif eru teknir saman með mögum með fæðu, en ældir margar eru ýsur sem augljóslega höfðu tapað fæðu út úr maga í hífingu trollsins og eru þeir því ekki notaðir í niðurstöðum. Hér er aðallega verið að skoða þyngdarhlutfall fæðu frá ýmsum hliðum en meltingarstig og lengdarmæling bráðar er geymt þar til síðar.

Niðurstöður

Hlutfall fæðuhópa í ýsu

Þegar fæðuval ýsunnar er skoðað, kemur í ljós að það er mjög fjölbreytt. Marga fæðuhópa eða tegundir, étur ýsan sjaldan og skipta litlu máli í heildarniðurstöðum. Í niðurstöðunum hefur fæðunni verið skipt í fimm fæðuflokka; fiska, krabbadýr, lindýr, skrápdýr (Echinodermata) og annað (2. mynd F).

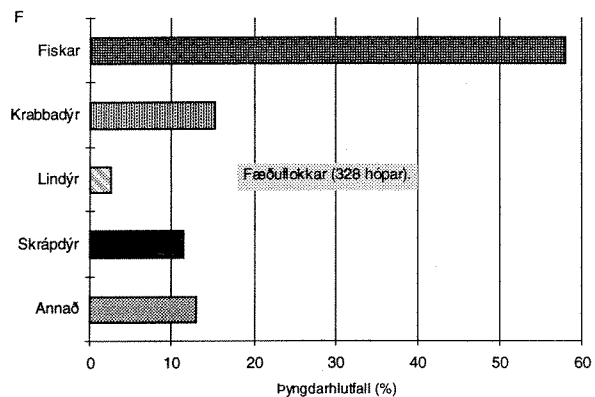
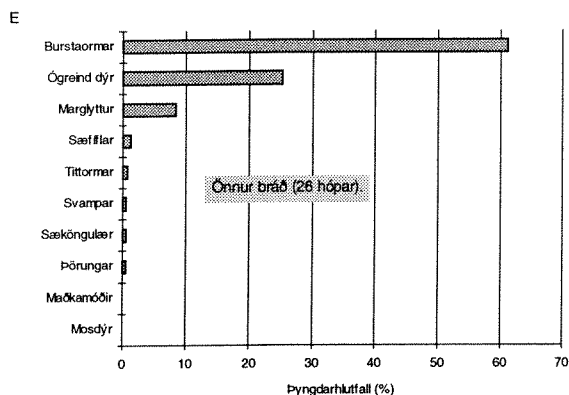
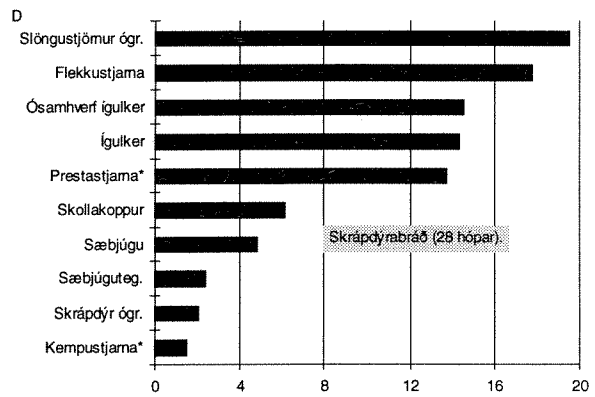
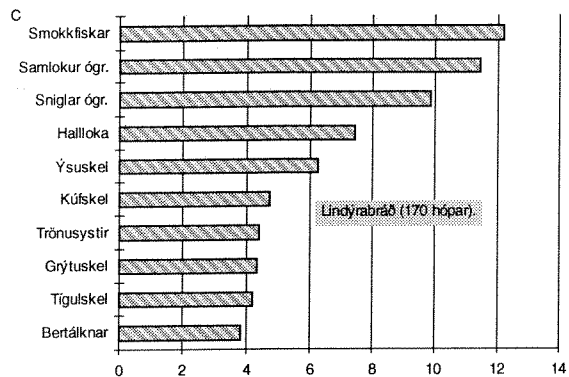
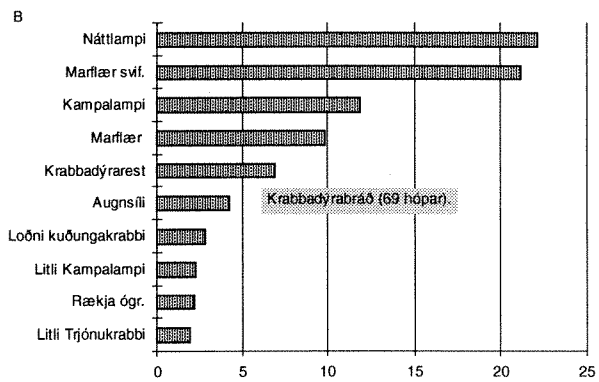
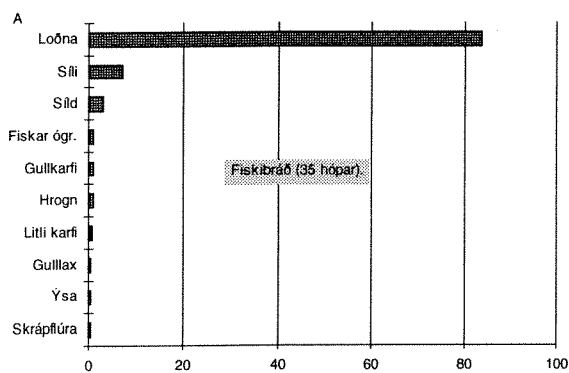
Ef skoðuð er hlutfallsleg skipting fæðuhópa innan þessara flokka í heildargögnunum sést að það eru fáir hópar sem eru stórir miðað við þyngdarhlutfall þeirra innan hvers flokks. Fiskar voru 58% af heildarþyngd fæðunnar (2. mynd F), en loðna (*Mallotus villosus*) vegur þyngst eða 84% af heildarþyngd fiskbráðar (2. mynd A), næst á eftir loðnunni kemur síli (Ammodytidae) 7 % og þá síld (*Clupea harengus*) 3% af heildarþyngd fiska.

Krabbadýr voru 15% af heildarfæðunni, en af heildarþyngd krabbadýrabráðar var þyngst ljósátan (Euphausiacea) náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*) 22% og sviflægar marflær (Hyperidea) 21% af heildarþyngd krabbadýrabráðar, rækjan stóri kampalampi (*Pandalus borealis*) var þriðji þyngsti hópurinn eða 12% af heildarþyngd, aðrir fæðuhópar voru undir 10% af heildarþyngd krabbadýra (2. mynd B).

Lindýr voru langstærsti hópurinn ef lítið er á tegundafjölda en hann vegur minnst miðað við hlutfall heildarþyngdar eða 3%. Tegundafjöldinn skýrist meðal annars af því hversu auðvelt er að greina þessi dýr til tegundar þrátt fyrir að þau séu að fullu melt. Stærstur innan lindýrabráða var smokkfiskur (Cephalopoda) 12%, samlokur (Bivalvia) 11% og sniglar (Gastropoda) 10%, aðrir fæðuhópar voru flestir tegundagreindir kuðungar og skeljar sem voru allar innan við 10% af heildarþyngd lindýrabráðar (2. mynd C).

Skrápdýr voru um 11% af heildarþyngd og voru ógreindar slöngustjörnur (Ophiuroidea) þar þyngstar eða 20%, þá var flekkustjarna (*Ophiopholis aculeata*) 18% af heildarþyngd skrápdýrabráðar og ósamhverf og samhverf ígulker (Spatangoidea og Echinoidea) 15% og 14% hvor (2. mynd D).

Fæðuflokkurinn sem kallast “annað” er samansafn fæðuhópa og var um 13% af heildarþyngd. Langstærsti fæðuhópurinn innan þessa flokks voru burstaormar (Polychaeta) eða 61%, þá koma ógreind dýr með 25% af heildarþyngd þessa fæðuflokks, en í þennan hóp fóru þau dýr sem var ekki hægt að heimfæra á fæðuhóp, ætt, fjölskyldu eða tegund (2. mynd E).



2. mynd. Þyngdarhlutfall heildaráts ýsu. Sýndir eru 10 algengustu fæðuhópar innan hvers fæðuflokks (A-E). Síðasta myndin (F) sýnir þyngdarhlutfall fæðuflokka í heildaráti ýsunnar.

(* Tillaga að nöfnum: Prestastjarna (*Ophiura sarsi*) og Kempustjarna (*Ophiura robusta*)).

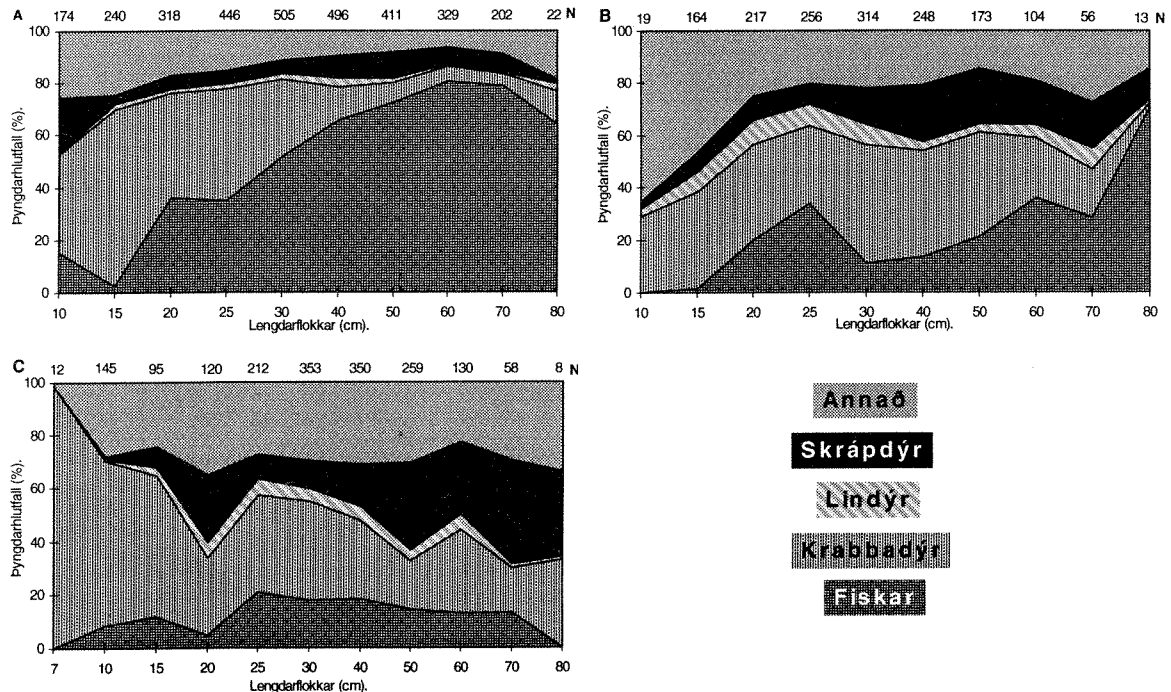
Fæða ýsu eftir árstímum og lengdarflokkum

Í mars var loðna enn á grunnslóð og kemur það glögg fram á fyrstu myndinni (3. mynd A), en kúrfan sem táknar fiskibráð er 94% loðna. Á myndinni má sjá að ýsa stærri en 30 cm er mjög mikið í loðnuáti en minni ýsan í krabbadýrum. Krabbadýrin eru aðallega marflær og önnur minni krabbadýr, en krabbadýraát stærri ýsunnar er aðallega rækja af tegundinni stóri kampalampi. Aðrir fæðuhópar vega nokkuð jafnt hlutfallslega eftir lengdarflokkum, þó er minnsta ýsan hlutfallslega aðeins meira í fæðuflokknum “annað” en stærri ýsan.

Í júlí breytist fæðumynstrið (3. mynd B) og fiskiátið verður minna eða um þriðjungur af heildaráti ýsunnar. Sá fiskur sem nú er um að ræða er aðallega síli enda er loðnan komin af hafsvæðinu sem ýsan heldur sig á. Þau krabbadýr sem minni ýsan étur eru sem fyrr aðallega marflær en eftir því sem ýsan verður stærri er hún meira í sviflægum marflóm og náttlampa

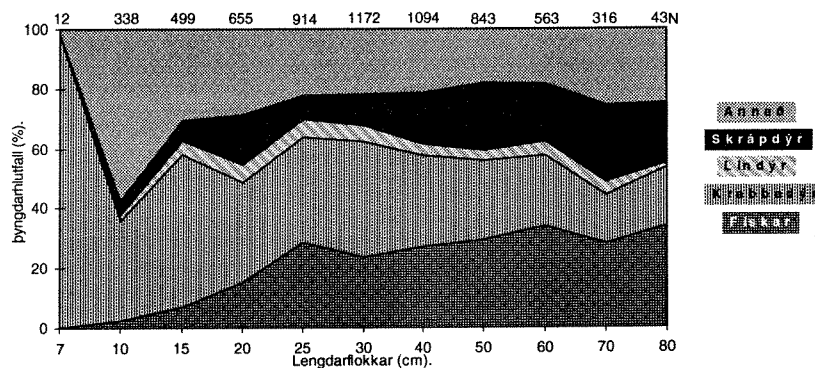
sem eru uppsjávardýr. Nokkur aukning er í áti á burstaormum frá því í mars, hlutfallslega mest hjá minni ýsunum, en stærri ýsan eykur át á skrápdýrum.

Í nóvember og desember er fiskiátið orðið óverulegt eða um 15% af heildaráti ýsunnar (3. mynd C), og er aðallega um að ræða síld og síli. Minnsta ýsan er að stórum hluta í krabbadýraáti sem minnkar töluvert þegar ýsan nær 20 cm en er þó í kringum 20% eftir það. Hjá ýsu stærri en 20 cm, eykst hlutur skrápdýra í fæðunni og eru það aðallega ýmsar tegundir af slöngustjörnum. Burstaormaát ýsunnar er nokkuð jafnt yfir alla lengdarflokkana.



3. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuflokka úr ýsu eftir lengdarflokkum og árstímum, (A) mars, (B) júlí og (C) nóvember-desember (tölurnar ofan við myndirnar (N) tákna fjölda rannsakaðra maga).

Þegar meðaltal þessara þriggja leiðangra eru teknir saman til að sýna meðalát ýsu í hverjum lengdarflokki (4. mynd), má sjá að fiskar og krabbadýr eru rúmlega helmingur af fæðu ýsunnar. Ýsan í minnstu lengdarflokkunum er þó aðallega í krabbadýrum sem minnkar eftir



4. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuflokka eftir lengdarflokkum, sem meðaltal þriggja leiðangra.

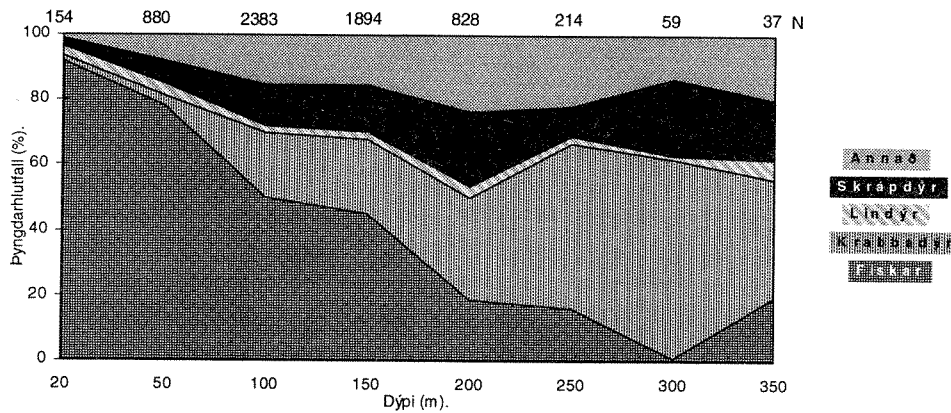
því sem fiskiátið eykst. Skrápdýrin koma inn í fæðuna smátt og smátt eftir því sem ýsan verður stærri, en meðalát ýsunnar á skrápdýrum er um 11%. Lindýr koma inn í fæðuna hjá

10-14 cm ýsum, en þau eru léttvæg í fæðu ýsu miðað við þyngd. Fæðuflokkurinn “annað” er að stórum hluta burstaormar sem mest eru étnir af minnstu ýsunni.

Fæða ýsu eftir dýpi

Þegar át ýsunnar er skoðað eftir dýpi í öllum leiðöngrum saman (5. mynd), kemur í ljós að ýsan er að éta fisk á grunnslóð, sem er að langmestum hluta loðna í mars. Hlutur krabbadýra eykst eftir því sem dýpkar, en er mest á 300-349 metra dýpi, en það skýrist meðal annars af miklu áti á sviflægum marflóm í nóvember á þessu dýpi. Át ýsunnar á öðrum fæðuhópum tekur ekki miklum breytingum með dýpi.

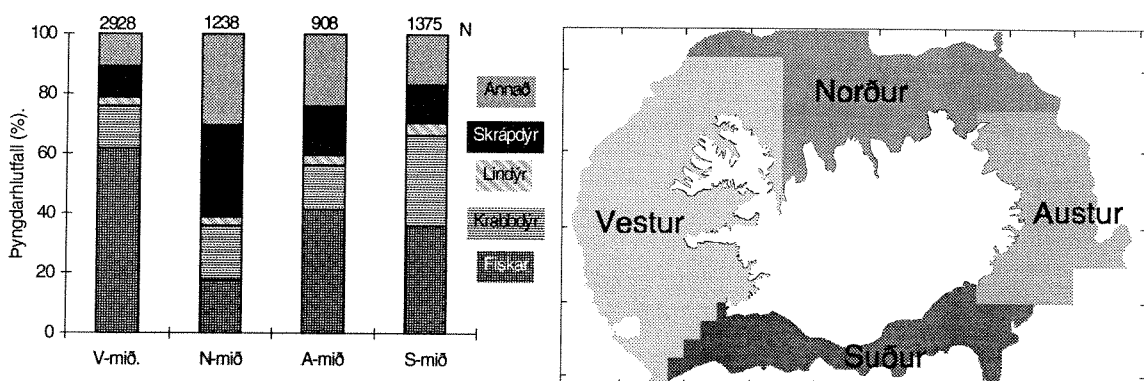
Vert er að benda á að magasýni eru flest á dýptarbilinu 50 til 249 metrar og fara hratt minnkandi eftir það. Vægi djúpsýnanna er því minna þegar fæðusamsetning er skoðuð óháð dýpi.



5. mynd. Pyngdarhlutfall fæðuflokka eftir dýpi.

Fæða ýsu eftir hafsvæðum

Þegar fæða ýsu er skoðuð eftir hafsvæðum, kemur í ljós að það er nokkur munur á milli svæða og þá sérstaklega á milli hlýsjávar sunnan og vestan lands og kaldsjávar fyrir norðan og austan (6. mynd). Á vesturmiðum er fiskát verulegt, eða rúmlega 60%, en fiskátið er nær eingöngu loðna sem étin var í mars. Krabbadýraát ýsunnar er aðallega fólgið í sviflægum krabbadýrum (marflær og ljósáta) sem étin eru í júlí. Á norðurmiðum er fiskiátið hverfandi en hlutur skrápdýra og burstaorma (annað) mun meira áberandi. Fiskátið er um 40% á austurmiðum en krabbadýraátið er ekki mikið þannig að eftir verður stærra hlutfall skrápdýra og “annarrar” fæðu. Suðursvæðið er svipað og vestursvæðið nema hvað hlutfall fiska er helmingi minna og hlutfall krabbadýra helmingi meira en samanlagt eru þessi tveir hópar aðeins lægri en á vesturmiðum. Vægi lindýra er svipað á öllum svæðum en þó einna minnst á vesturmiðum.

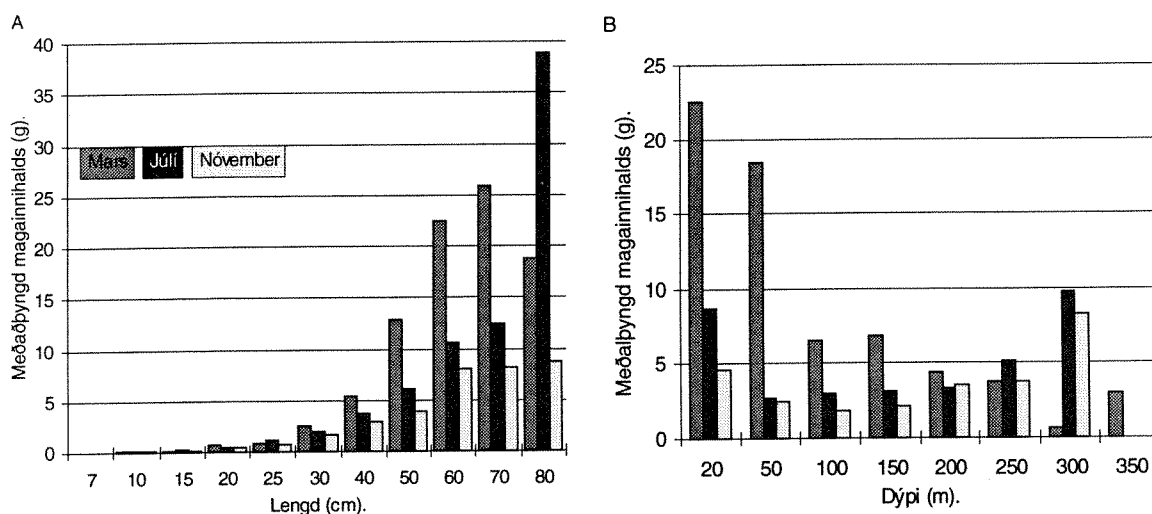


6. mynd. Pyngdarhlutfall fæðuflokka eftir hafsvæðum. Íslandskortið sýnir skiptingu hafsvæðanna.

Meðalmagn fæðu í ýsumögum

Þegar meðalmagn fæðu í ýsumögum er skoðað eftir lengdarflokkum og árstímum, sést að magn fæðu eykst eftir því sem fiskurinn stækkar (7. mynd A). Fylgni meðalþyngdar eftir lengdarflokkum er í öllum þremur leiðöngrunum yfir 0,9 (R^2). Fram kemur greinilegur munur á milli árstíða og er meðalmagn fæðunnar langhæst þegar ýsan er í loðnuáti í mars. Munurinn byrjar í lengdarflokknum 30 cm og eykst töluvert eftir því sem ýsan stækkar þar til fall verður í stærsta lengdarflokknum, en þar er sýnafjöldinn ekki mikill ($N=22$). Innihald maganna er minni í júlí í öllum lengdarflokkum nema þeim stærsta en þar var fjöldi fiska mjög lítill ($N=13$) og í einu ýsusýninu frá Faxaflóa voru tvær ýsur með rúmlega 300g af síli. Því er varhugavert að álykta um of út frá þeim gögnum. Í nóvember er magainnihaldið minna en 10 g/fisk í öllum lengdarflokkum en þá er nánast ekkert fiskmeti í fæðunni og stór hluti fæðunnar ýmsar tegundir af hryggleysingjum.

Þegar samskonar mynd er skoðuð eftir dýpi óháð lengdarflokkum kemur aftur glögglega í ljós hvar loðnan er étin í mars (7. mynd B). Fylgnin er nokkuð góð í meðalþyngd fæðu í mars eftir dýpi eða 0,7 (R^2), en hún er engin í júlí og nóvember. Súlan sem táknar júlí á dýpinu 300 er ekki marktæk þar sem hún sýnir aðeins einn fisk, en í nóvember er meðalmagn magainnihalds nokkuð mikið á þessu dýpi og þá fundust aðallega sviflægar marflær í mögunum ($N=49$).



7. mynd. Meðalþyngd magainnihalds eftir lengdarflokkum og árstímum (A), og eftir dýpi og árstímum (B).

Umræður

Fæðusamsetning ýsunnar

Þrátt fyrir að fjöldi fæðuhópa sé 328 eru aðeins fáir hópar sem hægt er að segja að séu mikilvægir ef miðað er við hlutfallslega þyngd þeirra sem fæðu (2. mynd). Innan fiskibráðar er loðnan langstærst eða 84% af þyngd fiskibráðar. Þessi loðna var nánast öll úr ýsum veiddum í mars, einkum á vesturmiðum á grunnslóð (<100m). Þegar ýsa er í loðnu, hættir hún oftast að éta annað og troðfyllir sig af henni svo að magaveggurinn verður örþunnur. Ýsan étur einnig einstaka sinnum síli og sviflæg krabbadýr í slíku magni. Það er nokkuð víst að loðnan er mjög mikilvæg fæða fyrir ýsuna, vegna þess hversu mikið magn hún étur af henni og vegna þess að átið fer fram um það bil mánuði fyrir hrygningu ýsunnar. Síli er næst stærsti hópurinn innan fiskibráða, en það var mest étið í júlí á suður- og vesturmiðum. Eitthvað var um síldarátt í mars og nóvember en síldarhrogn komu í miklu magni upp úr nokkrum ýsum í júlí nálægt Selvogsbanka.

Krabbadýr eru næststærsti fæðuflokkurinn miðað við heildarþyngd fæðu (15%), og þyngstu hópar innan hans voru náttlampar og sviflægar marflær. Þessir tveir hópar eru mest étnar í júlí en minnst er um át á náttlömpum í nóvember og sviflægum marflóm í mars. Rækjan stóri kampalampi er þriðja þyngsta krabbadýrabráðin, en hún er mest étin af stærri ýsu (30 til 79 cm) í mars á Faxaflóasvæðinu.

Lindýr eru aðeins 3% af heildarþyngd fæðunnar. Stærsti hópurinn innan hans eru smokkfiskar. En ef samlokur hefðu ekki verið greindar niður í tegundir sæist glöggt að samlokur væri með mestu þyngd hlutfallslega innan lindýra en ýsan er þekkt fyrir skeldýraát sitt. Skeldýrasafnarar hafa jafnvel notfært sér það og skoðað mikið í maga ýsu (Óskar Ingimarsson 1982).

Miðað við heildarþyngd fæðu eru skrápdýr 11%, en þar er hópurinn slöngustjörnur ógreint stærstur. Allar greinanlegar slöngustjörnur voru greindar til tegunda, samanlagt eru þær 55% af skrápdýrunum.

“Önnur bráð” er að mestu leyti burstaormar. Bustaormar og skrápdýr hafa það sameiginleg að vera í allflestum sýnum, þó sjaldan sé mikið af þeim í einu. Þetta gefur tilefni til að ætla að þessir fæðuhópar séu ýsunnir að einhverju leyti mikilvægir í fæðunáminu. Þó eru þessir tveir fæðuhópar orkulágir sérstaklega slöngustjörnur, sem innihalda 0,29kcal/g en burstaormar innihalda 0,61kcal/g (Mattson 1992), til samanburðar er til dæmis loðna með 0,73kcal/g (Droplaug Ólafsdóttir 1993) og náttlampi með 0,93kcal/g (Lockyer 1987).

Át ýsu í tíma og rúmi

Af þeim þremur mánuðum sem gögnum var safnað í sker mars sig mest úr hvað varðar loðnuátið, sem fer nær eingöngu fram á þessum tíma á grunnslóð og að langmestu leyti á Faxaflóa og Vestfjarðarmiðum. Fyrir norðan land eða á öðrum árstíma reyndist fiskát í mörgum tilfellum nær því ekkert. Hins vegar er það sjaldgæft að ýsan sé ekki með krabbadýr, skrápdýr eða burstaorma af einhverju tagi í maganum. Þessir hópar eru algengastir í fæðu ýsu þó innbyrðis hlutfall þeirra sé mismunandi eftir stað, tíma og stærð ýsunnar.

Lindýrin virðast vera nokkuð stöðugur þáttur í fæðu ýsunnar þar sem hlutfallslegt magn þeirra breytist lítið hvort heldur sem lítið er á mismunandi árstíma eða staðsetningu.

Töluverður breytileiki er í fæðu ýsu eftir hafsvæðum, mesta breytileikanum veldur sem fyrir loðnan sem mest er étin á vesturmiðum. Aðrir þættir koma þarna líka inn í eins og hitastig sem er allt annað fyrir norðan landið heldur en fyrir sunnan og vestan land, en hitastig sjávar hefur m.a. áhrif á meltingarhraða. Fyrir norðan land er ýsan að éta mikið af orkulágum skrápdýrum og burstaormum en mjög lítið af fiski. Af því mætti draga þá ályktun að vaxtarhraði ýsu sé ekki mikill á þessum slóðum, en það er alls ekki greinilegur munur á vaxtarhraða ýsu í köldum eða hlýjum sjó (Einar Jónsson 1996)..

Þó svo að loðna sé sú bráð sem mest er áberandi í þessari könnun, þá má ekki gleyma því að loðnan er ekki til staðar fyrir ýsuna nema stuttan tíma eða meðan loðnugangan varir. Loðnan virðist vera einskonar viðbót við fæðuna, það verður lítilsháttar minnkun í annarri fæðu í mars mest hjá krabbadýrum í stærstu ýsunn. Svipað gerist í júlí þegar ýsan hefur sílið, en í meginatriðum er önnur bráð en fiskar með álíka meðalþyngd eftir lengdarflokkum ýsunnar í þessum þremur mánuðum. Nóvember sker sig úr, en þar er mjög lítið fiskiát og hlutfall meltingarstigs 2 er hæst þar eða (30%).

Óvissuþættir í sýnatöku og úrvinnslu

Fæðurannsóknir eru líklega auðveldasta leiðin til að reyna að segja til um lifnaðarhætti sjávardýra og þá sérstaklega botnfiska, sem lifa á djúpu vatni og erfitt er að nálgast búsvæði þeirra nema með ærnum tilkostnaði og þá aðeins í stuttan tíma í senn. Veidar hafa verið stundaðar á fiskum í aldaðir og veiðiaðferðir orðnar mjög þróaðar og eru veiðar því aðferð sem mikið er notuð við rannsóknir á fiskum.

Í þessari athugun voru notuð togskip við sýnatöku eins og komið hefur fram hér frammar. Þessi skip voru misjöfn að stærð og krafti en samt innan marka sem

Hafrannsóknarstofnunin setti sér þannig að sýnatökutækið (skipið) var staðlað eins og hægt var. Aðferðin sem notuð var við að ákvarða hvaða fiskar væru teknir í sýni hefur sína kosti og galla. Í stað þess að taka N-ta hvern fisk voru teknir allt að fimm fiskar í hverjum lengdarflokki og magasýni úr þeim sett saman í flát með geymsluvökva. Með þessu móti var tryggt að jafnari dreifing fengist í sýnatökunni eftir lengdarflokkum og hafsvæðum.

Hægt var að halda kostnaði niðri í kaupum á flátum og ennfremur var hægt að safna meiru en ella. Ókostirnir eru hins vegar þeir að vægi sýna þar sem lítið var af ýsu vega of mikið gagnvart sýnum þar sem mikið var af ýsu, einnig tapast mikilvægur einstaklingsmunur við úrvinnslu gagnanna vegna þess að magasýni úr fiski í sama lengdarflokki og sömu stöð voru sett saman (Gunnar Stefánsson og Ólafur Karvel Pálsson 1997).

Hér er aðallega notast við þyngdarhlutfall fæðuhópa, en vissulega er hægt að skoða þessi gögn út frá öðrum forsendum svo sem fjölda bráðar. Einnig mætti skoða fæðuvæði með því að flokka bráðina í sviflæga og botnlæga bráð og dýr sem lifa ofan í botnsetinu. Þá eru óskoðuð gögn um stærðardreifingu bráðar og tegundasamsetningu eftir hafsvæðum.

Þakkir

Að lokum vill ég þakka þeim samstarfsmönnum sem unnu með mér að greiningum þessara sýna og þeir sem aðstoðuðu mig við yfirlestur og annað viðkomandi útgáfu á þessari grein.

Heimildir

- Albert, O. T., 1994. Ecology of haddock (*Melanogrammus aeglefinus* (L.)) in the Norwegian Deep: - ICES J. mar. Sci., 51: 31-44.
- Burgos, G., S. Mehl, 1987. Diet overlap between North - East arctic cod and haddock in the southern part of the Barents Sea in 1984 - 1986. ICES CM 1987/G: 50, 22 s.
- Cranmer, G. J., 1986. The food of the haddock in the North Sea. ICES CM 1986/G: 86, 14s.
- Droplaug Ólafsdóttir, Erlingur Hauksson, 1993. Orkuinnihald helstu fæðutegunda sela við Ísland. Óbirt skýrsla, Hafrannsóknarstofnun Reykjavík, 8 s. + töflur.
- Einar Jónsson, 1996. Vöxtur ýsu við Ísland. Ægir, 89(2): 26-30.
- Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, 1997. Statistical evaluation and modellings of stomach contents of Icelandic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 169-181.
- Hall, S.J., 1987. Maximum daily ration and the pattern of food consumption in haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.), and dab, *Limanda limanda* (L.), J. Fish Biol. 31: 479-491.
- Jón Sólmundsson, 1993. Fæða og fæðuhættir Grálúðu (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walb.)) (Pisces: pleuronectidae) á íslenskum hafsvæðum. Háskóli Íslands (handrit): 65 s..
- Lockyer, C., 1987. Evaluation of the role of fat reserves in relation to the ecology of North Atlantic fin and sei whales. Í: Huntley, A.C., D.P. Costa, G.A.J. Worthy, M.A. Castellini, (ritstj.): Approaches to marine mammal energetics. Lawrence, Allen Press, 183-203.
- Mattson, S., 1992. Food and feeding habits of fish species over a soft sublittoral bottom in the Northeast Atlantic. 3. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus* (L.)) (*Gadidae*). - Sarsia 77: 33 - 45.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit fiskideildar, 7 (1), 1-60.
- Ólafur K. Pálsson, 1985. Fæða botnlægra fiska við Ísland. Náttúrufræðingurinn, 55: 101-118.
- Óskar Ingimarsson, 1982. Skeldýrafána Íslands. Reykjavík, Prentsmiðjan Leiftur Hf, 351s.
- Sigurður Þ. Jónsson, 1996. Food and feeding of saithe (*Pollachius virens*) at Iceland. Háskólin í Bergen. Hluti af Cand.scient. ritgerð. 23-67.
- Templeman, W., 1965. Some instances of cod and haddock behaviour and concentrations in the Newfoundland and Labrador areas in relation to food. - International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Special publication 6: 449-461.
- Wigley, R.L., 1956. Food habits of Georges Bank haddock. - Special Scientific Report of the U.S. Fish and Wildlife Service 165: 1-26.

Fæða steinbíts (*Anarhichas lupus*) og hlýra (*A. minor*) við Ísland

Kristján Kristinsson
Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Niðurstöður rannsókna á fæðu steinbíts og hlýra við Ísland árið 1992 eru kynntar. Sýnataka fór fram á þremur mismunandi árstímum, í mars, júlí og nóvember, og var safnað 5151 sýni úr steinbíti og 1269 sýnum úr hlýra. Megin fæða steinbíts út frá þyngdarhlutfalli fæðuhópa og tíðni fæðu í meltingarvegi voru skrápdýr, aðallega slöngustjörnur og ígulker. Aðrir fæðuhópar voru samlokur, kuðungar og ýmis krabbadýr, aðallega stórkraubar. Fiskar voru mikilvægir í fæðu steinbíts í mars, en skiptu litlu máli á öðrum árstímum. Aðalfæða hlýrans voru skrápdýr, mest slöngustjörnur, en næst mikilvægasta fæðan voru fiskar, mest í mars og minnst í nóvember. Niðurstöðurnar eru í samræmi við fyrri rannsóknir sem gerðar hafa verið á fæðu tegundanna í Norður-Atlantshafi. Rannsóknin sýnir að fæða tegundanna skarast tölvvert, en munur var á niðurstöðum eftir því hvort skörunin var reiknuð út frá þyngdarhlutfalli fæðuhópa eða tíðni þeirra í meltingarvegi. Skörunin var að meðaltali um 40% út frá þyngdarhlutfalli fæðuhópa, en 70-80% út frá tíðninni. Munurinn á fæðu tegundanna var sá að fæða hlýrans var einsleitari en fæða steinbíts og ekki eins breytileg á milli árstíma. Steinbítur og hlýri missa tennurnar árlega og endurspeglast það í hlutfalli tómrar maga og meðalþyngd fæðu í maga á mismunandi árstímum. Í nóvember var hlutfall tómrar maga hjá steinbít hæst eða um 65% og meðalþyngd í maga minnst, en á þessum tíma er hann að skipta um tennur. Í júlí var hlutfall tómrar maga lægst (1,2%) og meðalþyngd í maga mest. Hjá hlýra var hlutfall tómrar maga hæst í nóvember eða um 43%, en lægst í júlí (2,5%). Í nóvember var hlýrinn líklega búinn að hrygna, en hrygningin við Ísland er sennilega í ágúst líkt og annars staðar í Norður-Atlantshafi.

Inngangur

Þrjár tegundir af steinbítsett (*Anarhichadidae*) finnast við Ísland, steinbítur (*Anarhichas lupus*), hlýri (*A. minor*) og blágóma (*A. denticulatus*). Steinbíturinn er algengasta tegundin af þessum þremur og einn af tíu mikilvægustu nytjafiskum Íslendinga. Hlýrinn er mun sjaldgæfari og hefur hingað til verið talinn með steinbít í aflaskýrslum. Árlegur affli tegundanna hefur undanfarin ár verið á bilinu 12-18 þúsund tonn (Gunnar Jónsson 1982, Anon 1996). Blágóman er sjaldgæfasta tegundin og er hún ekkert nýtt til manneldis. Við Ísland finnast tegundirnar allt í kringum landið. Steinbíturinn er algengastur við Vestfirði, en hlýrinn og blágóman eru algengust í kalda sjónum NV, N og A-lands (Gunnar Jónsson 1992).

Fæðuhættir steinbíts og hlýra eru allsérstæðir. Þetta eru hægsyndir botnfiskar sem lifa á leir-, sand- eða steinbotni og er megin fæðan talin vera ýmis botndýr með harðar ytri grindur og skeljar (Gunnar Jónsson 1982, 1992). Tennurnar eru öflugar eru þær notaðar til að vinna á þessum botndýrum. Fremst í kjaftinum eru fjórar bognar vígtennur í hvorum skolti og eru þær notaðar til þess að rífa upp fæðu af botninum. Fyrir aftan þær eru jaxlar í neðra skolti og á plógbeini og gómbeinum og eru þeir notaðar til þess að mylja harðar skeljar og ytri grindur botndýra (Gunnar Jónsson 1992, Albikovskaya 1983). Tennur hlýrans eru ekki eins sterklegar og tennur steinbíts og því er hann líklega ekki í eins miklu harðmeti (Gunnar Jónsson 1992). Vegna fæðuvalsins eyðast tennurnar og skipta tegundirnar því um tennur árlega. Þær eru því tannlausar um tíma og þá éta þær ekki. Hjá steinbít eiga tannaskiptin sér stað um og eftir hrygningu og þegar hann er kominn með nýjar tennur gengur hann á grunnslóð í fæðuleit (Gunnar Jónsson 1982). Um tannaskiptingu hlýrans er ekkert vitað.

Rannsóknir á fæðu steinbíts hafa verið umtalsverðar við Ísland (Gunnar Jónsson 1982 1992, Ólafur K. Pálsson 1983, 1985), en lítið er vitað um fæðu hlýrans. Meginfæða steinbíts í þessum rannsóknum voru slöngustjörnur, ígulker, samlokur, kuðungar og krabbadýr, en einnig var eitthvað af fiski. Uppistaðan í fæðu steinbíts við Labrador og Nýfundnaland (Albikovskaya 1983, Templeman 1985, Nelson og Ross 1992) og í Hvítahafi (Barsukov 1972) voru skrápdýr, lindýr, krabbadýr og fiskar. Við Nýfundnaland og Labrador komu samlokur, kuðungar og skrápdýr oftast fyrir í maga steinbíts (Nelson og Ross 1992). Fæða steinbíts- og hlýraseiða við Norður-Noreg og í Barentshafi voru ýmis krabbadýr (Falk-Petersen

o.fl. 1990, Ortova o.fl. 1990). Fæðurannsóknir á hlýra við Nýfundnaland (Albikovskaya 1983, Templeman 1986a) og í Hvítahafi (Barsukov 1972) sýndu að skrápdyr, aðallega slöngustjörnur, voru meginfæðan og fiskar og krabbadyr næst mikilvægustu fæðuhóparnir.

Markmiðið rannsókn þeirri sem hér er kynnt var að kanna fæðu steinbíts og hlýra við Ísland árið 1992 á þremur mismunandi árstímum. Rannsóknin er sú víðamesta sem gerð hefur verið á fæðu steinbíts við Ísland, en markvissar rannsóknir á fæðu hlýra hafa ekki farið fram áður. Með rannsókninni gafst einnig tækifæri til samanburðar á fæðu steinbíts og hlýra, tveggja náskyldra tegunda, við Ísland. Rannsóknin er hluti af Fjölstofnaverkefni Hafrannsóknastofnunarinnar.

Sýnataka og úrvinnsla gagna

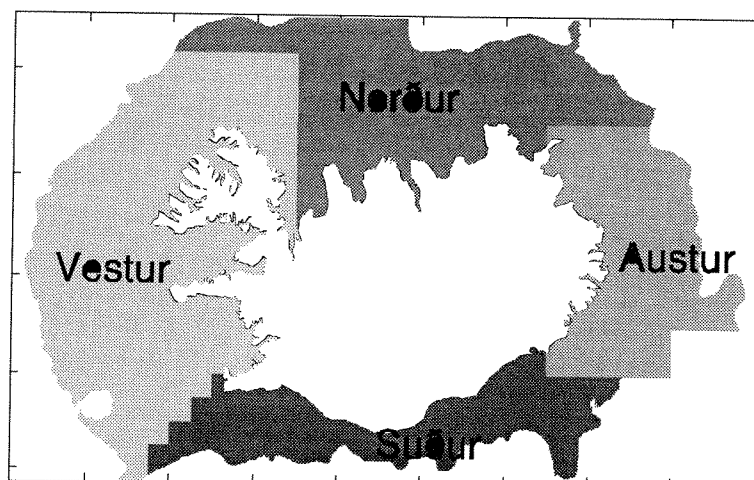
Sýnataka fór fram víðsvegar á landgrunninu umhverfis Ísland í mars, júlí og nóvember árið 1992. Alls var safnað 5151 magasýna úr steinbíti og 1269 sýnum úr hlýra (1. tafla). Við sýnatöku var fiskunum skipt í 14 lengdarflokka: 5-9, 10-14, 15-19, 20-24, 25-29, 30-39,, 90-99 og 100-119 sm. Ætlunin var að fimm magasýni úr hverjum lengdarflokki mynduðu hvert sýni en ekki tókst alltaf að ná því markmiði. Innihaldi úr bæði mögum og görnum var safnað, það sett í eitt ílát og geymt í alkóhóli þar til greining fór fram. Fæðan var greind til tegunda eins og unnt var en flokkuð í fæðuhópa ef ekki var hægt að tegundagreina bráðina. Votvigt fæðunnar var mæld að næsta 0,1g og metið hversu melt hún var.

Við úrvinnslu gagna var rannsóknasvæðinu skipt í fjögur svæði, suður-, vestur-, norður- og austursvæði (1. mynd). Steinbítur veiddist á öllum svæðunum en enginn hlýri veiddist á suðursvæðinu. Fæðan var flokkuð í 17 flokka til einföldunar og hlutdeild hvers flokks í fæðunni metinn eftir árstíma og svæðum og samanburður gerður á fæðu steinbíts og hlýra. Þar sem fá sýni voru í sumum lengdarflokkum var þeim slegið saman við úrvinnslu. Hjá báðum tegundum var tveimur stærstu flokkunum slegið saman í einn flokk, 90 sm og lengri, og hjá hlýra var þremur minnstu flokkunum slegið saman í einn flokk, 5-19 sm.

Notaðar voru tvær aðferðir til þess að meta hlutdeild fæðuflokka í fæðu steinbíts og hlýra. Í fyrsta lagi var þyngdarhlutfall fæðuflokka reiknað út frá heildarþyngd fæðunnar (% votvigt) fyrir hvert svæði mismunandi árstíma og fyrir hvern lengdarflokk. Í öðru lagi var tíðni mismunandi fæðuhópa í maga (meltingarvegi í þessari rannsókn) af heildarfjölda maga með fæðu reiknað. Þá eru taldir fjöldi maga sem innihalda einn eða fleiri einstaklinga af hverri fæðugerð og hann síðan reiknaður sem hlutfall af heildarfjölda maga með fæðu. Þar sem mögum var slegið saman í lengdarflokka eins áður hefur verið lýst þurfti að umreikna tíðni fæðuhópa fyrir hvern einstakan maga. Notuð var líkindajafna samkvæmt Bogstad o.fl. (1994):

$$H = 1 - (1-p)^n$$
$$p = 1 - (1-H)^{1/n}$$

þar sem p eru líkurnar á því að ákveðin fæðugerð komi fyrir í maga, H eru líkurnar á að fæðugerð komi fyrir innan sýnis og n er meðalfjöldi maga með fæðu.



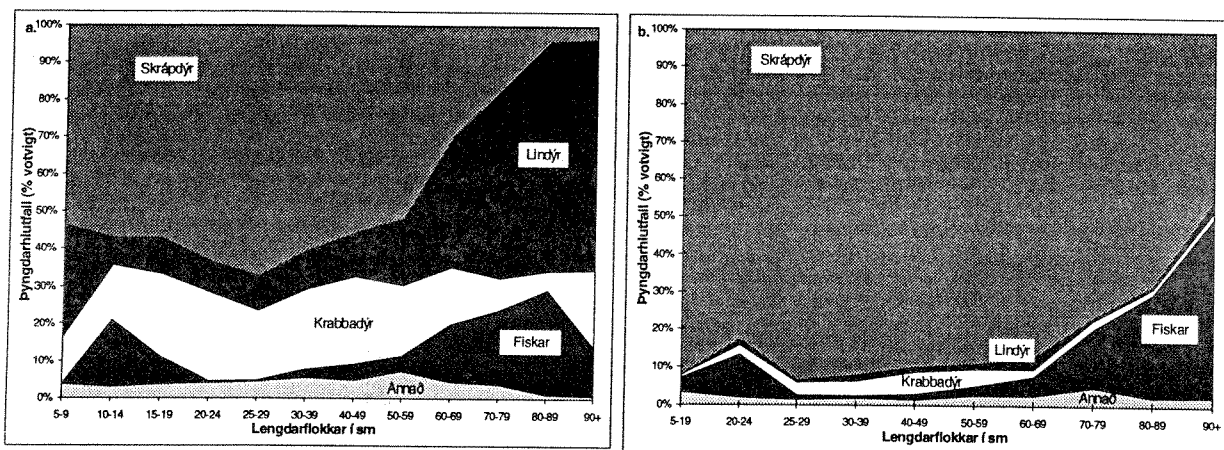
1. mynd Skipting rannsóknasvæðisins umhverfis Ísland í vestur-, norður-, austur- og suðursvæði.

Til þess að mæla skörun á fæðu steinbíts og hlýra, og til þess að bera saman fæðu milli svæða og árstíma innan tegunda var notaður Morisita-Horn stuðull (Horn, 1966, Diamond, 1983). Stuðullinn liggur á bilinu núll til einn og þýðir einn að fæða tveggja tegunda er nákvæmlega eins, þ.e. þær eru að taka sömu bráðina, en núll þýðir að fæða tegundanna er ólík og engin bráð er þeim sameiginleg.

Einnig var meðalþyngd fæðu í maga í hverjum lengdarflokki reiknuð fyrir hvern árstíma til þess að athuga árstíðabreytingar í þyngd magainnihalds.

Niðurstöður

Meginfæða steinbíts út frá þyngdarhlutfalli fæðuhópa voru skrápdyr, lindyr og krabbar, en aðrir fæðuhópar vógu lítið af heildarþyngdinni (1. tafla og 2. mynd a). Breytileiki var í fæðusamsetningunni eftir árstíma (1. tafla). Í mars voru skrápdyr (ígulker, slöngustjörnur, krossfiskar og ógreind skrápdyr) um 37% þyngdar, samlokur um 16% (mest kúfiskel, en einnig kræklingur, aða og diskategundir), kuðungar 5%, stórkabbar 5,9% (mest einbúakrabbar og litli trjónukrabbi, en einnig rækjur), önnur krabbadyr 9% (ógreind krabbadyr, marflær og jafnfætlur) og fiskar um 25% (að mestu loðna). Í júlí voru fiskar 2% af þyngdinni en hlutdeild samloka jókst og varð um 36% (um 80% voru diskategundir) en ekki urðu miklar breytingar á þyngdarhlutfalli annara fæðuhópa. Í nóvember breyttist fæðan mikið og um 65% þyngdar voru ýmis skrápdyr, ýmis krabbadyr rúmlega 14%, kuðungar um 10% og samlokur rúmlega 1%. Á þessu tímabili var um 65% maga steinbíts tómur. Samkvæmt Morisita-Horn stuðullinn var mestur munurinn á fæðunni milli júlí og nóvember, en þá var stuðullinn 0,58 en minnstur á milli mars og júlí eða 0,75 (2. tafla). Breytileiki var einnig í fæðusamsetningunni eftir lengd steinbíts (2. mynd a). Mikilvægasta fæða hjá steinbít að 60 sm voru skrápdyr en aðrir mikilvægir fæðuhópar voru krabbadyr og lindyr. Fiskar voru 10-20% af þyngdarhlutfallinu hjá 10 til 20 sm steinbít, mest voru þetta ógreinanlegar fiskileifar, en einnig þorksfiskar, sem fundust í mögum steinbíts í mars. Þegar steinbíturinn stækkaði minnkaði hlutdeild skrápdyra og mikilvægasta fæðan var orðin lindyr (mest samlokur) og fiskar (mest loðna sem var í steinbít í mars).



2. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuhópa eftir lengdarflokkum hjá a. steinbít og b. hlýra. Gögnum úr öllum leiðangrum árið 1992 er slegið saman.

1. tafla. Þyngdarhlutfall mismunandi fæðuhópa hjá steinbít og hlýra 1992, skipt eftir árstímum. * þýðir að viðkomandi fæðuhópur náði ekki 0,5% af heildarþyngdinni. - þýðir að viðkomandi fæðuhópur kom ekki fyrir.

Fæðuhópar	Steinbítur			Hlýri		
	Mars	Júlí	Nóvember	Mars	Júlí	Nóvember
Holdýr (cnidaria)	0,1	*	0,1	0,5	*	*
Mosadýr (bryozoa)	0,3	0,7	1,1	0,2	0,2	0,2
Jafnfætlur (isopoda)	0,1	0,1	0,1	*	*	*
Marflær (amphipoda)	0,4	0,1	0,1	0,1	*	0,1
Stórkabbar (decapoda)	5,9	5,9	7,2	2,5	2,6	1,3
Önnur krabbadýr (crustacea)	8,6	11,2	6	0,2	0,1	*
Krossfiskar (asteroidea)	0,2	0,3	3	1,4	2,2	0,5
Slöngustjörnur (ophiura)	7	6,5	22,6	37,4	67,9	82,6
Ígulker (echinoidea)	6,9	4,9	11,9	2,9	4,1	1
Ógr. skrápdyr (echinodermata)	22,6	22,9	29,8	32,3	6,6	1,7
Samlokur (bivalvia)	15,7	35,7	1,3	0,3	1,1	2,3
Kuðungar (gastropoda)	5,1	5	9,8	0,9	0,4	0,3
Smokkfiskar (cephalopoda)	*	*	-	0,4	*	*
Burstaormar (polycheta)	1	1,9	2,1	1,1	1,6	1,1
Önnur botndýr	0,3	0,7	0,8	0,9	0,8	0,3
Fiskar (pisces)	24,5	2	2,9	18,8	11,9	8,2
Annað	1,4	2	1,2	0,2	0,4	0,3
Samtals	100	100	100	100	100	100
Fjöldi maga	2865	1362	924	839	282	148
% tómra maga	16,8	1,2	65,2	13,5	2,5	42,6

2. tafla. Samanburður á fæðu milli árstíma hjá hlýra annars vegar og steinbíts hins vegar reiknað með Morisita-Horn stuðli út frá þyngdarhlutfalli fæðuhópa.

	Mars/ Júlí	Mars/ Nón.	Júlí/ Nón.
Hlýri	0,79	0,68	0,98
Steinbítur	0,75	0,69	0,58

Uppistaðan í fæðu hlýrans samkvæmt þyngdarhlutfalli fæðuhópa (1. tafla) voru slöngustjörnur og önnur skrápdyr eða um 70-85%, en fiskar voru 8-18% af þyngdinni, mest í mars. Af fiskum fannst mest af gullkarfa, ógreinanlegum fiskileifum og þorskfiskum. Lítið var um loðnu. Ekki voru miklar breytingar á fæðu hlýrans milli árstíma samkvæmt Morisita-Horn stuðlinum (2. tafla). Munurinn á fæðunni var mestur á milli mars og nóvember, og lá hann í því að í mars var fiskátið meira og hlutfall skrápdyra lægra en í nóvember. Ekki var heldur mikill breytileiki í samsetningu fæðunnar eftir stærð hlýrans (2. mynd). Ýmis skrápdyr voru um 90% af þyngdinni hjá minni fisknum en hlutdeild fiska jókst svo hjá hlýra stærri en 60 sm. Aðrir fæðuhópar vógu ekki mikið af heildarþyngdinni og hlutfall þeirra breyttist lítið eftir stærð hlýrans.

Tíðni fæðuhópa í meltingarvegi steinbíts og hlýra (3. og 4. tafla) sýndi að ýmis skrápdyr (slöngustjörnur, ígulker, krossfiskar og ógreind skrápdyr) voru algengasta fæðan hjá báðum tegundum, þá sérstaklega hjá hlýra. Á eftir komu kuðungar, samlokur, stórkabbar og ýmis önnur krabbadyr hjá steinbít (3. tafla), en fiskar, samlokur, kuðungar og stórkabbar hjá hlýra (4. tafla). Fæðuhópar, sem ekki vógu mikið með tilliti til þyngdar, urðu meira áberandi með þessari aðferð og voru það dyr eins og holdýr, mosadyr, jafnfætlur, marflær og burstaormar. Hjá steinbít virtist tíðni ýmissa botndýra, eins og samloka, kuðunga, mosadyra, slöngustjarna, ýmissa krabbadyra og burstaorma aukast frá mars til nóvember (3. tafla). Lítil breytileiki var á tíðni fæðuhópa í meltingarvegi steinbíts og hlýra á milli sömu svæða á mismunandi árstímum (óbirt gögn).

Munur var á fæðu steinbíts og hlýra samkvæmt Morisita-Horn stuðlinum reiknað út frá þyngdarhlutfalli fæðuhópa. Stuðullinn var að meðaltali 0,41 en var breytilegur á milli svæða á mismunandi árstímum (5. tafla). Mestur var munurinn á fæðunni á vestursvæði í júlí 1992, eða 0,1 en minnstur á norðursvæði í mars eða 0,82. Munurinn á fæðu tegundanna var minni þegar stuðullinn var reiknaður á tíðni fæðuhópa í meltingarvegi (5. tafla) eða á bilinu 0,67-0,87. Mesti munurinn var á fæðu tegundanna í júlí á vestursvæði, en minnstur í mars á austursvæðinu.

3. tafla. Tíðni fæðuhópa í meltingarvegi steinbíts 1992, skipt eftir árstímum og svæðum (sjá 1. mynd). * þýðir að viðkomandi fæðuhópur náði ekki 0,5% í tíðni.

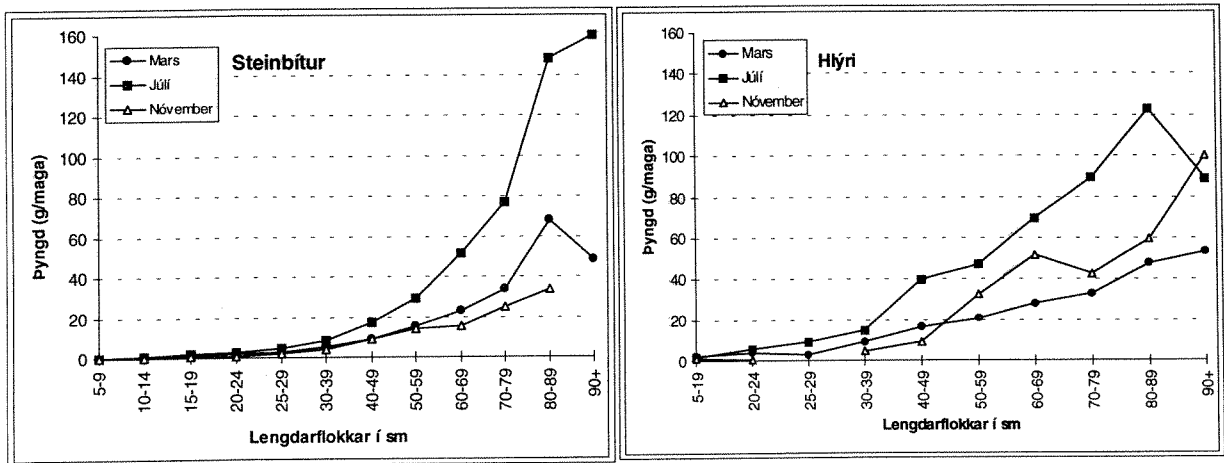
Fæðuhópar	Mars				Júlí				Nóvember			
	V	N	A	S	V	N	A	S	V	N	A	S
Holdýr	10,3	8,1	15,1	13,1	15,6	14,9	28,3	10,8	7,8	19	14,4	58,2
Mosadyr	20	25,5	20,2	11,2	41,9	43,8	40,3	6,1	47	37	55	87,8
Jafnfætlur	6,2	6,5	3,8	2,5	9	12,4	5,3	*	11,7	8	6,1	*
Marflær	8,5	10,2	19,1	4,2	4,3	6,8	7,5	6,1	28,3	10	19,2	*
Stórkabbar	34,8	37,5	34,1	25,4	43,8	42,8	58,1	26,9	62,9	63	69,3	87,8
Ógr. krabbadyr	28,5	50,6	44,5	20,7	55,3	49,9	71,8	29,8	78	69	77	98,5
Krossfiskar	0,8	0,4	1,5	2,1	4,3	4,6	3,2	8,4	6,8	13	10,9	*
Slöngustjörnur	19,4	22,6	16,1	13,1	35,9	54,7	40,3	22,1	60,9	63	53,9	87,8
Ígulker	21,7	12,9	23,6	11,2	32,9	18,6	16,6	45,1	46	42	55	87,8
Ógr. skrápdyr	17,8	23,1	33,4	13,1	25	28,2	35,4	10,8	39,1	39	38,6	*
Samlokur	35,6	33,5	26	30,7	60	38,5	58,1	69,7	57,9	44	60,2	98,5
Kuðungar	44,2	44,9	50,1	39,1	63,6	63,9	74,9	45,1	77	68	83,3	98,5
Smokkfiskar	*	2,9	0,7	*	0,4	0,8	3,2	*	*	*	*	*
Burstaormar	19,4	27,4	28,5	19	36,7	41	38,6	26,9	41,1	48	57,1	58,2
Önnur botndýr	11,7	23,1	11,8	12,1	25	39,3	27,6	10,8	25,3	44	29,6	*
Fiskar	13,2	4,5	5,4	16,2	4,7	4,6	6,6	12,6	4,9	6	13,2	*
Annað	9,4	16,2	8,7	10,7	23,2	19,2	25,7	47,8	31,2	23	36,4	87,8
Fjöldi maga	1376	690	615	184	724	312	276	50	271	276	360	17
% tómra maga	18	12,3	20	14,1	1,4	1,3	0,7	0	56,1	63,4	72,8	76,5

4. tafla. Tíðni fæðuhópa í meltingarvegi hjá hlýra 1992, skipt eftir árstímum og svæðum (sjá 1. mynd). * þýðir að viðkomandi fæðuhópur náði ekki 0,5% í tíðni.

Fæðuhópar	Mars			Júlí			Nóvember		
	V	N	A	V	N	A	V	N	A
Holdýr	5,8	18,4	23,4	*	1,9	1,8	*	2,8	*
Mosadýr	18,6	7,4	20,7	24,9	32,7	28,3	21,4	49	45,3
Jafnfætlur	*	1,7	4,7	*	1,9	*	*	5,5	*
Marflær	10	10,3	14,7	11,5	7,9	10,4	14,1	14,8	24,8
Stórkrabbar	18,6	20,4	23,4	24,9	42,3	47,2	28,9	29,8	74,9
Ógr. krabbadýr	8,3	15,2	21,4	14,3	11,5	19,7	14,1	14,8	*
Krossfiskar	1,7	3,9	5,9	20,1	4,3	5,4	*	2,8	24,8
Slöngustjörnur	50,2	22,4	18	39,5	75,5	72,9	73	84,6	84,6
Ígulker	17,7	12,8	30	39,5	25,1	28,3	14,1	29,8	*
Ógr. skrápýr	9,2	41,2	69,3	14,3	4,3	6,7	6,9	9,2	61,9
Samlokur	16,8	11,5	18,6	14,3	23,2	32,9	28,9	36,5	61,9
Kuðungar	17,7	10,3	33,8	11,5	29,8	28,3	14,1	27	74,9
Smokkfiskar	5,8	6,8	5,9	2,9	3,3	3,6	*	2,8	*
Burstaormar	30	38,7	36,2	30,7	59	61,4	54,2	54,9	74,9
Önnur botndýr	14,3	18,4	19,3	8,6	16,6	6,7	36,6	17,6	*
Fiskar	45,5	19,8	25,6	42,4	13,2	18,3	28,9	24,1	45,3
Annað	24,7	17,8	17,3	39,5	18,9	41,9	36,6	21,3	45,3
Fjöldi maga	231	329	279	42	181	59	21	89	38
% tómra maga	26	9,1	8,2	7,1	2,2	0	19	34,8	73,7

5. tafla. Samanburður á fæðu steinbíts og hlýra á mismunandi svæðum og árstímum reiknað með Morisita-Horn stuðli. Annars vegar er samanburðurinn metinn út frá tíðni fæðuhópa í meltingarvegi og hins vegar út frá þyngdarhlutfalli fæðuhópa.

Svæði/Árstími	Tíðni	Þyngdarhlutfall
Vestursvæði		
Mars	0,73	0,44
Júlí	0,67	0,1
Nóvember	0,7	0,26
Norðursvæði		
Mars	0,74	0,82
Júlí	0,85	0,3
Nóvember	0,81	0,7
Austursvæði		
Mars	0,87	0,77
Júlí	0,77	0,29
Nóvember	0,83	0,21



3. mynd. Meðalþyngd fæðu í maga (g) eftir lengdarflokkum hjá steinbít og hlýra 1992.

Meðalþyngd fæðu í meltingarvegi hlýra og steinbíts eftir lengdarflokkum á mismunandi árstíma er sýnd á 3. mynd. Hjá steinbít var munur á þyngd fæðunnar milli árstíma líttill hjá minnsta lengdarflokkunum, en eftir því sem fiskurinn stækkaði jókst munurinn. Mesta magn fæðu var í meltingarvegi í júlí, næst mest í mars, en minnst í nóvember. Hlutfall tómrá maga var hæst í nóvember eða um 65% (1. tafla), 16,8% í mars og í júlí, þegar meðalþyngd fæðunnar var mest, var hlutfall tómrá maga 1,2%. Hjá hlýra var meðalþyngdin fæðu mest í júlí, svipuð og hjá steinbít, næst mest í nóvember og minnst í mars. Meðalþyngd fæðu hjá hlýra var því meiri í nóvember en í júlí, öfugt við það sem var hjá steinbít. Hjá hlýra var hlutfall tómrá maga í nóvember 42,6%, tölvert lægra en hjá steinbít á sama árstíma, en hlutfallið í mars var 13,5% og 2,5% í júlí (1. tafla).

Ómeltanleg fæða og fæðuleifar, eins og skeljar af samlokum og kuðungum og ytri grindur slöngustjarna og ígulkeru, voru 85-90% af heildarþyngd innihalds í meltingarvegi hjá báðum tegundum.

Umraða

Meginfæða steinbíts í þessari rannsókn samkvæmt þyngdarhlutfalli fæðuhópa (1. tafla) voru ýmis botndýr eins og skrápdýr, samlokur, kuðungar og stórkrabbar. Önnur botndýr, eins og holdýr, mosadýr og burstaormar, vógu ekki mikið í heildarþyngd fæðunnar. Breytileiki var í fæðusamsetningunni milli árstíma, en einnig eftir stærð steinbíts (2. mynd) og er ástæðan trúlega sú að fæðuframboð og ástand fiskanna er breytilegt á milli árstíma. Sömu botndýrahópar voru sameiginlegir í nær öllum mögum sem skoðaðir voru en hlutfall þeirra breyttist bæði eftir stærð og árstíma. Ýmis skrápdýr voru mikilvægasta fæða steinbíts að 60 sm lengd og aðrir mikilvægir fæðuhópar voru krabbadýr og lindýr, en hjá stærri steinbíti komu lindýr og fiskar í stað skrápdýra. Át á lindýrum, aðallega samlokum, var mest í júlí og þá hjá stærsta fiskinum. Fiskátið var nánast eingöngu í mars, einnig hjá stærsta fiskinum og var mestmegnis um át á loðnu að ræða. Hlutdeild krabbadýra í fæðu steinbíts var stöðug bæði eftir stærð steinbíts og árstíma.

Niðurstöður þær sem hér hefur verið fjallað um eru í samræmi við fyrri rannsóknir á fæðu steinbíts við Ísland. Þær sýndu einnig að breytileika í fæðu á milli lengdarflokka og voru slöngustjörnur mikilvægasta fæðan hjá minnsta steinbítinum en eftir því sem fiskurinn stækkaði jókst hlutfeld samloka, kuðunga, krabbadýra og fiska (Ólafur K. Pálsson, 1983, 1985).

Hlýrinn er greinilega ekki í eins miklu harðmeti og steinbíturinn og voru slöngustjörnur og önnur skrápdýr uppistaða fæðu hans, en fiskar komu þar á eftir (1. tafla og 2. mynd). Aðrir fæðuhópar skiptu litlu máli. Fiskát hlýrans var nánast eingöngu bundið við stærsta fiskinn, en skrápdýr voru samt sem áður mikilvægasta fæðan. Hlýri sem er 5-70 sm var nánast alfarið í

slöngustjörnum, þannig að breytileiki í fæðu hlýrans eftir stærð og á milli árstíma var ekki mikill og ekki eins áberandi og hjá steinbít.

Tíðni fæðuhópa í meltingarvegi steinbíts og hlýra gaf aðra mynd af fæðusamsetningu þeirra. Skrápdýr, lindýr, stórkabbar og fiskar voru sem fyrr algengasta fæðan, en fæðuhópar sem vógu lítið eins og mosadýr, ýmis smákrabbadýr og burstaormar urðu meira. Þetta eru smá botndýr sem virðast étin með þeirri fæðu sem fiskarnir eru að leita og grafa sérstaklega eftir á botni. Þó er hugsanlegt að minnsti fiskurinn og þá sérstaklega steinbíturinn, leiti eftir þessum smáu dýrum þar sem fæðuval hans ræðst einhverju leyti af stærð steinbítsins.

Flestar rannsóknir sem gerðar hafa verið á fæðu steinbíts og hlýra annars staðar í Norður-Atlantshafi hafa byggt á tíðni. Þær sýna að fæða tegundanna er svipuð því sem gerist við Ísland og virðist hún ráðast af útbreiðslu bráðarinnar á mismunandi árstímum og svæðum (Templeman, 1985). Fæða steinbíts við Kanada (Nelson og Ross 1992, Albikovskaya 1983, Templeman 1985) og í Hvítahafi (Barsukov 1972) samanstóð að mestu leyti af skrápdýrum, lindýrum (aðallega samlokur) og krabbadýrum (aðallega stórkabbar eins og trjónukrabbar og einbúakrabbar), en meginfæða hlýrans við Kanada (Albikovskaya 1983, Templeman 1986a) og í Hvítahafi (Barsukov 1972) voru skrápdýr, aðallega slöngustjörnur, og síðan fiskar, krabbar, samlokur og kuðungar.

Samanburður á fæðu steinbíts og hlýra við Ísland bendir til þess að fæðuvist þeirra skarist töluvert. Fæða tegundanna skaraðist að meðaltali 41% út frá þyngd, en 70-85% út frá tíðni fæðuhópa. Þegar litið er á þyngd fæðuhópa sést að fæða hlýra er einsleitari en fæða steinbíts. Minnstur var munurinn á fæðu tegundanna í mars, en þá var hlutdeild fiska í fæðu steinbíts mikil og sambærileg því sem var hjá hlýra. Í júlí og nóvember breyttist fæða steinbíts mikið, hlutdeild fiska minnkaði og stað þeirra komu samlokur í júlí, og í nóvember voru skrápdýr algengasta fæðan. Það eina sem breyttist í fæðusamsetningu hlýra var hlutfallið milli skrápdýra og fiska.

Fæða steinbíts og hlýra var mun líkari þegar litið er á tíðni fæðuhópa í meltingarvegi. Botndýraát steinbíts og hlýra var svipað á milli árstíma, þ.e. minnst í mars og jókst þegar leið á árið. Samanburður á fæðu steinbíts og hlýra við Austur-Kanada sýndi að skörunin á fæðunni var að meðaltali um 70% (Albikovskaya 1983). Skörunin var reiknuð út frá tíðni fæðuhópa í mögum og er hún svipuð því sem er við Ísland (5. tafla).

Lítið er vitað hvernig steinbítur og hlýri haga fiskáti sínu en greinilega eru þeir ekki sérhæfðir til slíks hvað varðar vaxtarlag og tennur. Þetta eru hægsyndir botnfiskar (Gunnar Jónsson 1982) og líklegt að fiskbráðin séu dauðir fiskar sem hafa fallið til botns eða að þær sitji fyrir fiskbráðinni. Fiskát steinbíts var að mestu í mars og uppistaðan loðna. Loðnan gengur í torfum á hrygningastöðvar sínar fyrir sunnan og vestan landið í febrúar og mars og eftir hrygningu drepst stór hluti hennar (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Loðnan sem fannst í steinbítum er því sennilega dauð loðna sem fallið hefur til botns eftir hrygningu eða verið nálægt botni og steinbíturinn beðið þar í launsátri eftir henni. Mest var um loðnu í meltingarvegi steinbíts á vestursvæðinu, en einnig var loðna og ógreinanlegar fiskileifar (líklega loðna) í steinbít á suðursvæðinu. Hrygningu loðnunnar fyrir sunnan land var sennilega lokið þegar sýnataka fór fram í mars og hún þá hugsanlega komin á hrygningarsvæðið fyrir vesturlandið. Þetta gæti skýrt það að meira var af loðnu í steinbít á vestursvæðinu en á suðursvæðinu í mars. Niðurstöðurnar segja því lítið til um mikilvægi loðnu í fæðu steinbítsins á suðursvæðinu á þessum árstíma og til þess að skoða það þyrfti að taka sýni þegar loðnan kemur á suðursvæðið í febrúar. Fiskát hlýra var mest í mars, en það var einnig töluvert í júlí og nóvember ólíkt því sem var hjá steinbít. Algengustu fiskarnir voru karfategundir en loðna var ekki nema lítill hluti af fiskbráðinni. Hlýrinn er líklega að éta dauða fiska og önnur hræ af botni líkt og steinbíturinn, og t.d. fannst rita (*Rissa tridactyla*) í hlýramaga sem safnað var í júlí á rúmlega 300m dýpi. Lítið er vitað um búsvæði hlýrans við Ísland en hugsanleg skýring á muninum á fiskáti hans og steinbíts er að búsvæði þeirra séu ólík.

Skrápdýr, þá sérstaklega slöngustjörnur, voru mikilvæg fæða steinbíts og hlýra í nóvember. Þá eru tannaskipti hjá fiskunum, hlýrinn líklega búinn að fá tennurnar aftur og

steinbíturinn að fá þær. Á þessum tíma ráða þær líklega ekki við mjög harða fæðu eins og samlokur og leita því að fæðu sem er minni og auðveldara að bryðja eða gleypa og eru slöngustjörnur því hentug fæða. Tannaskiptin geta því verið hugsanleg skýring á tiltölulega miklu magni slöngustjarna í mögum í nóvember.

Lífsferill steinbíts og hlýra er með þeim hætti að hlutfall tómrar maga og meðalþyngd fæðu í meltingarvegi á hverjum árstíma ætti að endurspeglar hann að einhverju leyti. Í nóvember var fjöldi tómrar maga hjá steinbít mestur og meðalþyngd fæðu í maga minnst en á hrygningartímanum missir steinbíturinn tennurnar og fastar. Í desember eru flestir steinbítar búnir að fá tennurnar aftur (Gunnar Jónsson 1982), hann fer í fæðuleit og hlutfall tómrar maga minnkar og meðalþyngd fæðu í maga eykst og nær hámarki í júlí. Svipað ferli á sér stað hjá steinbít við Nýfundaland og Labrador (Templeman 1986b). Lífsferill hlýra við Ísland er ekkert þekktur en í nóvember var hlutfall einstaklinga með tóma maga hæst, en þó var það ekki eins hátt og hjá steinbít. Talið er að hlýrinn suðvestur og vestur af Íslandi hrygni síðsumars (Lühmann 1954). Í nóvember var hrygning líklega afstaðin, fiskarnir farnir að fá tennurnar aftur og komnir í ætisleit. Við austurströnd Kanada og við VesturGrænland hrygnir hlýrinn júlí-ágúst (Templeman 1986a) og í Barentshafi einnig á svipuðum tíma (Østvedt 1963). Því er líklegt að lífsferill hlýrans við Ísland sé svipaður og annars staðar í Norður-Atlantshafi og hann hrygni síðsumars, töluvert á undan steinbít.

Mælingar á votvigt henta líklega ekki einar og sér til að meta mikilvægi einstakrar bráðar í fæðu steinbít og hlýra. Það er vegna þess að ekki er tekið tillit til ómeltanlegra fæðuhluta eins og ytri grinda, skelja og beina sem nýtast ekki sem næring (Hyslop 1980, Berg 1979), sem reyndust um 85-90% af heildarþyngd innihalds maga og garna hjá báðum tegundum. Votvigtamælingar ofmeta að öllum líkindum bráð með hátt hlutfall ómeltanlegra fæðuhluta, eins og t.d. slöngustjörnur og samlokur. Til að fá nákvæmari mynd af mikilvægi einstakra fæðuhópa þyrfti að meta orkuinnihald og meltingarhraða þeirra. Ýmis atriði hafa áhrif á meltingarhraða fiska eins og t.d. svelt, hlutfall ómeltanlegra fæðuhluta í bráðinni, fituinnihald hennar og hitastig sjávar (Hyslop 1980). Þannig getur mismunandi meltingarhraði ýmissa fæðuhópa valdið skekkju þegar meta á mikilvægi þeirra (Hyslop 1980). Einnig verður að hafa í huga að melting fer að einhverju leyti fram í görnum steinbíts og hlýra (Orlova o.fl. 1989). Dýr eins og slöngustjörnur og ígulker, þar sem um 70% af líkamsþyngdinni eru ómeltanlegar grindur, fara hratt úr maga yfir í garnir og er skilað út á tveimur dögum (Orlova o.fl. 1989). Önnur fæða eins og samlokur (skelin er um 35-45% af þyngdinni), krabbadýr og fiskar eru mun lengur að meltast. Hátt hlutfall ómeltanlegrar fæðu virðist því örva flæði um meltingarveginn þannig að útskilnaður og fæðuinntaka verður örari. Þegar hinsvegar steinbítur og hlýri eru að éta fæðu með hátt hlutfall meltanlegra vefja, eins og fiska, virðist hægja á meltingunni og át verður ekki eins mikið (Orlova 1989).

Tíðni fæðuhópa í meltingarvegi gefur aðeins grófa mynd af fæðusamsetningunni, en segir ekkert um magn fæðuhópa í fæðunni (Hyslop 1980, Berg 1979). Hún ofmetur líklega mikilvægi ýmissa fæðuhópa sem vega lítið í heildarþyngdinni.

Þegar meta á skörun á fæðu tveggja tegunda skiptir máli hvernig greining og flokkun fæðunnar er háttáð og getur sá þáttur getur haft áhrif á niðurstöðurnar. Ef fæðuflokkarnir í þessari rannsókn væru færri, t.d. ef öll skrápdyr væru í einum flokki, öll krabbadýr í einum flokki o.s.fr., er líklega að fæða tegundanna teldist mjög lík, en ólíkari eftir því sem fæðuflokkarnir væru fleiri. Fæða steinbíts og hlýra er líklega ekki eins lík í mars og Morisita-Horn stuðullinn gefur til kynna út frá þyngdarhlutfalli fæðuhópa þar sem allar fisktegundir í fæðunni voru flokkaðar í einn flokk.

Skörun á fæðu tegundanna líklega einnig ofmetin þegar stuðullinn er reiknaður út frá tíðni fæðuhópa í meltingarvegi þar sem hún tekur ekki tillit til mikilvægi fæðuhópanna út frá t.d. þyngd. Þetta á sérstaklega við um tegundir eins og steinbít og hlýra þar sem fæða þeirra samanstandur að mestu af botndýrum og er mjög fjölbreytileg.

Steinbítur og hlýri eru greinilega aðlagðir að því að éta fæðu af botni sem eru hörð undir tönn, meðal annars m.t.t. tannabyggingar, en eru að sama skapi alætur. Fæða þeirra

samanstendur aðallega af hryggleysingjum sem lifa á botni og eru með harða ytri grind og virðist ráðast af ýmsum þáttum, eins og fæðuframboði á mismunandi árstímum og svæðum, en einnig stærð og ástandi fiskanna.

Heimildir

- Albikowskaya, L. K., 1983. Feeding characteristics of wolffishes in the Labrador-Newfoundland region. NAFO Sci. Coun. Studies, 6: 35-38.
- Anon., 1996. Nýttjastofnar sjávar 1995/96. Aflahorfur 1996/97. Reykjavík, Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 46, 175 bls.
- Barsukov, V. V., 1972. The wolffish (*Anarhichadidae*). Tr. Zool. Inst. Acad. Sci. USSR: Fishes, 5(5): 173p. (Translated for Smithsonian Institute and National Science Foundation, Washington D.C., by Indian National Scientific Documentation Centre, New Delhi, 1972).
- Berg, J., 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Mar. Biol., 50: 263-273.
- Bogstad, B., G. R. Lilly, S. Mehl, Ó. K. Pálsson, G. Stefánsson, 1994. Cannibalism and year-class strength in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in Arcto-boreal ecosystems (Barents Sea, Iceland, and eastern Newfoundland). ICES mar. Sci. Symp., 198: 576-599.
- Diamond, A. W., 1983. Feeding overlap in some tropical and temperate seabird communities. Studies in Avian Biology 8: 24-46.
- Falk-Petersen, I. -B., T. Haug, E. Moksness, 1990. Observations on the occurrence, size, and feeding of pelagic larvae of the common wolffish (*Anarhichas lupus*) in western Finnmark, northern Norway. J. Cons. int. Explor. Mer, 46: 148-154.
- Gunnar Jónsson, 1982. Contribution to the biology of catfish (*Anarhichas lupus*) at Iceland. Rit Fiskideildar, 6(4): 3-26.
- Gunnar Jónsson, 1992. Íslenskir fiskar, 2. útgáfa. Reykjavík, Fjölvaútgáfan. 568 s.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Capelin, *Mallotus villosus* (Müller) in the Iceland - Greenland - Jan Mayen area. Rit Fiskideildar, 13(1): 1-281.
- Horn, H. S., 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. Am. Nat 100: 419-424.
- Hyslop, E. J., 1980. Stomach contents analysis - a review of methods and their application. J. Fish Biol., 17: 411-429.
- Lühmann, M., 1954. Über intermediäre Formen zwischen *Anarhichas minor* Olafs. und *A. lupus* L. (Teleostei). Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch., 13: 310-326. (Fish. Res. Board Can. Transl. Ser., No. 1812, 1971).
- Nelson, G.A., R. R. Ross, 1992. Distribution, growth and food habits of the Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*) from the Gulf of Maine-Georges Bank Region. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 13: 53-61.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar, 7 (1): 1-60.
- Ólafur K. Pálsson, 1985. Fæða botnlægra fiska við Ísland. Náttúrufræðingurinn, 55: 101-118.
- Orlova, E. L., I. L. Karamushko, E. G. Berestovskiy, E. A. Kireeva, 1989. Studies on feeding in the Atlantic wolffish, *Anarhichas lupus*, and the spotted wolffish, *A. minor*, under experimental conditions. Journal of Ichthyology, 29 (7): 91-101.
- Orlova, E. L., E. S. Berestovskiy, O. V. Karamushko, G. V. Norvillo, 1990. On feeding and distribution of young wolffishes, *Anarichas lupus* and *A. minor*, in the Barents and Norwegian seas. Journal of Ichthyology, 30 (8): 126-131.
- Pavlov, D. A., G. G. Novikov, 1993. Life history and peculiarities of common wolffish (*Anarhichas lupus*) in the White Sea. ICES J. mar. Sci., 50: 271-277.
- Templeman, W., 1985. Stomach contents of Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*) from the Northwest Atlantic. NAFO Sci. Coun. Studies, 8: 49-51.
- Templeman, W., 1986a. Contribution to the biology of the spotted wolffish (*Anarhichas minor*) in the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 7: 47-55.
- Templeman, W., 1986b. Some biological aspects of Atlantic wolffish (*Anarhichas lupus*) in the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 7: 57-65.
- Østvedt, O. J., 1963. On the life history of the spotted catfish (*Anarhichas minor* Olafsen). Fiskeridir. Skr. (Havunders.), 13: 54-72.

Fæðuhættir og útbreiðsla mjóra (*Lycodes* spp. (Reinhardt)) (Pisces: Zoarcidae) á íslenskum hafsvæðum

Hreiðar Þór Valtýsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Fæðuvenjur og útbreiðsla mjóra við Ísland voru kannaðar í úthafs-rækjuleiðöngrum Hafrannsóknastofnunar árið 1993. Alls voru 12.518 mjórar taldir á 246 stöðvum, þar af voru 5.246 lengdarmældir og magasýni tekin úr 1.128 mjórum af sjö tegundum. Þessar tegundir voru fölvi, díla-, hálfberi, litli, tvíraka-, bletta- og skrautmjóri. Vegna þess hversu torvelt er að greina á milli tveggja síðastnefndu mjóranna voru þeir teknir saman í niðurstöðunum. Algengustu mjórattegundirnar í þessari könnun voru fölvi og litli mjóri. Ef frá er talinn nafnlaus mjóri, sem eitt eintak fannst af, voru hálfberi og dílamjóri sjaldgæfastir. Stærstu mjórattegundirnar voru díla- og blettamjóri, fölvi mjóri var hinsvegar minnstur. Útbreiðslusvæði allra, nema litla mjóra, var svipað eða í landgrunnskantinum og í djúpálfum norðanlands, á u.þ.b. 300 til 400 m dýpi og við botnhitastig lægra en 1°C. Hálfberi og tvírakamjóri lifðu þó að jafnaði á mestu dýpi. Litli mjóri fannst nær eingöngu í sjó yfir 0°C og var langalgengasta tegundin á grynri stöðvunum. Uppistaða fæðu þeirra voru ýmsir botnhryggleysingjar, þó var munur á hvaða gerðir botndýra þeir átu. Hægt var að skipta mjórunum grófllega í 3 flokka eftir fæðuvali: Dílamjóri skar sig nokkuð úr og át nær eingöngu slöngustjörnur. Litli og fölvi mjóri átu aðallega ýmis niðurgrafin dýr, eins og burstaorma og smásamlokur, litli mjóri át þó talsvert af rækjum og ljósátu þegar hann stækkaði. Bletta- og hálfberi mjóri átu einkum ýmis smádýr sem finnast ofan á botninum og virtust þeir því sitja fyrir bráð sinni frekar en að grafa eftir henni. Stórir fiskar af báðum tegundum átu einnig talsvert af rækjum og fiskum. Tvírakamjóri virtist svo nokkurs konar millistig. Litlir tvírakamjórar átu fæðu sem svipaði til þeirrar sem litli og fölvi mjóri átu, en þeir stóru átu fæðu svipaða þeirri sem bletta- og hálfberi mjóri átu.

Inngangur

Mjóraættkvíslin hefur nokkra sérstöðu í íslensku fiskaríki vegna þess hve fjölskipuð hún er. Tegundirnar finnast einnig flestar á svipuðum slóðum, eða í köldum djúpum Íslandshafs. Mjórar eru algengir þar, en eru ekki nýttir og hafa ef til vill þess vegna lítt verið rannsakaðir. Lífsferill þeirra, fæðuhættir og atferli er því svo til óþekkt, en vegna fjölda þeirra eru þeir þó líklega mikilvægur hlekkur í fæðukeðju norðurhafa. Þetta ásamt því hversu líkir þeir eru og hafa svipaða útbreiðslu gerir mjórana forvitnilega sem rannsóknarefni. Það er til dæmis áhugavert að athuga hvort þeir sérhæfa sig að einhverju leiti í fæðuvali, eða hvort útbreiðsla þeirra sé ólík þegar grannt er skoðað. Í þessu verkefni var reynt að afla svara við ofangreindum spurningum og fá gróft mat á áhrif þeirra á umhverfi sitt.

Tegundagreining

Um það bil 60 tegundum mjóra hefur verið lýst (Andryiashev 1986, Toyoshima 1985, Anderson 1994) og þar af 10 hér við land (Gunnar Jónsson 1992). Vegna þess hve lítið þeir hafa verið rannsakaðir er fjöldi tegunda þó talsvert á reiki. Ennþá er til dæmis verið að finna nýjar tegundir og það á nálægum hafsvæðum (Nielsen, Foss 1993). Talsverðum vandkvæðum er bundið að tegundagreina mjóra, því þeir eru margir og líkir. Litur, munstur, hreisturþekja og líkamshlutföll breytast talsvert með aldri auk þess sem kynin eru ólík. Við greiningu mjóra í þessu verkefni var einkum stuðst við fernt; hreisturþekju, staðsetningu og fjölda ráka, gerð þverrandi og lit lífhimnu.

Bletta- og skrautmjóra (*Lycodes reticulatus* og *L. rossi*) er auðvelt að greina frá öðrum íslenskum mjórum á hvíttri lífhimnu. Vandamálið er hinsvegar að greina þessar tvær tegundir hvora frá annarri. Marga fiska er auðvelt að greina til annarrar hvorrar tegundarinnar á þverröndunum, en vandamálið er hinsvegar að mörg millistig finnast. Vegna þessa vandamáls hafa skraut- og blettamjóri verið teknir saman hér í niðurstöðunum. Í raun er möguleiki á að þetta sé ein og sama tegundin en til að skera úr um það þarf frekari rannsóknir.

Aðra mjóra má greina í sundur á eftirfarandi hátt: Hálfberi mjóri (*L. seminudus*) sker sig nokkuð úr á því að frambolur er hreisturslaus. Dílamjóra (*L. esmarki*) má þekkja á áberandi keðjulaga þverröndum. Litla mjóra (*L. vahli*) má þekkja á einum til tveimur dökkum blettum fremst á bakugga, auk þess sem gulum blæ slær á hausinn. Tvíraka og fölvi mjóri (*L. eudipleurostictus* og *L. pallidus*) eru báðir með tvær rákir og svipaða gerð þverranda, þá má þó greina að á því að fölvi mjóri er með hreisturslausan kvið en tvírakamjóri ekki. Erfitt getur verið að greina á milli ungra mjóra af þessum tegundum, því munurinn á hreisturþekjunni sem er nokkuð augljós hjá stærri fiskum, er illsjánlegur hjá þeim litlu. Nafnlaus mjóri (*L. squamiventer*) sem er sjaldgæfur hér við land, þekkist frá þeim tveim fyrrnefndu á því að hann hefur hreistraðan kvið líkt og tvírakamjóri en vantar allar þverrendur. Þær tvær íslensku mjórattegundir sem enn eru ónefndar fengust ekki í gagnasöfnunum tengdum þeim rannsóknum sem hér er fjallað um. Þetta eru Jensenmjóri (*L. microcephalus*) sem einungis hefur fundist einu sinni í djúpsjó suður af landinu og flatmjóri (*L. frigidus*) sem finnst á miklu dýpi norður af landinu.

Gagnasöfnun og úrvinnsla

Sýnum var aðallega safnað í fjórum leiðöngrum Hafrannsóknastofnunar árið 1993, frá 2. júlí til 19. ágúst. Þetta voru þorsmagaleiðangur og tveir úthafsþrækjuleiðangrar á rs. Dröfn og einn úthafsþrækjuleiðangur á rs. Árna Friðrikssyni. Veiðarfæri var 1400 möskva þrækjuvarpa af gerðinni Æðey. Alls voru teknar 246 togstöðvar og var togað um 3 sjómílur á hverri stöð. Reynt var að greina og telja alla mjóra sem veiddust og voru nokkrir tugir á hverri stöð lengdarmældir (1. tafla). Við söfnun magasýna var mjórattegundum skipt niður í 5 sm lengdarflokka og var leitast við að ná fimm magasýnum úr hverjum lengdarflokki í hverjum tilkynninga-skyldureit. Magasýni voru tekin úr öllum meltingarveginum og síðan varðveitt í ísoprópanóli. Í landi var magainnihaldið skolað í 0,25 mm sigti og fæða síðan greind í eins smáar flokkunareiningar og kostur var. Fæðan var talin og vigtuð eins nákvæmlega og hægt var. Bráð var vegin með skel og röri þegar svo bar undir.

Árið 1994, frá 15 til 24 júlí, var mjórum einnig safnað í einum úthafsþrækjuleiðangri á rs. Árna Friðrikssyni og voru sömu veiðarfæri og veiðiaðferðir notaðar og áður. Ætlunin var að fá þar svör við ýmsum spurningum sem vaknað höfðu við skoðun sýna frá 1993. Aðallega var athugað hvort meltingarfæri mjórattegundanna væru á einhvern hátt ólík en einnig var kannað hve hátt hlutfall ógreinanlegar leifar voru af heildarfæðunni (2. tafla).

1. tafla. Yfirlit yfir söfnun mjóra vegna fæðurannsókna árið 1993.

Tegund	Fjöldi maga greindir	Fjöldi lengdarmældur	Fjöldi mjóra alls	Fjöldi stöðva sem tegundin fannst á	Meðalfjöldi á stöðvum sem tegundin fannst á
Bletta-/skrautmjóri	214	773	1.857	70	27
Dílamjóri	133	95	301	38	8
Fölvi mjóri	159	1.486	4.574	81	57
Hálfberi mjóri	158	299	632	44	14
Litli mjóri	275	2.017	3.728	112	33
Nafnlaus mjóri	0	1	1	1	1
Tvírakamjóri	189	576	1.426	88	16
Ógreindir	0	0	7.261	43	169
Samtals	1.128	5.247	19.780		

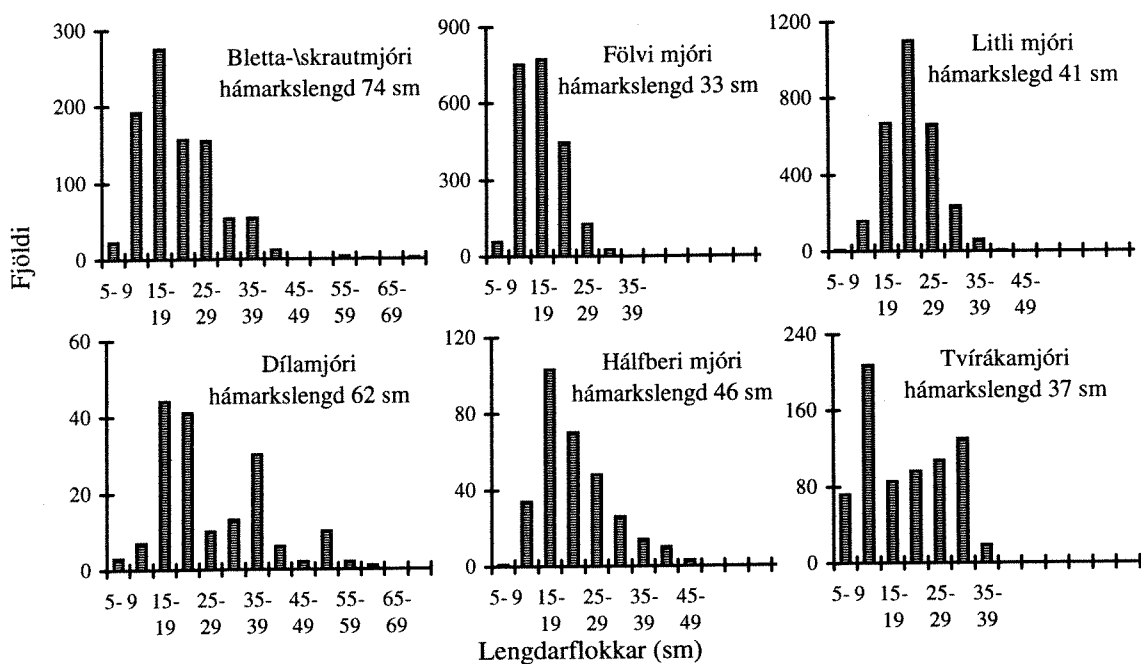
2. tafla. Fjöldi mjóra mældur árið 1994. Lengdarbil, hlutfallsleg stærð meltingarfæra miðað við stærð fisks og magn ógreinanlegra leifa í þörmum.

Tegund	Fjöldi mældur	Lengdarbil og meðallengd (sm)	Lengd þarma / lengd fisks (%)	Lengd maga / lengd fisks (%)	Hlutfall ógreinanlegra leifa í þörmum (%)
Blettamjóri	26	10 til 19 (15.3)	46	7	52
Blettamjóri	28	20 til 29 (25.2)	58	9	68
Blettamjóri	7	> 29 (41.0)	60	9	50
Díflamjóri	4	22 til 29 (26.5)	62	3	0
Fölvi mjóri	24	22 til 29 (24.2)	52	7	85
Hálfberi mjóri	18	22 til 29 (25.8)	58	9	31
Litli mjóri	36	22 til 29 (24.9)	60	8	87
Litli mjóri	19	30 til 37 (33.1)	52	8	72
Tvírakamjóri	20	22 til 29 (27.0)	55	8	50

Stærð

Stærð mjórans var nokkuð mismunandi (1. mynd). Fölvir mjórar voru minnstir, tvíraka- og litlir mjórar voru nokkuð stærri en svipaðir hvor öðrum að stærð. Hálfberir mjórar náði aðeins meiri stærð en fyrrnefndir mjórar. Díflamjórar náðu yfirleitt nokkuð mikilli stærð og voru þeir að jafnaði stærsta tegundin. Blettamjórar voru minni að jafnaði en einstaka fiskar virtust stækka upp úr öllu valdi og voru það stærstu mjórar sem fundust í þessari könnun.

Flestar mjórattegundirnar hafa nokkuð eðlilega lengdardreifingu (1. mynd), þ.e.a.s. fiskum fjölgar upp að vissri stærð vegna aukins veiðanleika en fækkar svo eftir það vegna eðlilegrar fækkunar í stofninum eftir því sem fiskarnir eldast. Gera má ráð fyrir því að á bilinu 15 til 19 sm verði mjórar að fullu veiðanlegir í trollið og eftir það endurspegli lengdardreifingin því nokkuð vel samsetninguna í stofninum. Á þessu lengdarbili eru mjórar orðnir um 5 til 10 ára gamlir og því er hér um mjög langlífá fiska að ræða (Nash 1986, Dorrien 1993). Tvítýptar lengdardreifingar dífla- og tvírakamjóra má skýra með of fáum fiskum mældum, sem gæti átt við um díflamjóra eða mjög missterkum árgöngum, sem er líklega hjá tvírakamjóra.



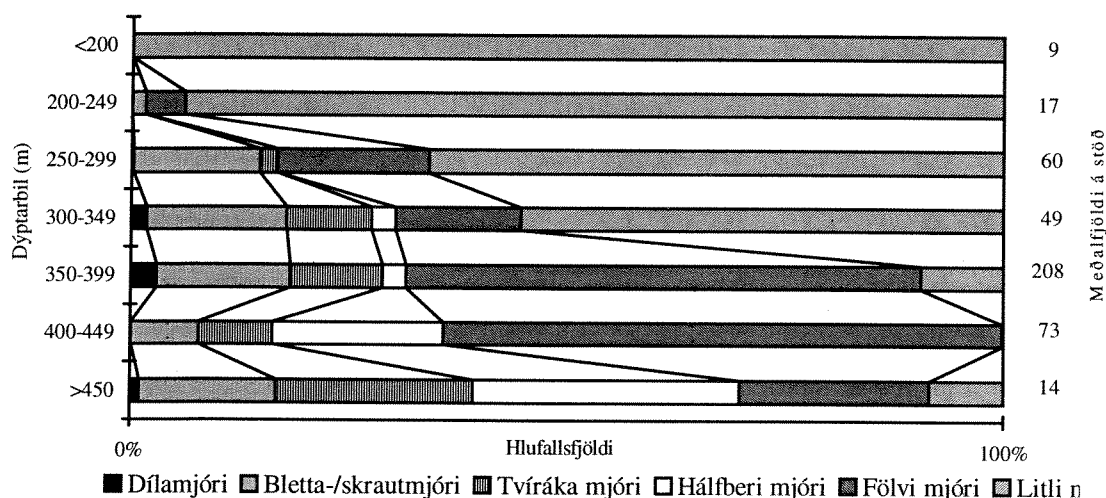
1. mynd. Fjöldi mjóra í 5 sm lengdarflokkum, hámarks lengd er lengd stærsta fisksins í könnuninni.

Fjöldi og útbreiðsla

Ekki er mikill munur á landfræðilegri útbreiðslu mjórategundanna og voru þær allar algengastar rétt við eða neðan landgrunnsbrúnarinnar og inni á djúpálum Norðanlands. Á þremur stöðvum fundust jafnvel allar sex algengustu tegundirnar saman í togi. Helst var þó að litli mjóri skæri sig úr, því hann fannst að jafnaði nær landi en hinar tegundirnar og var einnig eina tegundin sem fannst að einhverju ráði við Norðaustur- og Austurland. Litli mjóri virtist einnig forðast sjó kaldari en 0°C á meðan allar hinar tegundirnar virtust forðast sjó hlýrri en 1°C og fundust þær í sjó allt að -0,6°C, sem var lægsti hiti sem mældist.

Nokkuð skýrari línur komu í ljós þegar útbreiðsla mjóra var skoðuð í tengslum við dýpi (2. mynd). Litli mjóri var algengasta tegundin á grynstu stöðvunum, en fækkaði hlutfallslega með dýpi. Neðan 350 m dýpi leysti fölvi mjóri hann af sem algengasta tegundin og var hann jafnframt í heild algengasta tegundin í þessari könnun (1. tafla). Á dýpstu stöðvunum voru tvíraka- og hálfberi mjóri algengustu tegundirnar en þar var heildarfjöldi mjóra hinsvegar ekki hár. Fyrir utan nafnlausu mjóra, sem aðeins eitt eintak fannst af á 406 m dýpi austur af Grímsey, fékkst minnst af dílamjóra en hann telst þó varla sjaldgæfur.

Samkvæmt fyrri rannsóknum finnast díla-, fölvi, hálfberi og tvírakamjóri einnig austan við landið, en á meira dýpi en þessi könnun náði yfir (Jónbjörn Pálsson o.fl. 1994). Þar var ekki mikið af blettamjóra, enda virðist hann yfirleitt ekki fara djúpt (Andriyashev 1954, 1986, Morosova 1982), þó nokkrir einstaklingar myndast hér á dýpstu stöðvunum (2. mynd). Litli mjóri fer yfirleitt ekki heldur niður á mikið dýpi, en ólíkt blettamjóra er hann ekki einskorðaður við kalda sjóinn, heldur finnst allt umhverfis landið (Gunnar Jónsson 1992). Dílamjóri finnst einnig í nokkru magni í tiltölulega hlýjum djúpsjó sunnan Víkuráls en aðrir mjórar finnast ekki þar (Guðrún Marteinsdóttir o.fl. 1993, Haedrich, Krefft 1978).



2. mynd. Útbreiðsla mjóra eftir dýpi.

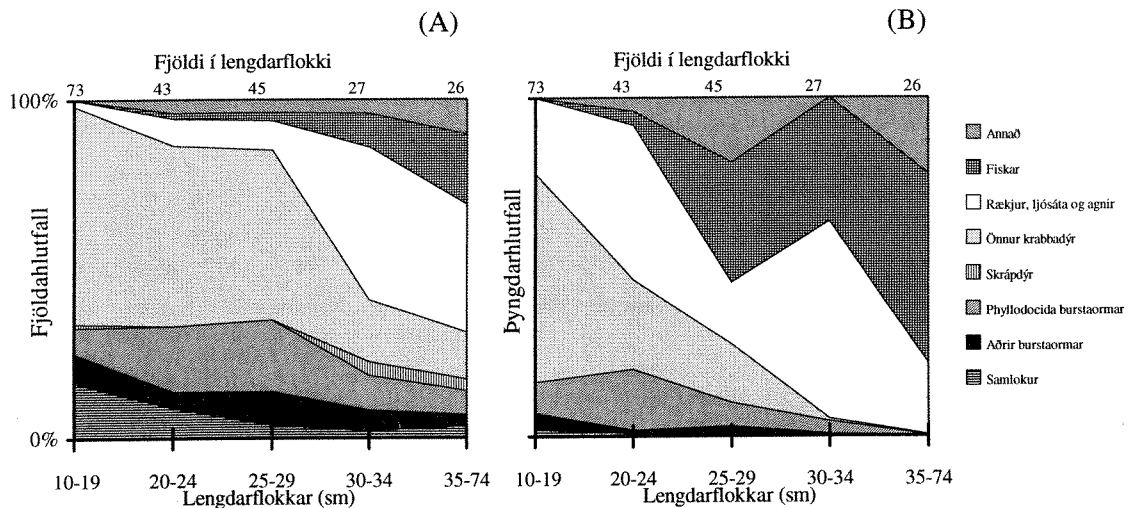
Fæða blettamjóra

Blettamjóri át aðallega ýmsar fæðugerðir sem finnast ofan á botninum. Fæðuveitur breyttust þegar fiskurinn stækkar. Það fólst aðallega í því að stærri fiskar átu stærri fæðugerðir, frekar en þeir breyttu um grundvallaraðferð við að ná í fæðuna. Á 3. mynd (A) sést að ýmsum smákrabbadýrum fækkaði hlutfallslega í fæðunni þegar blettamjórinn stækkaði, en fiskar og stærri krabbadýr eins og rækjur og ljósáta urðu algengari. Meirihluti smákrabbadýranna voru tegundir sem ekki grafa sig ofan í botninn eins og jafnfætlur (isopoda) og marflær af ættinni Lysianassidae. Í maga stærstu fiskanna fundust einnig stórir sniglar af kóngætt en það er fæða sem sennilega er ekki

auðvelt að ráða við. Það að einstaka blettamjórar geta orðið mjög stórir er ef til vill tengt því að þeir læra að eiga við svo erfiða bráð og ná því að nýta fæðulind sem er ekki aðgengileg öðrum fiskum.

Hlutfallsleg þyngd fæðunnar gefur betur í skyn hverjar eru mikilvægustu fæðugerðir mismunandi stærðarhópa (3. mynd (B)). Rækja og ljósáta voru mikilvægar fyrir alla lengdarhópana, fiskbráð var mikilvæg fæða fyrir stærstu fiskana en ýmis smákrabbadýr mikilvæg fæða þeirra minni. Megnið af þeim burstaormum sem blettamjóri át voru af ættbálkinum phyllodocida, en þeir finnast gjarnan ofan á botninum. Hlutfallslega lítið fannst af samlokum í meltingarfærum blettamjóra miðað við aðra mjóra og svo til engin skrápdyr fundust.

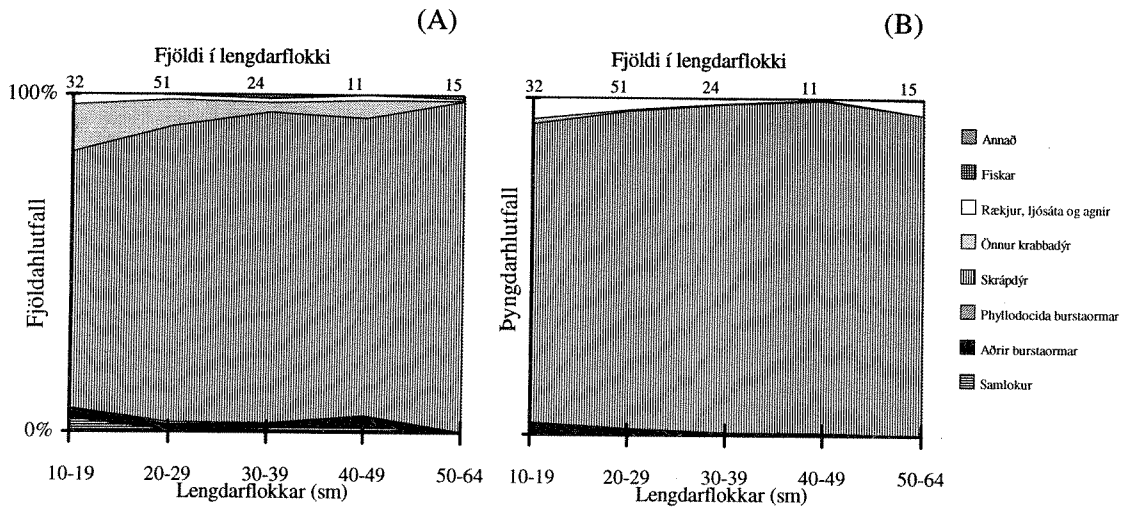
Við Norðaustur Grænland fundust aðallega fiskar, rækjur og marflær af ættinni Lysianassidae í mögum blettamjóra, en í Barentshafi burstaormar, marflær og fiskar (Dorrien 1993). Þetta svipar nokkuð til fæðu blettamjóra hér við land að því leiti að aðallega var um að ræða lífverur sem lifa ofan á botninum. Á Flæmingjagrunni voru slöngustjörnur hinsvegar meginfæða blettamjóra (Rodrigues-Martin o.fl. 1994) og er það í nokkurri mótsögn við fæðuveitur hans hér við land. Í öllum ofangreindum rannsóknum voru magasýni þó mun færri en hér.



3. mynd. Fjölda- (A) og þyngdarhlutfall (B) fæðu hjá blettamjóra. Tölurnar neðan við myndirnar sýna lengdarflokkan en tölurnar ofan við sýna fjölda magasýna í lengdarflokki.

Fæða dílamjóra

Þó leifar af ýmsum dýrum hafi fundist í meltingarfærum dílamjóra voru slöngustjörnur langalgengastar, hvort sem lítið var á fjölda eða þyngdarhlutfall (4. mynd (A) og (B)). Þetta virðist því vera eini mjórin sem sérhæfir sig í ákveðinni fæðutegund og á það við um alla lengdarflokka. Flestar mjórategundir éta eitthvað af slöngustjörnum auk þess sem þær eru einnig étnar af nytjafiskum eins og ýsu og steinbít (Ólafur K. Pálsson 1983). Dílamjóri sker sig hinsvegar nokkuð úr vegna þess hve hátt hlutfall þær eru af fæðu hans. Slöngustjörnur eru ekki auðmelt fæða (Mattson 1992), hinsvegar ætti að vera auðvelt að ná þeim, þar sem hreyfingar þeirra eru ekki hraðar og þær lifa oft í mikilli mergð á botninum (Warner 1982). Meltingarvegur dílamjóra er frábrugðinn meltingarvegi annarra mjóra og er það sennilega vegna sérhæfingar til áts á kalkríkri fæðu. Dílamjórar eru ekki með skúflanga (Andryiashev 1954) og magi er talsvert minni en hjá öðrum mjórum (2. tafla) og virðist hann því ekki gegna miklu hlutverki við meltingu. Öðrum heimildum ber saman um að skrápdyr og þá einkum slöngustjörnur séu aðalfæða dílamjóra (Andryiashev 1954, Bjarni Sæmundsson 1926).

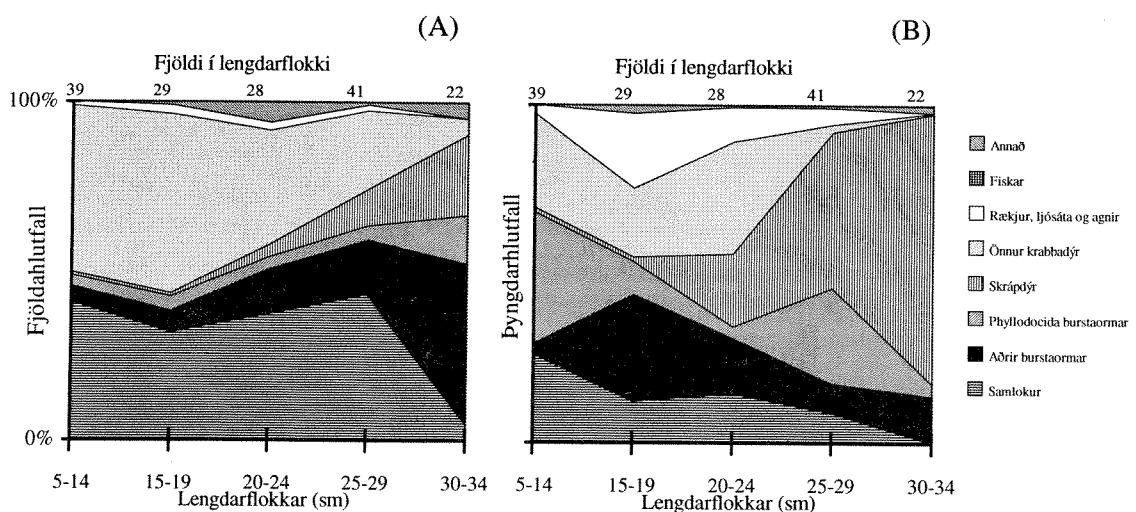


4. mynd. Fjölda- (A) og þyngdarhlutfall (B) fæðu hjá dflamjóra. Tölurnar neðan við myndirnar sýna lengdarflokkana en tölurnar ofan við sýna fjölda magasýna í lengdarflokki.

Fæða fölva mjóra

Fölvi mjóri át einkum ýmsa fæðu sem var niðurgráfin í botnsetið, til dæmis smásamlokur, burstaorma og smákrabbadýr (5. mynd). Samlokurnar voru flestar af ættkvíslunum *Yoldiella* og *Thyasira* og átu litlir fiskar meira af *Yoldiella* en þeir stærri meira af *Thyasira*, svipuð tilhneiging sást einnig hjá litla og tvírákamjóra. Algengustu krabbadýr í meltingarfærum fölva mjóra eru pungrækjur (cumacea) og marflær af ættinni Phoxocephalidae, en báðir flokkarnir grafa sig niður.

Mjög lítið fannst af rækju og ljósátu og virtust stærstu fiskarnir jafnvel leiða þessar fæðugerðir hjá sér. Talsvert fannst hinsvegar af sviflægum krabbafólum (Calanoida) í fæðu minnstu fölva mjóranna og er það í nokkurri mótsoðni við annars mikið át þeirra á niðurgröfnum fæðugerðum. Vel má því vera að minntu fölva mjórnir hafi aðrar fæðuöflunarleiðir en þeir stærri. Líklegt er hinsvegar að flestir aldursflokkar fölva mjóra afli sér fæðu með því að taka upp í sig botnsetið og síá fæðuagnir úr því. Hið mikla magn ógreinanlegra leifa í þörmum fölva mjóra (2. tafla) benda jafnvel til að hann éti talsvert af sjálfu botnsetinu.

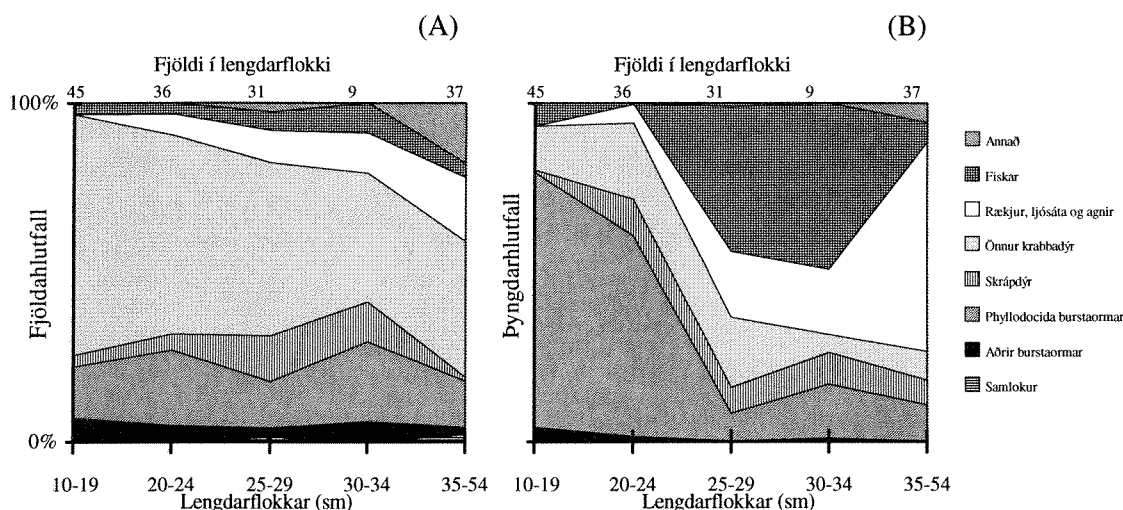


5. mynd. Fjölda- (A) og þyngdarhlutfall (B) fæðu hjá fölva mjóra. Tölurnar neðan við myndirnar sýna lengdarflokkana en tölurnar ofan við sýna fjölda magasýna í lengdarflokki.

Fæða hálfbera mjóra

Hálfberi mjóri át svipaða fæðu og blettamjóri, þ.e.a.s. megnið af henni finnst yfir botninum. Burstaormar voru til dæmis flestir af ættbálkinum Phyllodocida og mjög lítið fannst af smásamlokum í fæðu hans. Hálfberi mjóri át einnig hlutfallslega lítið af skrápdyrum og smásamlokum. Hálfberi mjóri og blettamjóri virðast því beita svipuðum aðferðum til að ná í fæðuna. Á 6. mynd (A) sést að miðað við fjölda voru ýmis krabbadýr algengasta fæða hálfbera mjóra. Hann át einnig stærri krabbadýr eins og rækjur þegar hann stækkaði. Þetta kemur hinsvegar ekki skýrt fram á þeirri mynd, vegna þess að hálfberi mjóri minnkaði ekki að sama skapi át á ýmsum smærri krabbadýrum líkt og blettamjóri gerði. Af smákrabbadýrunum voru pungrækjur og marflær af ættunum Ampeliscidae, Oedicerotidae og Lysianassidae hvað algengastar. Kvendýr allra þessara krabbadýra, nema Lysianassidae marflóa, grafa sig niður í botnsetið, á meðan kardýrin gera það ekki (Mattson 1990). Þau voru hinsvegar ekki kyngreind og því ekki hægt að sjá hvaðan þau komu.

Þegar miðað var við fjöldahlutfall þá breyttust fæðuveitur hálfbera mjóra ekki mikið með stærð, utan þess að stærri fiskar áttu stærri krabbadýr. Meiri breytingar komu hinsvegar í ljós þegar þyngdarhlutfallið var skoðað (6. mynd (B)). Mjög skörp skil eru á milli 20-24 sm og 25-29 sm fiska, phyllodocida burstaormar voru mikilvægasta fæða minnstu lengdarflokka en rækjur og fiskar mikilvægasta fæða þeirra stærri.



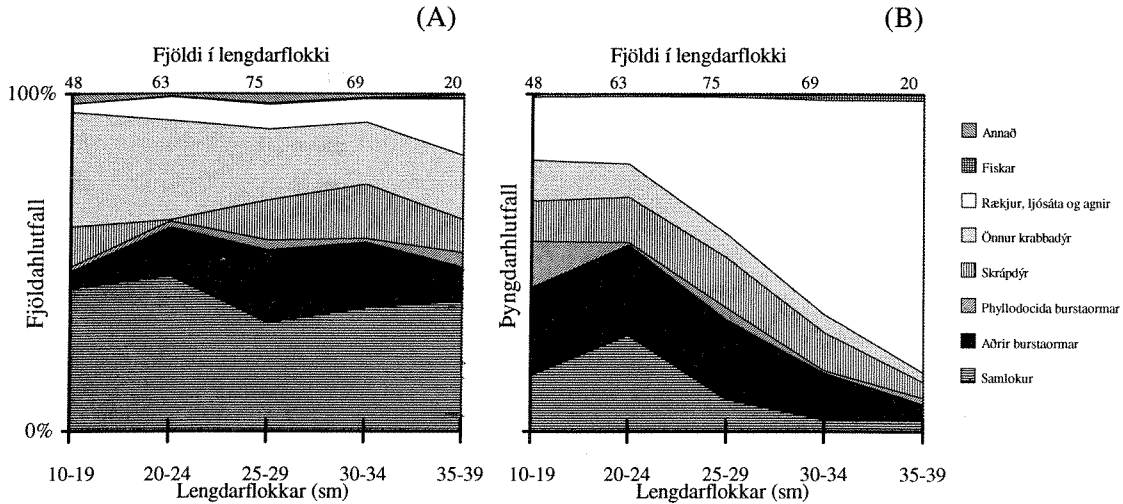
6. mynd. Fjölda- (A) og þyngdarhlutfall (B) fæðu hjá hálfbera mjóra. Tölur neðan við myndirnar sýna lengdarflokka en tölur ofan við sýna fjölda magasýna í lengdarflokki.

Fæða litla mjóra

Fæðu litla mjóra svipaði nokkuð til fæðu fölva mjóra að því leiti að megnið af fæðugerðum hans voru ýmis niðurgráfin dýr (7. mynd (A)). Mjög mikið var af smásamlokum og burstaormar voru flestir tegundir sem grafa sig niður í botninn. Krabbadýr voru einnig nokkuð algeng í fæðu litla mjóra en öfugt við fölva mjóra þá voru rækjur og ljósáta talsvert algengar í fæðu hans. Smákrabbadýrin sem litli mjóri át voru mjög fjölbreytt, mest var þó af pungrækjum og marflóm af ættunum Lysianassidae og Ampeliscidae. Ef undan er skilið meira át á rækjum hjá stærri fiskum voru litlar breytingar á fjöldahlutfalli fæðugerða litla mjóra með stærð.

Mikilvægi rækju og ljósátu í fæðu litla mjóra þegar hann stækkaði sást vel þegar þyngdarhlutfallið var skoðað (7. mynd (B)). Í samanburði við aðra mjóra var heildarfjöldi fæðuhópa og meðalþungi magainnihalds hár hjá litla mjóra (9. mynd), hugsanlega er þetta vegna þess að litli mjóri lifir að jafnaði í hlýrri sjó þar sem tegundafjölbreytni er oft meiri, en hér vantar þó frekari rannsóknir þessu til staðfestingar.

Í Norðursjó étur litli mjóri aðallega ýmis lítil botndýr (Albert 1993), en rækjur við Grænland (Horsted, Smidt 1956). Þetta gæti tengst því að við Evrópu eru litlir mjórar smærri en hér við land, en hinsvegar stærri við Grænland (Andriyashev 1954). Þessu ber því ágætlega saman við niðurstöður hér.

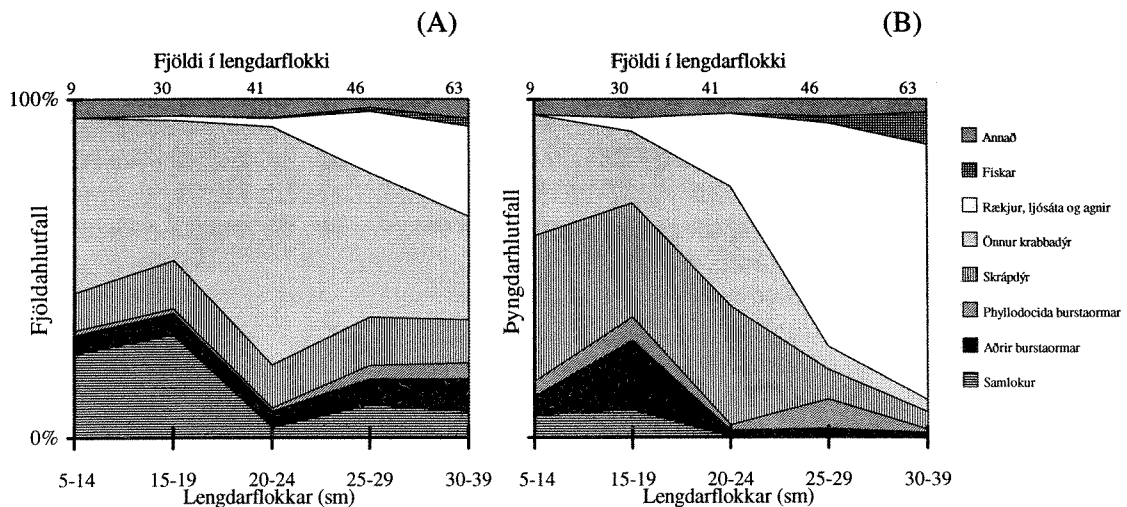


7. mynd. Fjölda- (A) og þyngdarhlutfall (B) fæðu hjá litla mjóra. Tölurnar neðan við myndirnar sýna lengdarflokkana en tölurnar ofan við sýna fjölda magasýna í lengdarflokki.

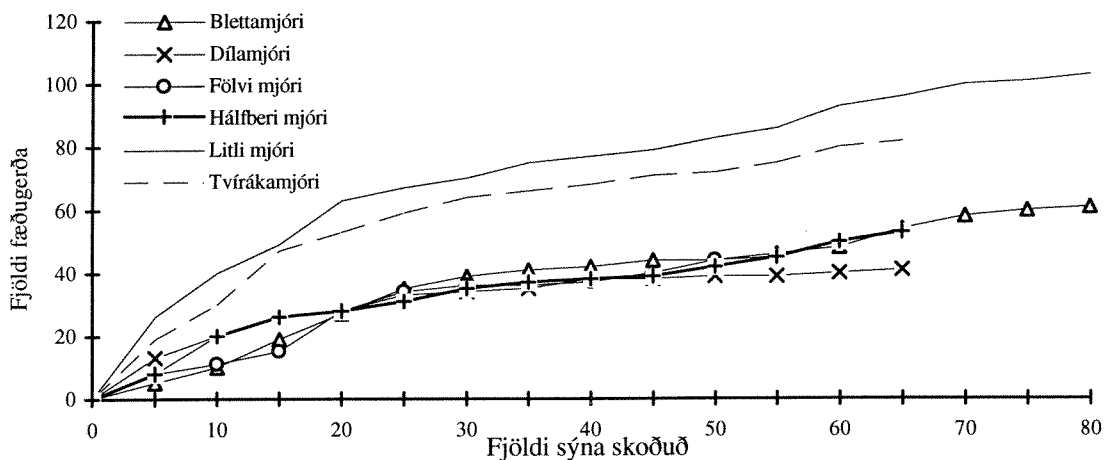
Fæða tvírákamjóra

Fæða stórra tvírákamjóra líkist fæðu bletta- og hálfbera mjóra en fæða lítilla tvírákamjóra líkist meira fæðu litla og sérstaklega fölva mjóra. Litlir tvírákamjórar (undir 20 sm) átu mikið af samlokum og niðurgrofnum burstaormum líkt og fölvi og litli mjóri (8. mynd (A)). Ýmis krabbadýr voru þó algengasta fæða lítilla tvírákamjóra og voru það einkum pungrækjur, krabbaflær og marflær af ættinni Phoxocephalidae, sem reyndar er einnig svipuð samsetning og hjá fölva mjóra. Tvírákamjórar af millistærð (20 til 24 sm) átu einnig þessi krabbadýr, svo og jafnfætlur og marflær af ættinni Lysianassidae. Fiskar af þessum lengdarflokk átu lítið af samlokum en talsvert fannst af hvítstúfum (*Cylichna alba*) í fæðu þeirra. Þetta eru smásniglar sem lifa að mestu niðurgrofnir í setið og fundust þeir ekki að neinu ráði hjá öðrum mjóragundum. Fæða tveggja stærstu lengdarflokka tvírákamjóra (stærri en 24 sm) svipaði nokkuð til hálfbera og blettamjóra, þ.e. mjög lítið var af smásamlokum en talsvert af rækjum og ljósátu.

Þessi tilhneiging var öllu greinilegri þegar þyngdarhlutfall fæðunnar var skoðað (8. mynd (B)). Smákrabbadýr og slöngustjörnur voru þar mikilvægasta fæða lítilla fiska en rækjur, ljósáta og agnir mikilvægasta fæða stórra fiska. Fæðugerðir tvírákamjóra voru tiltölulega margar miðað við aðrar mjóragundir að undanskildum litla mjóra (9. mynd). Ekki er hægt að skýra þennan mun með mismunandi búsvæðum, því fyrir utan litla mjóra er ekki mikill munur á útbreiðslu þeirra. Líklega er þetta vegna þess að tvírákamjóri breytir um fæðuveður er hann stækkar, því í fæðu hans er bæði að finna dýr sem fölvi mjóri étur en bletta- og hálfberi mjóri láta vera og öfugt. Ekki er getið magnbundið um fæðu tvírákamjóra í öðrum heimildum frekar en hjá fölva og hálfbera mjóra.



8. mynd. Fjölda- (A) og þyngdarhlutfall (B) fæðu hjá tvírákamjóra. Tölurnar neðan við myndirnar sýna lengdarflokkanana en tölurnar ofan við sýna fjölda magasýna í lengdarflokki.



9. mynd. Samband fjölda greindra fæðugerða og fjölda sýna sem voru skoðuð hjá mjórunum.

Samantekt

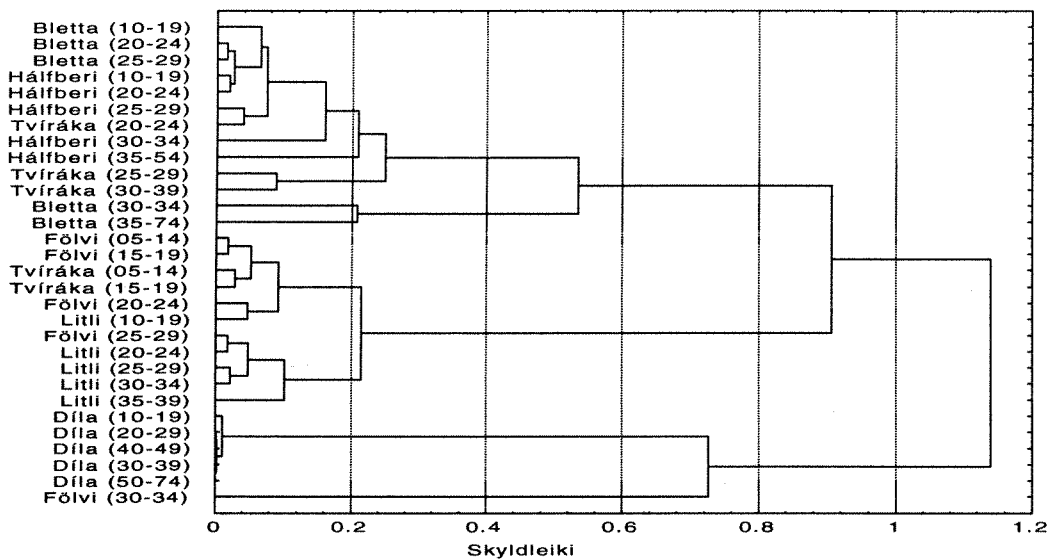
Fiskum er oft skipt eftir fæðuvejum í svifætur, fiskætur og botndýraætur. Ekki eru þó skýr mörk á milli þessara hópa, þar sem flestir fiskar eru tækifærissinnar þegar svo ber undir. Mjórar eru taldir eindregnir botnfiskar, því þeir eru ekki duglegir sundfiskar og vantar sundmaga til að auðvelda lóðréttar ferðir í vatnsmassanum (Andriyashev 1954). Samkvæmt könnuninni sem hér er fjallað um eru þeir allir botndýraætur, en éta þó ýmsar aðrar fæðugerðir þegar færi gefst til. Þeir virðast þó fara mismunandi meginleiðir við fæðuöflun.

Mjórarir skiptast niður í þrjá meginflokkka hvað fæðuöflun varðar (10. mynd). Dílamjóri sker sig nokkuð úr vegna sérhæfingar sinnar við slöngustjörnuát og virðast meltingarfæri hans vera sérhæfð til þessa. Hálfberi og blettamjóri éta ýmis dýr sem lifa ofan á botninum, líklega með því að sitja fyrir bráðinni. Litli og fölvi mjóri éta hinsvegar aðallega ýmis niðurgrafin dýr og ef til vill botnsetið líka. Litli mjóri er þó öllu fjölhæfari og étur talsvert af rækju þegar hann stækkar. Tvírákamjóri virðist nokkurs konar millistig, litlir einstaklingar líkjast fölva og litla mjóra að fæðuvali en þeir stærri líkjast bletta- og hálfbera mjóra.

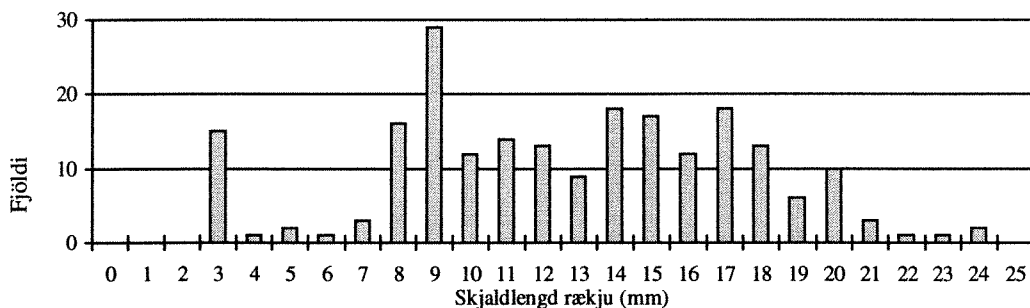
Athyglisvert er einnig að tegundir sem hafa líkt fæðuval skipta að nokkru með sér búsvæði. Blettamjóri er algengari en hálfberi mjóri á grynri stöðvunum, en þessu er öfugt farið á þeim dýpri. Þessu er eins farið með litla og fölva mjóra, en litli mjóri lifir að jafnaði grynna en fölvi mjóri.

Mjórar eru með algengustu fiskum í djúpsjónum norðan við landið og ættu því að hafa áhrif á umhverfi sitt. Mjórar eru til dæmis mikilvæg fæða grálúðu (Jón Sólmundsson 1993) auk þess sem þeir eru étnir af öðrum fiskum eins og þorski (Ólafur Karvel Pálsson 1983). Þeir éta einnig önnur dýr og geta þess vegna haft áhrif á stofnstærðir þeirra. Að meðaltali fannst til dæmis rækja (*Pandalus borealis*) í sjöunda hverjum mjóra og er lengdardreifing rækjunnar sýnd á 11. mynd. Ef gert er ráð fyrir því að tegunda og lengdarsamsetning mjóra breytist lítið milli ára og að rækjuát sé svipað, mætti hugsanlega reikna út áhrif mjóraranna á rækjustofninn út frá eldri gögnum um fjölda þeirra. Til að meta þetta þarf hinsvegar að fá upplýsingar um hversu hratt þeir melta fæðuna en engar rannsóknir hafa farið fram á því. Einnig er hugsanlegt að mjórarinn geri fæðu aðgengilegri fyrir rækjuna með uppróti á botninum og hafi því jákvæð áhrif á vöxt hennar.

Mjórarinn eru mjög áhugavert rannsóknarefni fyrir margra annarra hluta sakir. Um er að ræða margar og líkar tegundir sem forvitnilegt væri t.d. að skoða erfðafræðilega. Lífsferill þeirra er einnig svo til óþekktur, þeir verða líklega mjög gamlir, egg þeirra eru stór og fá og jafnvel er talið að þeir gæti þeirra líkt og steinbítur gerir (Slipp og DeLacy 1952, Matarese o.fl. 1989). Vegna þess hve lítið er vitað um fiska af þessari ættkvísl eru nánast hvaða upplýsingar sem er um þá ný fyrir vísindin.



10. mynd. Klasagreining á mjórum eftir fæðuvali (1-Pearson fylgnistuðull, vegin meðaltenging notuð). Tölur í svigum eru stærðarflokkar mjóra.



11. mynd. Lengdardreifing rækja í mjóramögum (allar mældar rækjur í öllum mjórategundum).

Heimildir

- Albert O.T., 1993. Distribution, population structure and diet of silvery pout (*Gadiculus argenteus thori* J.Schmidt), poor cod (*Trisopterus minutus minutus* (L.)), four-bearded rockling (*Rhinonemus cimbrius* (L.)), and Vahl's eelpout (*Lycodes vahlii gracilis* Reinhardt) in the Norwegian deep, Sarsia 78: 141-154.
- Anderson M.E., 1994. Systematics and osteology of the Zoarcidae (Teleostei: Perciformes). Ichthyological bulletin 60: 120 s.
- Andriyashev A.P., 1954. Fishes of the northern seas of the U.S.S.R. - þýtt úr rússnesku. Israel program for Scientific Translations, Jerusalem: 287-329.
- Andriyashev A.P., 1986. Zoarcidae. Í: Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean (Útgefendur P.J.P. Whitehead o.fl.). CLOFNAM, Unesco, Paris: 1130-1150.
- Bjarni Sæmundsson, 1926. Íslensk dýr I. Fiskarnir (Pisces Islandiæ). Bókaverslun Sigfúsar Eymundssonar, Reykjavík. 528 s.
- Dorrien, C.F. von., 1993. Ökologie und respiration ausgewählter Arktischer Bodenfischarten. Berichte zur Polarforschung, 125: 104 s.
- Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson, Ólafur V. Einarsson, 1993. Útbreiðsla grálúðu við Vestur- og Norðvesturland 1992. Hafrannsóknastofnun, fjölrít 32: 42 s.
- Gunnar Jónsson, 1992. Íslenskir fiskar (2 útg.). Fjölvaútgáfan, Reykjavík: 568 s.
- Haedrich L.H., G. Krefft., 1978. Distribution of bottom fishes in the Denmark Strait and Irminger sea. Deep-Sea Research 25: 705-720.
- Horsted S.A., E. Smidt, 1956. The deep sea prawn (*Pandalus borealis* Kr.) in Greenland waters. Meddelser fra Danmarks fiskeri- og havundersøgelse I (11): 113 s.
- Jón Sólmundsson, 1993. Fæða og fæðuhættir grálúðu (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walb.))(Pisces: Pleuronectidae) á íslenskum hafsvæðum. Handrit, Háskóli Íslands: 65 s.
- Jónbjörn Pálsson, Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson., 1994. Könnun á útbreiðslu grálúðu fyrir Austfjörðum 1993. Hafrannsóknastofnun, fjölrít 36: 37 s.
- Matarese A.C., A.W. Kendall, D.M. Blood, B.M. Vinter, 1989. Laboratory guide to early life history stages of northeast Pacific fishes. NOAA Technical report NMFS 80: 498-634.
- Mattson S., 1990. Food and feeding habits of fish species over soft sublittoral bottom in the northeast Atlantic. 2. Cod (*Gadus morhua* L.) (Gadidae). Sarsia 75: 247-260.
- Mattson S., 1992. Food and feeding habits of fish species over a soft sublittoral bottom in the northeast Atlantic. 3. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus* (L.))(Gadidae). Sarsia 77: 33-45.
- Morosova G.N., 1982. Distribution, relative abundance and size composition of three species of eelpouts in the Labrador and Newfoundland areas. Journal of Northwestern Atlantic Fisheries Sciences, 3: 159-164.
- Nash R.D.M., 1986. Aspects of the general biology of Vahl's eelpout, *Lycodes vahlii gracilis* M.Sars, 1867 (Pisces, Zoarcidae), in Oslofjorden, Norway. Sarsia 71: 289-296.
- Nielsen J.G., S.A. Foss, 1993. *Lycodes adolfi*, a new species of eelpout (Zoarcidae) from Greenland. Cybium 17 (1) : 39-44.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in the Icelandic waters. Rit Fiskdeildar 7(1): 1-60.
- Rodrigues-Martin E., A. Punzón, J. Paz, I. Olaso, 1994. Feeding of most abundant fish species in Flemish cap in summer 1993. NAFO SCR document 94/35 (N2403): 1-33.
- Slipp J.C., DeLacy A.C., 1952. On the distribution and habits of watted eel-pout, *Lycodes palearis*. Copeia, 1952 (3): 201-203.
- Toyoshima M., 1985. Taxonomy of the subfamily lycodinae (family Zoarcidae) in Japan and adjacent waters, Memoirs of the Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Japan: 131-243.
- Warner G., 1982. Echinoderm nutrition (ritstjórn, Jangoux, M. og Lawrence, J.M.). A.A. Balkema, Rotterdam, Holland: 161-181.

Fæða grálúðu (*Reinhardtius hippoglossoides*) á íslenskum hafsvæðum

Jón Sólmundsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Athuguð var fæða grálúðu á hafsvæðunum vestan, norðan og austan Íslands. Alls voru rannsakaðar 1478 grálúður er veiddust á tímabilinu frá maí 1991 til mars 1992. Loðna (*Mallotus villosus*), mjórar (*Lycodes* spp.), ísrækja (*Hymenodora glacialis*) og rækja (*Pandalus borealis*) voru helsta fæða grálúðu. Af öðrum fæðuhópum má nefna ýmsar tegundir fiska, rækja, ljósáta, agna og smokkfiska. Smæsta grálúðan át einkum ýmsar tegundir krabbadýra en í meðalstórri grálúðu voru loðna, ísrækja og rækja helstu fæðutegundir. Mjórar og aðrar hlutfallslega stórar fiskategundir voru aðalfæða stærstu grálúðunnar. Samsetning fæðunnar er mismunandi eftir svæðum. Hlutfall loðnu var hæst fyrir norðvestan og norðaustan land en loðna var talsverður hluti fæðunnar á öllum svæðum. Mjórar voru stór hluti fæðunnar norðan og austan Íslands en aðrir fiskar, mest grálúða, djúpkarfi (*Sebastes mentella*) og stóri gullax (*Argentina silus*), voru í langmestu magni fyrir vestan. Rækja og ísrækja voru í mestu magni út af Norðurlandi. Fæðan breytist einnig með dýpi. Hlutfall loðnu fór minnkandi með dýpi en hlutfall mjóra jókst að 700 m en mjórar fundust ekki í grálúðum á meira dýpi en það. Hlutfall ýmissa annarra fiska var langmest á mesta dýpinu. Át grálúðunnar var mest sumar- og haustmánuði norðan og austan Íslands. Grálúður sem veiddust í febrúar á hrygningarslóðunum reyndust aftur á móti langflestar vera með tóma maga og lítil fæða í þeim sem eitthvað höfðu étið. Margar þeirra voru með vel þroskaða kynkirtla og hefðu hrygnt snemma um vor. Grálúðan virðist því éta lítið yfir hrygningartímann, hvort sem það stafar af litlu fæðuframboði snemma vors eða hrygningarástandinu sjálfu. Grálúða er einn helsti ránfiskur djúpslóðarinnar við Ísland og áhrif hennar á helstu fæðudýr gætu verið umtalsverð. Ef reikna á út heildarátt grálúðu á einstökum tegundum þyrftu þó að liggja fyrir meiri upplýsingar um hve stór hluti stofnsins er staddur á hverjum stað á hverjum tíma. Í þessu sambandi skiptir t.d. miklu máli hve stór hluti stofnsins fer í fæðugöngur norður og austur fyrir land og hvernig grálúðan dreifist á þau svæði.

Inngangur

Grálúða er víða í talsverðu magni á djúpslóð við Ísland, allt frá hafsvæðunum vestan Reykjaneshryggjar, vestur, norður og austur fyrir land og suður með vesturkanti Íslands-Færeyjahryggjar. Aðalhrygningarsvæði grálúðu við Ísland er djúpt vestur af landinu, en þar hrygnir hún snemma á vorin. Eftir hrygningu heldur hluti stofnsins í fæðuleit norður fyrir land og í júní og júlí er grálúðan komin á djúpmið út af Norðurlandi (Aðalsteinn Sigurðsson 1979). Síðustu ár hefur þó minna borið á þessum fæðugöngum en það má sennilega rekja til minnkandi stofns.

Grálúða er mjög áhugaverð tegund hvað fæðu og fæðuöflun varðar. Ýmis sunddýr sem oftast halda sig nærri botni, t.d. rækja (*Pandalus borealis*) og önnur sem oftast eru ofar í sjónum, t.d. loðna (*Mallotus villosus*) og ljósáta, virðast vera helsta fæða grálúðu á ýmsum hafsvæðum. Þetta bendir til að grálúða, ólíkt flestum flatfiskum, fari mikið upp í sjó við fæðuöflun.

Þrátt fyrir að grálúðan sé einn af stærri fiskastofnum á djúpslóð við Ísland hefur fæða hennar lítið verið rannsökuð. Bjarni Sæmundsson (1926) segir grálúðu hér við land aðallega lifa á rækju, hálfbera mjóra (*Lycodes seminudus*), loðnu, slöngustjörnum og marflóm. Í rannsókn Unnar Skúladóttur og Sigurðar Þ. Jónssonar (1991) á fæðu grálúðu norðan og austan Íslands, voru helstu fæðuhópar loðna og ýmsar aðrar fiskategundir, auk ísrækju (*Hymenodora glacialis*), rækju, smokkfiska og ljósátu.

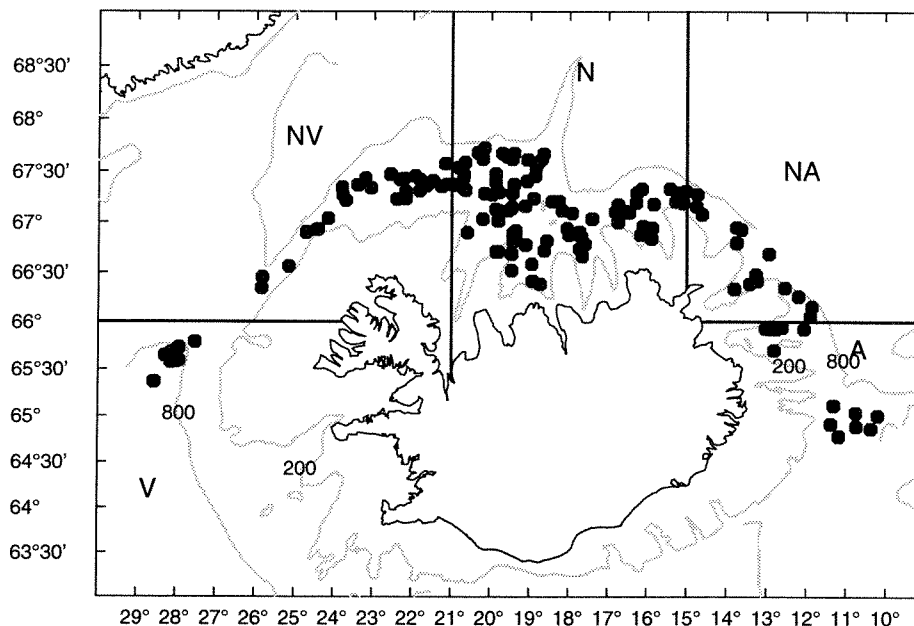
Aðferðir

Magasýnum var safnað á tímabilinu maí 1991 til mars 1992 á 162 stöðvum vestan, norðan og austan Íslands (1. mynd). Sýnum var aðallega safnað í rannsóknaleiðöngurum skipa Hafrannsóknastofnunar en einnig í veiðiferðum nokkurra togara.

Rannsóknasvæðinu var skipt í 5 hluta (1. mynd). Á V-svæði veiddist grálúða aðallega djúpt vestur af Víkuráli á svo kölluðu Hampiðjutorgi, en á NV-svæði á 200-600 m dýpi í útkanti landgrunnins. Á N-svæði fékkst grálúða í Húnaflóadjúpi, Skagafjarðardjúpi, Eyjafjarðaráli og Skjálfandadjúpi og einnig á landgrunskantinum. Á NA-svæði var sýnum safnað í Langanesdjúpi og Bakkafloadjúpi og á A-svæði í Héraðsdjúpi og á Rauða torginu.

Grálúður voru mældar og síðan slægðar. Ef fæða fannst í maga, var hún sett í sigti með 1 mm möskvastærð og skoluð með sjó. Eftir skulun var magainnihaldið varðveitt í 70% isopropanoli þar til greining fór fram.

Áhersla var lögð á að greina öll fæðudýr til tegundar. Magainnihaldið var oft mikið melt og greining til tegunda þá ekki möguleg. Þegar þannig var háttað voru fæðudýr greind í ættbálka, ætt eða ættkvísl, eða eins nákvæmlega og unnt var. Fjöldi einstaklinga í hverjum fæðuhópi var talinn. Til að koma í veg fyrir ofmat mikið meltra dýra, voru ákveðnir líkamshlutar sem tilheyrðu viðkomandi fæðuhópi taldir. Votvigt fæðuhópa í hverju sýni var mæld eftir að fæðan hafði verið lögð á pappírspurrku til að fjarlægja umframvökva. Bráðin var stærðarmæld þegar því var við komið. Alls var skoðað í 1478 maga og reyndist rúmlega helmingur þeirra innihalda fæðu.



1. mynd. Stöðvar þar sem magasýnum grálúðu var safnað og skipting rannsóknasvæðisins í 5 svæði.

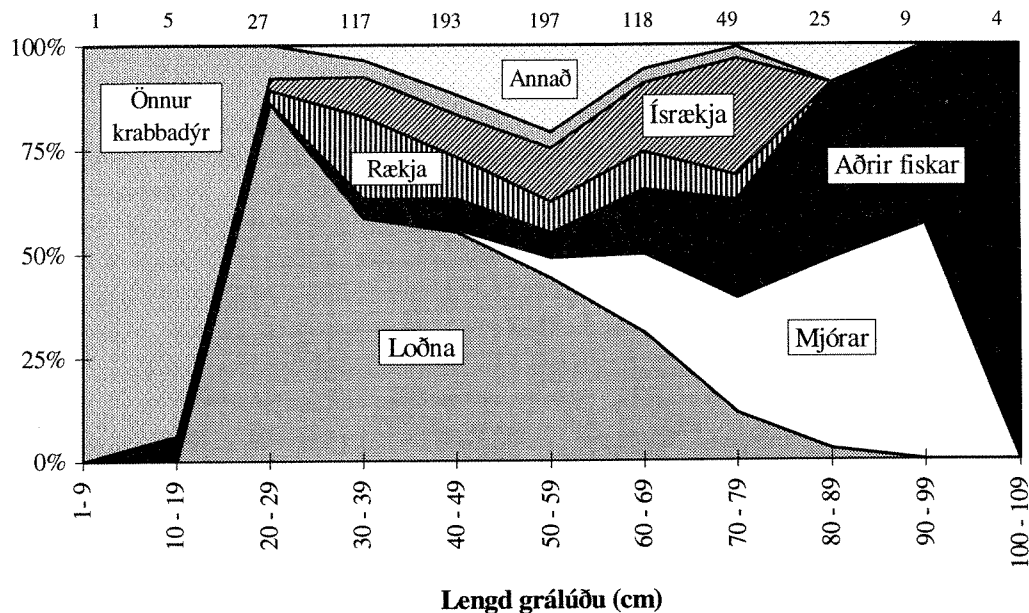
Niðurstöður

Loðna var mikilvægasta fæða grálúðu ef miðað er við þyngd fæðuhópa (1. tafla). Þar á eftir komu mjórar (*Lycodes* spp.), ísrækja og rækja. Þyngd þessara fæðuhópa var samtals um 67% af heildarþyngd fæðunnar. Ísrækja var hinsvegar algengasta fæðutegundin, næst komu loðna, rækja og ljósátutegundin náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*). Samtals var einstaklingsfjöldi þessara tegunda 81% af heildarfjölda einstaklinga í mögum. Meðal annarra fæðuhópa sem fundust í mögum grálúðu, voru ýmsar tegundir fiska, rækju, ljósátu, marflóa, agna og smokkfiska. Skrápdyr, samlokur, sniglar, burstaormar og fleiri botndýr fundust aðeins stöku sinnum.

Fæðan breytist með stærð grálúðu (2. mynd). Í grálúðu að 20 cm voru krabbadýr yfirgnæfandi hluti fæðunnar en í 20-29 cm grálúðu var loðna í langmestu magni. Hlutfall loðnu fór síðan minnkandi og hún fannst ekki í mögum grálúðu stærri en 90 cm. Hlutfall krabbadýra hélst svipað í lengdarflokkum frá 20-80 cm og ísrækja og rækja voru þar langalgengustu tegundir. Mjórar og aðrar fiskategundir voru aðalfæða stærstu grálúðunnar.

Fæðusamsetningin er mismunandi eftir svæðum (3. mynd) en hafa skal í huga að sýnum frá mismunandi svæðum var ekki alltaf safnað á sama tíma árs. Hlutfall loðnu var mest á NV- og NA-svæði en loðna var talsverður hluti fæðunnar á öllum svæðum. Hlutfall mjóra var svipað á N-, NA- og A-svæði en mjórar fundust ekki í grálúðu á V-svæði. Fiskar (aðrir en loðna og mjórar) voru í langmestu magni á V-svæði en einnig í talsverðu magni á A-svæði. Af fiskum sem fundust í grálúðumögum á V-svæði má nefna grálúðu, djúpkarfa (*Sebastes mentella*) og stóra gulllax (*Argentina silus*) en á A-svæði fundust m.a. kolmurni (*Micromesistius poutassou*) og skrápflúra (*Hippoglossoides platessoides*). Hlutfall rækju var mest á NV-, N- og NA-svæði en rækja fannst aðeins í einum maga frá V-svæði. Ísrækja var í mestu magni á N-svæði en hlutfall hennar var einnig talsvert á NV-svæði. Ísrækja fannst ekki í mögum grálúðu á V-svæði.

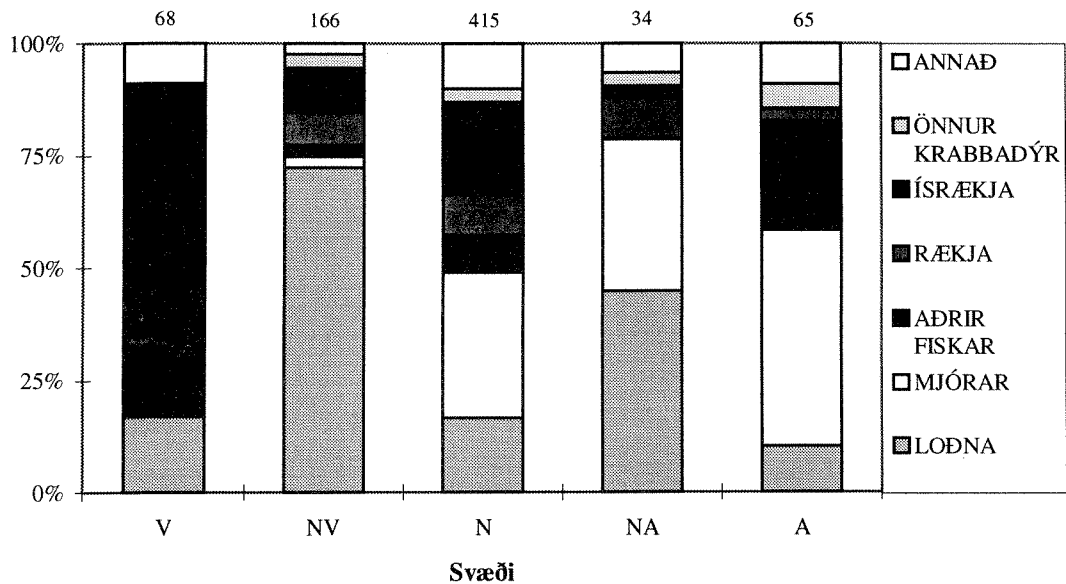
Fæðan breytist einnig með dýpi (4. mynd). Hlutfall loðnu fór minnkandi með dýpi en hlutfall mjóra jókst að 700 m en mjórar fundust ekki í grálúðum á meira dýpi en það. Aðrir fiskar (aðrir en loðna og mjórar) voru í langmestu magni á mesta dýpinu. Hlutfall rækju hélst svipað að 700 m en ísrækja var í mestu magni á 300-500 m dýpi.



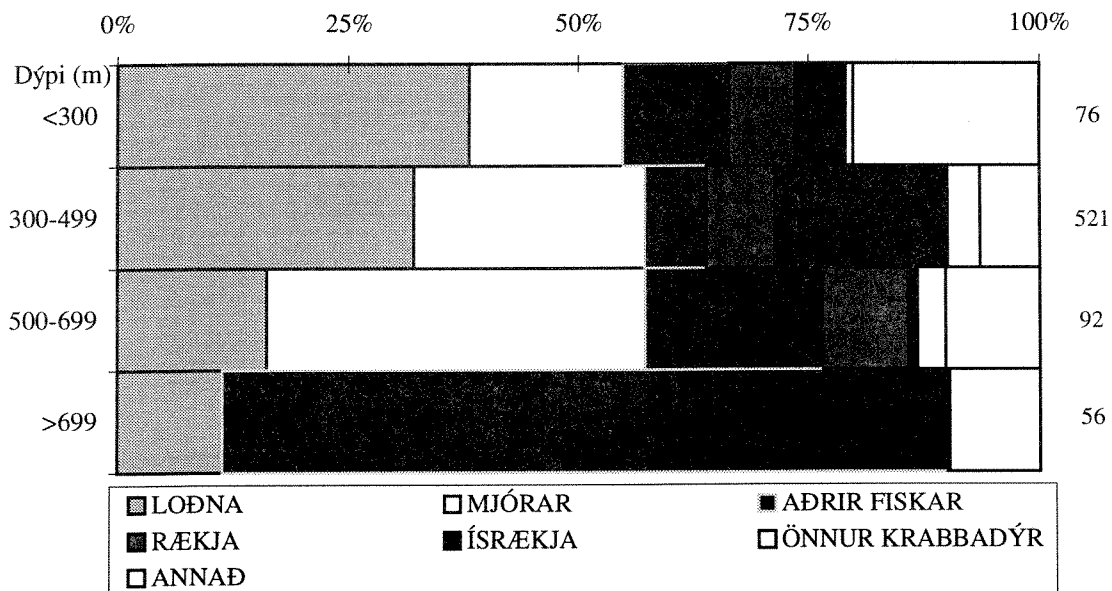
2. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuflokka eftir lengd grálúðu. Tölurnar fyrir ofan myndina sýna fjölda maga með fæðu á hverju lengdarbili.

1. tafla. Þyngd fæðuhópa grálúðu og fjöldi einstaklinga í hverjum fæðuhópi. Sýni frá öllum svæðum

FÆÐUHÓPAR	Fjöldi	%	Þyngd (g)	%
FISKAR (PISCES)	1195	24,2	10248,1	70,7
Loðna (<i>Mallotus villosus</i>)	1013	20,5	3826,9	26,4
Skjár (<i>Bathylagus euryops</i>)	1	0,0	36,0	0,2
Ískóð (<i>Boreogadus saida</i>)	8	0,2	54,4	0,4
Þorskur (<i>Gadus morhua</i>)	3	0,1	60,2	0,4
Stóri gullax (<i>Argentina silus</i>)	2	0,0	74,0	0,5
Gullkarfi (<i>Sebastes marinus</i>)	12	0,2	101,1	0,7
Djúpkarfi (<i>Sebastes mentella</i>)	5	0,1	423,9	2,9
Blákjafta (<i>Rhinonemus cimbrius</i>)	2	0,0	103,6	0,7
Langhalabróðir (<i>Trachyrhynchus murrayi</i>)	1	0,0	111,6	0,8
Kolmuni (<i>Micromesistius poutassou</i>)	3	0,1	304,0	2,1
Mjórar (<i>Lycodes spp.</i>)	50	1,0	3226,0	22,3
Sogfiskar (Liparidae)	1	0,0	6,3	0,0
Laxsildir (Myctophidae)	3	0,1	10,7	0,1
Mjónar (Lumpenidae)	1	0,0	29,0	0,2
Lúða (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>)	1	0,0	154,2	1,1
Grálúða (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>)	8	0,2	768,5	5,3
Skráplúra (<i>Hippoglossoides platessoides</i>)	5	0,1	5,4	0,0
Flatfiskar (Pleuronectidae)	1	0,0	97,5	0,7
Geirnyt (<i>Chimaera monstrosa</i>)	2	0,0	16,4	0,1
Fiskar (Pisces) (ógr.)	73	1,5	838,4	5,8
KRABBADÝR (CRUSTACEA)	3631	73,5	3033,2	20,9
Rækjur (Natantia)	2796	56,6	2690,1	18,6
Rækja (<i>Pandalus borealis</i>)	288	5,8	911,4	6,3
Ísrækja (<i>Hymenodora glacialis</i>)	2462	49,9	1735,9	12,0
Sabinsrækja (<i>Sabinea septemcarinata</i>)	1	0,0	0,9	0,0
Gaddþvari (<i>Sclerocrangon ferox</i>)	1	0,0	2,3	0,0
<i>AcanthePHYRA purpurea</i>	1	0,0	2,7	0,0
Glerrækja (<i>Pasiphaea tarda</i>)	17	0,3	20,4	0,1
Rækjur (Natantia) (ógr.)	26	0,5	16,5	0,1
Ljósátur (Euphausiacea)	365	7,4	75,8	0,5
Náttlampi (<i>Meganyctiphanes norvegica</i>)	286	5,8	68,3	0,5
Augsfili (<i>Thysanoessa inermis</i>)	41	0,8	4,2	0,0
Ljósátur (Euphausiacea) (ógr.)	38	0,8	3,3	0,0
Marflær (Amphipoda)	186	3,8	64,0	0,4
<i>Acanthostepheia malmgreni</i>	1	0,0	0,6	0,0
<i>Halirages fulvocinctus</i>	6	0,1	1,2	0,0
<i>Pardalisca abyssi</i>	1	0,0	0,2	0,0
<i>Gammarus wilkitzki</i>	4	0,1	1,8	0,0
<i>Rhachotropis aculeata</i>	5	0,1	1,9	0,0
<i>Tmetonyx sp.</i>	26	0,5	3,1	0,0
<i>Anonyx sp.</i>	34	0,7	15,6	0,1
<i>Eusirus sp.</i>	62	1,3	31,0	0,2
Gammaridea (ógr.)	33	0,7	8,2	0,1
<i>Themisto abyssorum</i>	14	0,3	0,4	0,0
Panglýs (Isopoda)	2	0,0	1,0	0,0
Agnir (Mysidacea)	222	4,5	90,1	0,6
<i>Boreomysis nobilis</i>	195	3,9	82,7	0,6
<i>Gnathopausia zoea</i>	1	0,0	0,2	0,0
Agnir (Mysidacea) (ógr.)	26	0,5	7,2	0,0
Krabbadýr (Crustacea) (ógr.)	60	1,2	112,2	0,8
ANNAD	111	2,2	1214,5	8,4
Sælliljur (Crinoidea)	1	0,0	0,1	0,0
Slöngustjörnur (Ophiuroidea)	12	0,2	6,7	0,0
Sæköngulær (Pycnogonida)	2	0,0	12,6	0,1
Smokkfiskar (Cephalopoda)	65	1,3	592,2	4,1
Dflasmokkur (<i>Gonatus fabricii</i>)	19	0,4	427,0	2,9
Smokkfiskar (Cephalopoda) (ógr.)	46	0,9	165,2	1,1
Sniglar (Gastropoda)	1	0,0	0,0	0,0
Samlokur (Bivalvia)	6	0,1	1,4	0,0
Jökulbirða (<i>Arca glacialis</i>)	2	0,0	1,2	0,0
Kólgutodda (<i>Yoldiella intermedia</i>)	4	0,1	0,2	0,0
Burstaormar (Polychaeta)	10	0,2	4,6	0,0
Sæffllar (Actiniaria)	1	0,0	0,1	0,0
Marglyttur (Scyphozoa)	4	0,1	18,0	0,1
Fiskafskurður, innyfli o.fl.	9	0,2	578,8	4,0

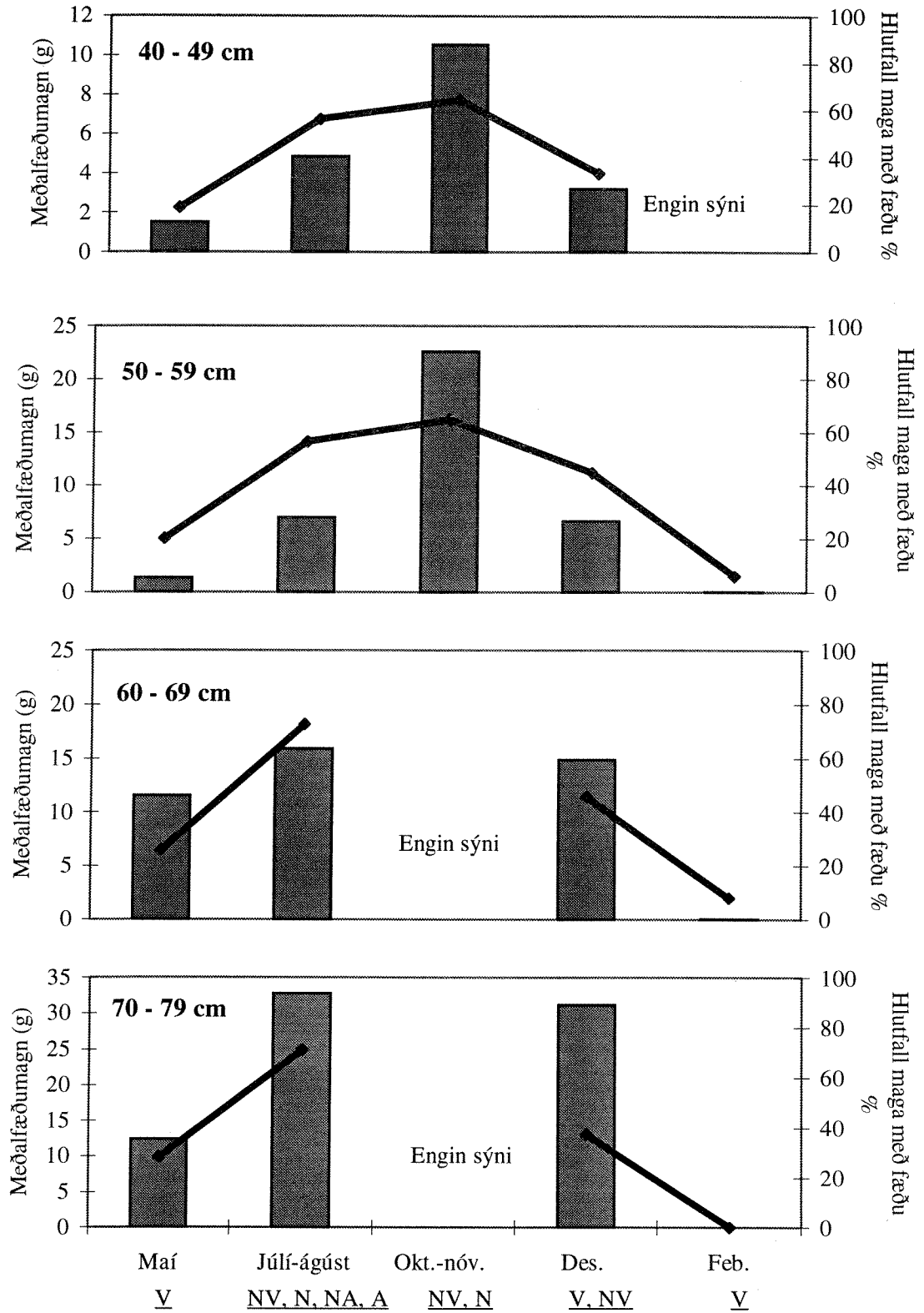


3. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuflokka grálúðu eftir svæðum. Tölurnar fyrir ofan súlurnar sýna fjölda maga með fæðu á hverju svæði.



4. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuflokka grálúðu eftir dýptarbilum. Tölurnar til hægri sýna fjölda maga með fæðu á hverju dýptarbili.

Ég skoðaði meðalmagn fæðu og hlutfall maga með fæðu, á mismunandi svæðum og árstíma. Á 5. mynd má sjá niðurstöður fyrir fjóra lengdarflokka grálúðu. Meðalmagn fæðu reyndist vera meira á svæðunum fyrir norðvestan, norðan og austan land á sumar- og haustmánuðum heldur en á V-svæði á vorin. Hlutfall maga með fæðu fylgdi sveiflum í fæðumagni nokkuð vel og hlutfallslega fleiri grálúður reyndust vera í æti á sumrin og fram á haust.



5. mynd. Meðalmagn fæðu í grálúðumögum (súlur) og hlutfall maga með fæðu (lína) eftir árstíma og svæðum.

Einungis varð vart við sjálfrán hjá grálúðu á miklu dýpi á V-svæði í maí 1991 en þá var grálúða stór hluti af þyngd fæðunnar. Í nokkrum grálúðumögum sem safnað var í veiðiferðum togara, fannst fæða sem greinilega hafði komið frá fiskiskipum. Annarsvegar var um að ræða nærri ómelt innyfli sem greinilega höfðu verið étin sem hræ því aðrar fiskleifar voru ekki í mögunum. Hinsvegar voru afskornir hausar og sporðar grálúða, en af skurði þeirra mátti sjá að þeir höfðu komið frá frystiskipi.

Umræða

Loðna er mikilvæg fæða grálúðu á öllu útbreiðslusvæði hennar. Grálúða étur einkum stóra loðnu (tveggja ára og eldri) (6. mynd) og líklega er hún einn af helstu afræningjum á loðnu á djúpslóð við Ísland. Loðna er mjög mikilvæg sem fæða margra annarra fiskategunda hér við land (Ólafur K. Pálsson 1983) og hún virðist einnig vera mikilvæg fæða fyrir grálúðu á ýmsum hafsvæðum öðrum, t.d. út af Labrador og Nýfundnalandi (Bowering og Lilly 1992) og norður af Noregi (Shvagzdhis 1990).

Mjórar eru algengir 200-500 m dýpi í köldum sjó út af Norður- og Austurlandi (Gunnar Jónsson 1992). Mjórar eru nokkuð stórir fiskar (20-80 cm fullvaxnir) og þó fjöldi þeirra í mögum sé ekki mikill, er hlutfall þyngdar mikið einkum í 60-90 cm grálúðu. Þeir geta því skipt grálúðuna miklu máli og líklega getur einn stór mjóri nægt sem fæða í langan tíma. Þetta á sérstaklega við í köldum sjó þar sem melting og efnaskipti eru hæg.

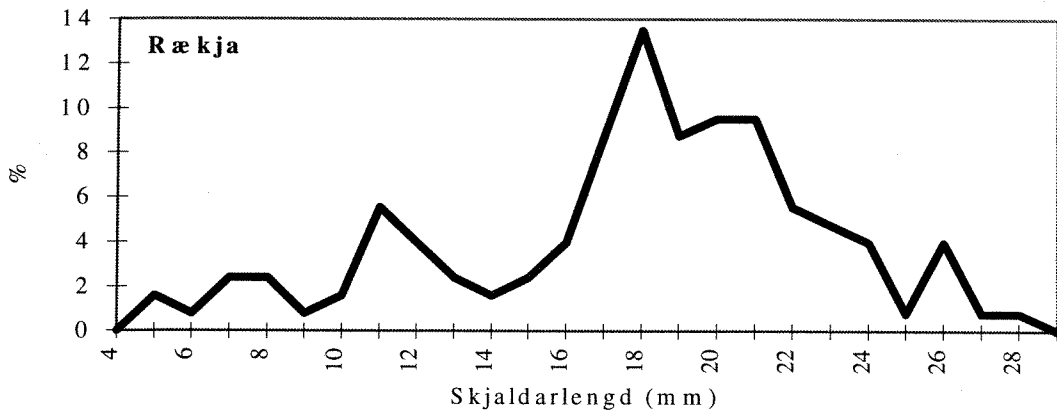
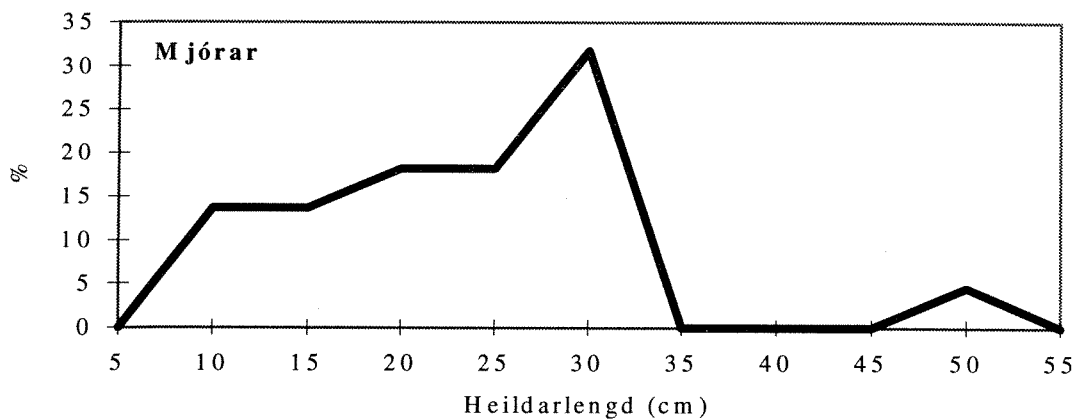
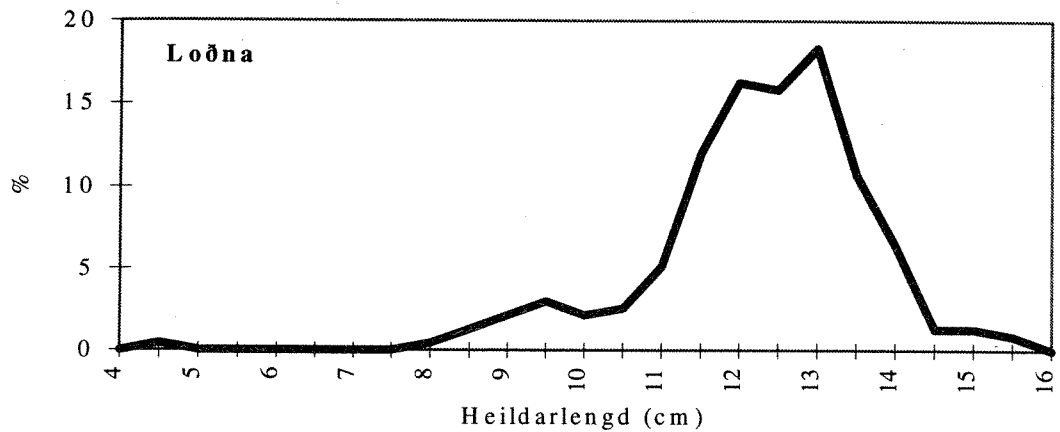
Ísrækja er mikilvæg fæða fyrir grálúðu, einkum í göngum hennar norðan Íslands á sumarmánuðum en þá er ísrækja algengasta fæðan. Ísrækja virðist hins vegar ekki vera mikilvæg fæða grálúðu á öðrum hafsvæðum, og kemur reyndar ekki fyrir í þeim erlendu rannsóknum sem vitnað er í hér. Útbreiðslusvæði grálúðu og rækju skarast mjög víða og á þeim slóðum virðist grálúða éta töluvert af rækju. Auk Íslandsmiða má nefna hafsvæðin út af Labrador, Nýfundnalandi og V-Grænlandi (Smidt 1969; Chumakov og Podrazhanskaya 1986; Pedersen og Riget 1992; Bowering og Lilly 1992) og V-Barentshaf (Haug og Gulliksen 1982; Shvagzdhis 1990).

Grálúða át mun meira af ísrækju en rækju á þeim slóðum þar sem báðar tegundirnar finnast, jafnvel þó allt bendi til að meira hafi verið af rækju en ísrækju við botn (Jón Sólmundsson 1993). Í köldum sjó norðurhafa er ísrækja miðsjáartegund (bathypelagic), en sunnar þar sem sjór er hlýrri heldur hún sig frekar nærri botni (Marshall 1954). Ísrækja var t.d. ein af algengari fæðutegundum laxa sem veiddust á flotlínu djúpt norðaustur af Íslandi, ásamt ýmsum miðsjávardýrum eins og laxsíldum (Myctophidae), kolmunna og ljósátu (Gísli Ólafsson 1987). Hátt hlutfall ísrækju í grálúðumögum er því vísbending um að grálúða yfirgefi botninn og fari jafnvel töluvert upp í sjó við fæðuleit.

Hátt hlutfall stórra fiska í mögum grálúðu frá V-svæði má sennilega rekja til þess að flestar grálúður veiddar þar voru lengri en 50 cm. Upplýsingar um tegundasamsetningu og hlutfallslegt magn tegunda sem aðgengilegar voru sem fæða fyrir grálúðu á þessum slóðum, eru ekki fyrir hendi. Því er ekki vitað hvort samsetningu fæðunnar megi rekja til þess fæðuframboðs sem til staðar var, eða hvort um val stórrar grálúðu á hlutfallslega stórrri fæðu hafi verið að ræða. Sennilega hafa þó báðir þættirnir haft áhrif.

Algengt er meðal sjávarfiska, að breyting verði á fæðuvali eftir því sem fiskurinn stækkar og það á einnig við um grálúðu við Ísland. Rannsóknir á fæðu grálúðu á öðrum hafsvæðum gefa svipaðar niðurstöður og sem dæmi má nefna að í Beringshafi át smæsta grálúðan aðallega ljósátu og önnur krabbadýr en alaskaufsi (*Theragra chalcogramma*) var aðalfæða stærri grálúðu (Yang og Livingston 1988).

Á vorin gengur hluti grálúðustofnsins frá hrygningarsvæðunum djúpt vestur af Íslandi, til hafsvæðanna norðan og austan Íslands (Aðalsteinn Sigurðsson 1979). Þessar göngur eru taldar vera fæðugöngur sem vara fram á vetur. Seinni hluta sumars standa fæðugöngurnar hvað hæst og grálúða étur þá fyrst og fremst loðnu og ísrækju.



6. mynd. Lengdardreifing loðnu, mjóra og rækju úr grálúðumögum. Sýni frá öllum svæðum.

Grálúða sem veiddist í febrúar á hrygningarslóðunum djúpt vestur af landinu var greinilega ekki í æti, langflestir magar voru tómir og lítil fæða í mögum þeirra grálúða sem eitthvað höfðu étið. Margar grálúðanna voru með vel þroskaða kynkirtla og hefðu sennilega hrygnt snemma um vorið. Grálúðan virðist því éta lítið yfir hrygningartímann, hvort sem það stafar af litlu fæðuframboði snemma vors eða hrygningarástandinu sjálfu.

Nokkuð algengt er meðal ránfiska að stórir fiskar éti smærri einstaklinga sömu tegundar. Rannsóknir sýna að sjálfrán á sér stað hjá grálúðu á ýmsum hafsvæðum (Chumakov

og Podrazhanskaya 1986, Yang og Livingston 1988, Shvagzhdis 1990, Bowering og Lilly 1992). Hér varð einungis vart við sjálfrán á V-svæði í maí 1991 en þá voru grálúður stór hluti af heildarþyngd fæðunnar.

Grálúða étur aðallega ýmis sunddýr, mest fiska, rækjur og smokkfiska. Áhugavert er að hugleiða hvað það er sem gerir grálúðuna svo hæfa til að veiða og nýta hraðsynda og oft stóra bráð.

1. *Auga vinstri hliðar* grálúðu er staðsett *ofan á höfðinu*. Sjónsvið hennar er því víðara en sjónsvið flatfiska sem hafa bæði augu staðsett á sömu hlið.

2. Grálúða er *straumlínulagaðri* en aðrir flatfiskar og líkist að því leiti meira bolfiskum. Það bendir til að hún sé hraðsynd.

3. Grálúðan hefur *hvassar tennur* og *stórt munnhol* sem auðvelda henni að grípa og halda hreyfanlegri bráð.

4. *Tálknburstar* grálúðu eru *stórir* og gera hana hæfari til að innbyrða spriklandi bráð. Tálknburstar eru mikilvægir fyrir fiskaætur þar sem þeir koma í veg fyrir að stór bráð sleppi aftur út um munninn.

5. *Teygjanlegur magi* grálúðu getur tekið við stórri og mikilli fæðu í einu

6. *Stærð og fjöldi skúflanga* er meiri í lúðu og grálúðu en öðrum flatfiskum (De Groot 1971). Skúflangar eru lokaðar pípur á mörkum maga og garna og þar fer fram uppsog ýmissa næringarefna. Stórir skúflangar koma sér því vel hjá fiskum sem lifa á stórri bráð og melta hana að mestu í maganum.

Veiðistofn grálúðu við A-Grænland, Ísland og Færeyjar hefur síðustu 20 ár verið metinn á bilinu 100-250 þúsund tonn. Grálúða er því einn helsti ránfiskur djúpslóðarinnar og áhrif hennar á helstu fæðudýr gætu verið umtalsverð. Ef reikna á út heildarátt grálúðu á einstökum tegundum þyrftu þó að liggja fyrir meiri upplýsingar um hve stór hluti stofnsins er staddur á hverjum stað á hverjum tíma. Í þessu sambandi skiptir t.d. miklu máli hve stór hluti stofnsins fer í fæðugöngur norður og austur fyrir land og hvernig grálúðan dreifist á þau svæði. Þá er líklega einhver breytileiki í fæðugöngum grálúðunnar milli ára sem getur orsakast af mismunandi stofnstærð grálúðunnar, göngum og ástandi helstu fæðutegunda, ástandi sjávar og fleiri þáttum.

Þakkir

Ég þakka öllum sem aðstoðuðu við framkvæmd þessa verkefnis. Ólafi K. Pálssyni, Jörundi Svavarssyni, Agnari Ingólfssyni og Ólafi P. Ólafssyni þakka ég ýmsa aðstoð og uppbyggilega gagnrýni. Fjölmargin starfsmenn Hafrannsóknastofnunar fá þakkir fyrir veitta aðstoð, einkum Anton Galan, Einar Jónsson og Ólafur S. Ástþórsson fyrir aðstoð við greiningu fæðudýra, Jóhanna Erlingsdóttir, og Höskuldur Björnsson fyrir aðstoð við tölvuvinnslu og Sigurlína Gunnarsdóttir fyrir aðstoð við heimildaleit. Rannsóknamönnum og áhöfnum á rannsóknaskipunum Árna Friðrikssyni og Dröfn og togurunum Arnari HU-1, Bessa ÍS-410 og Bjarti NK-121 þakka ég aðstoð við sýnatöku. Barði Ingibjartsson á Bessa fær sérstakar þakkir.

Heimildir

- Aðalsteinn Sigurðsson, 1979. Grálúðan við Ísland. Hafrannsóknir - 16. hefti.
Bjarni Sæmundsson, 1926. Fiskarnir. Bókaverslun Sigfúsar Eymundssonar, Reykjavík. 583 s.
Bowering, W. R. , G. R. Lilly, 1992. Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) off southern Labrador and northeastern Newfoundland (northwest Atlantic) feed primarily on capelin (*Mallotus villosus*). Neth. J. Sea Research, 29 (1-3): 211-222.
Chumakov, A. K. , S. G. Podrazhanskaya, 1986. Feeding of Greenland Halibut *Reinhardtius hippoglossoides* in the Northwest Atlantic. NAFO Sci. Coun. Studies, 10: 47-52.
De Groot, S. J., 1971. On the interrelationships between morphology of the alimentary tract, food and feeding behaviour in flatfishes (Pisces: Pleuronectiformes). Neth. J. Sea Research. 5 (2): 121-196.
Gísli Ólafsson, 1987. Laxveiðiferð með Færeyingum í Noreghafi 1982. Náttúrufræðingurinn. 57: 115-126.

- Gunnar Jónsson, 1992. Íslenskir fiskar. Fjölvaútgáfan, Reykjavík. 2. útgáfa aukin. 568 s.
- Haug, T. , B. Gulliksen, 1982. Size, age, occurrence, growth, and food of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum) in coastal waters of western Spitsbergen. Sarsia 68: 293-297.
- Jón Sólmundsson, 1993. Fæða og fæðuhættir grálúðu (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walb.)) (Pisces: Pleuronectidae) á íslenskum hafsvæðum. Háskóli Íslands, líffræðiskor. 65 s. prófritgerð framhaldsnáms.
- Marshall, N. B., 1954. Aspects of deep sea biology. Hutchinson scientific and technical publications. 380 s.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar 7 (1): 1-60.
- Pedersen. S. A. , F. Riget, 1992. Feeding habits of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides*, in West Greenland waters with special emphasis on predation on shrimp and juvenile redfish. ICES C.M. 1992/G: 25. 22 s.
- Shvagzhdis, A. P., 1990. Feeding peculiarities of Greenland halibut from the Norwegian-Barents sea stock in 1980-1989. ICES C.M. 1990/ G: 12. 18 s.
- Smidt, E., 1969. The Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walb.), biology and exploitation in Greenland waters. Medd. Danm. Fisk.- og Havunders. N.S., 6: 79-148.
- Unnur Skúladóttir, Sigurður Þ. Jónsson, 1991. A preliminary report on the predation on the shrimp *Pandalus borealis* by Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides*, off north and east of Iceland. ICES C.M. 1991/K: 6. 10 s.
- Yang, M. S. , P. A. Livingston 1988. Food habits and daily ration of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides*, in the eastern Bering sea. Fish. Bull. Vol. 86, No. 4.

Fæða og fæðuhættir sandkola (*Limanda limanda*, Linnaeus, 1758) við strendur Íslands

Guðmundur Jóhann Óskarsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Fæða sandkola við strendur Íslands var skoðuð á fjórum árstímum, mars, júlí, og nóvember 1992 (kringum landið) og maí 1995 (við suðurströndina). Fæðan var greind eins nákvæmlega og unnt var og var fjöldi fæðueininga metinn hjá hverjum fæðuhóp svo og þyngd þeirra. Í maí var sandkolinn jafnframt kyngreindur, vigtaður og aldursgreindur. Í mars vóg loðna þyngst í fæðu sandkola eða 62%. Mest áberandi var hún við suðurströndina en ekkert fyrir norðan land þar sem krabbadýr voru algengust. Í júlí var fæðan fjölbreyttust, síli, burstaormar, tífatlukrabbar, samlokur og skrápdyr vögu þyngst. Hlutdeild þessara hópa var misjöfn eftir hafsvæðum. Síli vóg langþyngst í nóvember (82%), og var stærst hluti þeirra í sandkola frá suðausturmiðum. Annarsstaðar voru burstaormar mest áberandi. Í nóvember, svo og á öðrum árstímum, var munur milli lengdarflokka á fæðusamsetningunni. Krabbadýr vögu þyngst hjá minnstu fiskunum en síli hjá þeim stærri. Yfir hrygningartímam í maí 1995, var langalgengast fæðan einhvernsskonar fiskhold, en það var 93% af þyngd fæðunnar. Allnokkur munur var greindur milli kynja. Hlutfall hrygna með fæðu var 65% en 52% hjá hængum. Hrygnur voru lengri en hængar á sama aldri. Og þá var tíðni fiskholds í fæðunni mun herra hjá hrygnum, en hærri tíðni krabbadýr hjá hængum kom á móti.

Inngangur

Þessi grein er byggð á rannsóknaverkefni við Háskóla Íslands sem unnið var á Hafrannsóknastofnuninni (Guðmundur J. Óskarsson 1996). Markmið þess var að afla aukinnar þekkingar á eftirfarandi þáttum í fæðuvistfræði sandkola hér við land:

- hver sé fæða hans á mismunandi árstímum og hafsvæðum umhverfis landið.
- hvort munur sé á fæðu sandkola eftir lengdarflokkum.
- hvort munur sé á fæðu milli kynja yfir hrygningartímam.

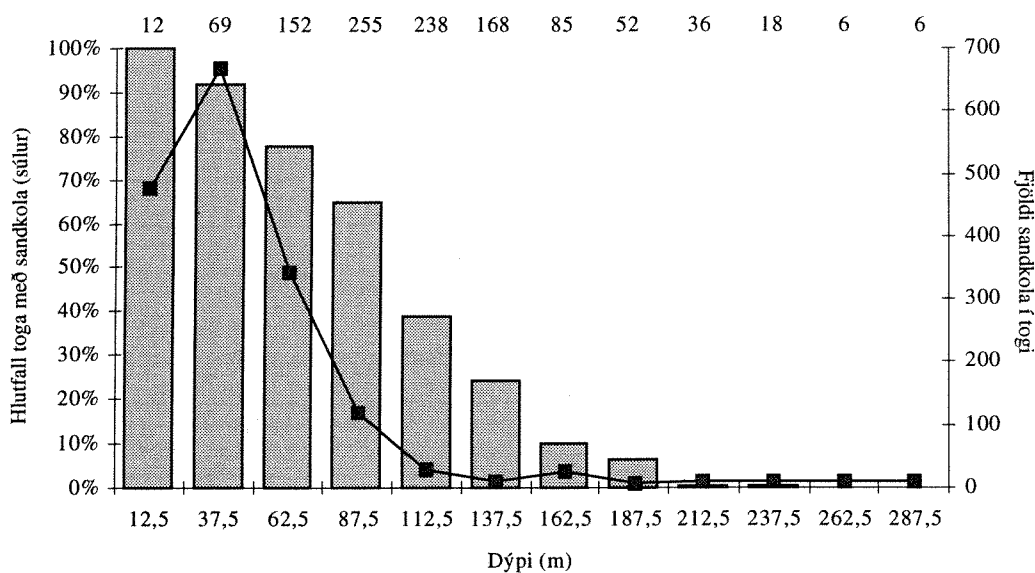
Aðalútbreiðslusvæði sandkola við Ísland er á grunnslóð við suður- og suðvesturströndina. Einnig er nokkuð um hann út af Vestfjörðum og í Breiðafirði (Einari Jónsson ofl. 1995). Samkvæmt árlegum leiðöngurum Hafrannsóknarstofnunarinnar í mars árin 1985-1995 er sandkoli algengastur á um það bil 0-100 m dýpi (1. mynd). Hrygningartími hans við suðurströndina er í maí og júnímánuði en í júlí og ágúst við norður- og austurströndina (Bjarni Sæmundsson 1909).

Fæða sandkola hefur einu sinni áður verið rannsökuð hér við land (Gunnar Jónsson 1966). Þar var um að ræða ómagnbundna rannsókn (qualitative) en ekki magnbundna (quantitative), og fæðan var aðeins greind en fæðuhópar hvorki taldir né vigtaðir. Tekin voru sýni á tveimur árstímum, að vori (mars-apríl) og að hausti (júlí-ágúst). Helstu niðurstöður rannsóknarinnar voru að algengustu fæðugerðir sandkola væru samlokur (*Bivalvia*), burstaormar (*Polychaeta*), síli (*Ammodytes* spp.) og loðna (*Mallotus villosus*, Müller). Fæðan virtist vera breytileg eftir stærð fiskanna og átu minnstu sandkolarnir aðallega burstaorma en þeir stærstu fisk og stórar samlokur. Þá var fæðan einnig breytileg milli veiðisvæða og árstíma og voru til dæmis síli, loðna og lindýr algengar fæðutegundir að hausti en burstaormar og lindýr yfir vorið.

Sandkoli hefur lítið verið nýttur af Íslendingum þar til nú á síðustu árum. Aflinn hefur aukist verulega síðasta áratuginn úr 447 tonnum árið 1984, í 5155 tonn árið 1994. Ástæður fyrir þessari aflaukningu eru einkum taldar vera þær að meira sé hirt af honum en áður og að bein sókn í hann hafi aukist (Anon. 1994).

Gögn og úrvinnsla

Fæðurannsóknaleiðangrar vegna fjölstofnaránnsóknna á árinu 1992 voru alls þrjár, í mars, júlí og nóvember. Sandkolinn fékkst aðallega í hlýsjónum fyrir sunnan og vestan, en einnig fáeinir fyrir norðan land (Guðmundur J. Óskarsson 1996). Ef sandkoli fékkst á togstöðvunum var hann lengdarmældur frá trjónu að enda sporðblöðkunnar og síðan skipt í lengdarflokka (10-14, 15-19, 20-24, 25-29, 30-39, 40-49 cm). Ekki voru teknir fleiri en 5 fiskar í hvern lengdarflokk, en þeir gátu orðið færri ef afli var ekki nægur. Þessir 5 fiskar mynduðu eitt sýni. Reynt var að ná sýnum af sem flestum lengdarflokkum. Magainnihald fiskanna, ef það reyndist eitthvert var svo sett í blöndu af 70% ísóprópanóli og 30% sjó.



1. mynd. Hlutfall toga þar sem sandkoli veiddist í togararöllum Hafrannsóknastofnunnarinnar árin 1985-1995 (súlurnar) á hverju 25m dýptarbili (0-25m, 25-50m o.s.fr.v.) og meðalfjöldi sandkóla í togi. Tölurnar efst sýna fjölda toga þar sem sandkoli veiddist.

Í maí 1995 var magasýnum úr sandkøla safnað í humarleiðangri Hafrannsóknastofnunarinnar á rs. Dröfn. Sandkolinn sem veiddist í þessum leiðangri fékkst aðallega í þremur togum, við Vestmannaeyjar, Surtsey og Súlnasker, á 136-170 m dýpi. Þar voru tekin tilviljanakennd úrtök jafnframt því að skimað var yfir aflann og valdir fiskar sem voru á jöðrum lengdardreifingarinnar (stórir og litlir). Í öðrum togum voru það fáir sandkølar að allir voru teknir í fæðusýni. Magainnihald hvers fisks var varðveitt í sér ílát.

Af þeim 253 sandkølum sem safnað var í maí, voru 174 kvarnaðir til aldursgreininga. Þeir voru einnig vigtaðir slægðir og óslægðir, lengdarmældir og kyngreindir. Aldursgreining út frá kvörnum var gerð af starfsmönnum Hafrannsóknastofnunarinnar.

Niðurstöður

Fæða eftir árstíma.

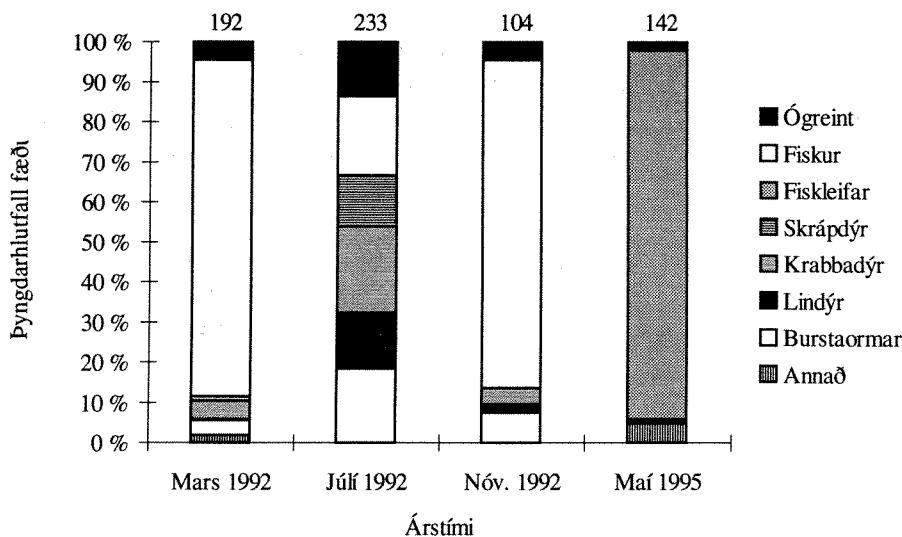
Alls voru rannsakaðir 965 sandkolamagar (1. tafla), þar af höfðu 70% fæðu eða ómeltanlegar leifar. Þyngdarhlutfall mismunandi fæðuhópa var nokkuð breytilegt eftir árstíma (2. mynd). Algengasta fæðan í mars 1992, miðað við blautvigt, var loðna (64%). Síli og ógreindur fiskur reyndust um 21%.

1. tafla. Yfirlit yfir gagnasöfnun og efnivið vegna rannsókna á fæðu sandkøla. Sýndur er fjöldi fiska sem teknir voru til rannsóknar, hlutfall þeirra sem höfðu fæðu, leifar og tóman maga, heildarþyngd fæðu, meðalþyngd fæðu hvers fisks, og loks meðalfjöldi fiska sem voru saman í sýni.

Árstími og ár leiðangurs	Mars 92	Júlí 92	Nóv. 92	Maí 95	Samtals
Heildarfjöldi fiska	267	268	177	253	965
Prósentufjöldi með fæðu	72%	82%	59%	47%	66%
Prósentufjöldi með leif	0%	5%	0%	9%	4%
Prósentufjöldi tómir	28%	13%	41%	44%	30%
Þyngd fæðunnar (g)	226,9	254,5	202,5	171,7	855,6
Meðalþyngd fæðu hvers fisks (g)	1,18	1,08	1,93	1,22	1,27
Meðalfjöldi maga í sýni	3,8	3,8	3,5	1	

Í júlí voru fiskar, krabbadýr, burstaormar, samlokur og skrápdyr öll með svipaða hlutdeild í fæðu sandkøla, frá 12 - 21%. Af fiskum var einungis greint síli en afgangurinn var fiskeleifar. Af krabbadýrum höfðu tífatir krabbar (Decapoda) mestu þyngdina eða um 13% en marflær (Gammaridea) þá næstmestu (tæp 7%). Í nóvember var síli algengasta fæðan miðað við þyngd (82%), eins og sjá má á 2. mynd.

Fæða sandkølans í maí 1995 var nokkuð ólík því sem reyndist 1992. Aðeins voru greindir 26 fæðuhópar úr mögunum og var fiskhold, oft með einhverjum beinum, mjög áberandi fæða. Fiskholdið var um 93% af heildarþyngd fæðunnar. Aðeins var hægt að greina eina tegund á þessum leifum og var það tindaskata (*Raja radiata*, Donovan) sem fannst í einum maga.



2. mynd. Þyngdarhlutfall helstu fæðugerða hjá sandkøla í mars, júlí og nóvember 1992 og maí 1995. Tölurnar efst sýna heildarfjölda fiska með fæðu á viðkomandi tímabili.

Fæða sandkøla eftir veiðisvæðum

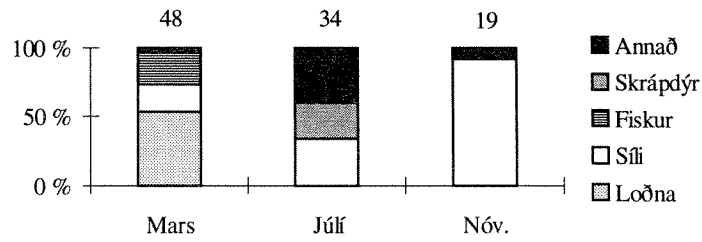
Á 3. mynd er sýnd hlutfallsleg þyngd helstu fæðuhópa sandkøla eftir veiðisvæðum í mars, júlí og nóvember 1992. Skiptingin í svæði afmarkast á sama hátt og í togararallinu 1992 nema hvað norðaustur- og austursvæðið eru tekin saman sem norðurmið (Guðmundur J. Óskarsson 1996). Fæða sandkøla á suðausturmiðum var að mestu leyti síli og loðna, þegar miðað var við blautvigt fæðunnar (3. mynd a). Í mars var loðna 54% af blautvigt fæðunnar, síli 19% og ógreindur fiskur 23%. Í júlí var síli 34% af þyngd fæðunnar en skrápdýr voru einnig áberandi þá (27%). Í nóvember var hins vegar síli með langmestu þyngdina þar, eða 92%.

Á suðvesturmiðum var fæðan svipuð og á suðausturmiðum (3. mynd b). Þannig var loðna um 94% af þyngd fæðunnar í mars en síli var aðalfæðan í júlí (33%). Aðrir áberandi fæðuhópar í júlí voru samlokur (24%) og skrápdýr (17%). Í nóvember vóg síli þyngst (92%).

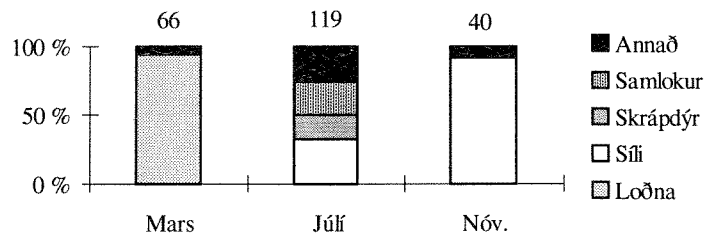
Fæða sandkøla á vestfjarðamiðum var breytileg milli árstíma eins og á öðrum hafsvæðum (3. mynd, c). Í mars vóg loðna þyngst eða 35% en burstaormar voru 14% og tíffættir krabbar 11%. Krabbadýr voru mest áberandi fæðan í júlí (58%). Voru það að stærstum hluta stóri kampalampi (*Pandalus borealis*) (20%) og kuðungakrabbi (*Eupagurus pubescens*) (18%). Í nóvember var helsta fæða sandkøla á vestfjarðamiðum burstaormar eða 43% af þyngd hennar, en krabbadýr voru 19% og síli 12%.

Fáir sandkølar fengust á norðurmiðum eða aðeins 40 fiskar (3. mynd d). Aðalfæða þeirra í mars og júlí voru krabbadýr (76% og 54%). Jafnframt voru burstaormar nokkuð stór hluti fæðunnar í júlí (28%).

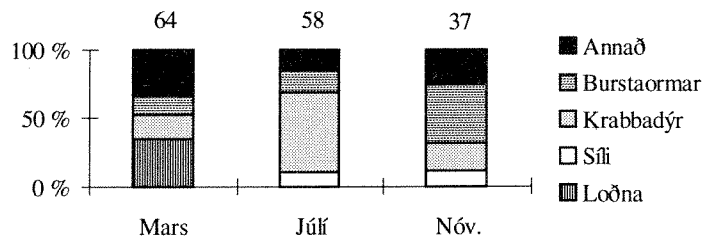
Suðausturmið (a)



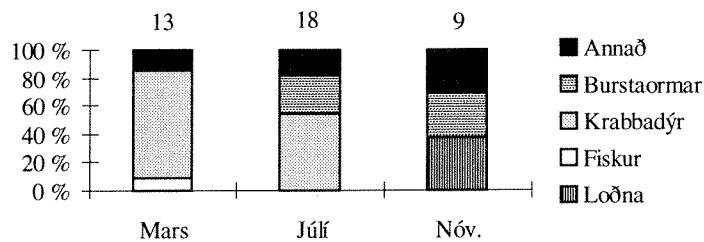
Suðvesturmið (b)



Vestfjarðamið (c)



Norðurmið (d)



3. mynd. Hlutfall (blautvigt) algengustu fæðuhópa sandkola 1992, við suðausturmið (a), suðvesturmið (b), vestfjarðamið (c), og norðurmið (d). Tölurnar ofan við súlurnar sýna fjölda sandkola með fæðu á hverjum tíma.

Fæða mismunandi lengdarflokka

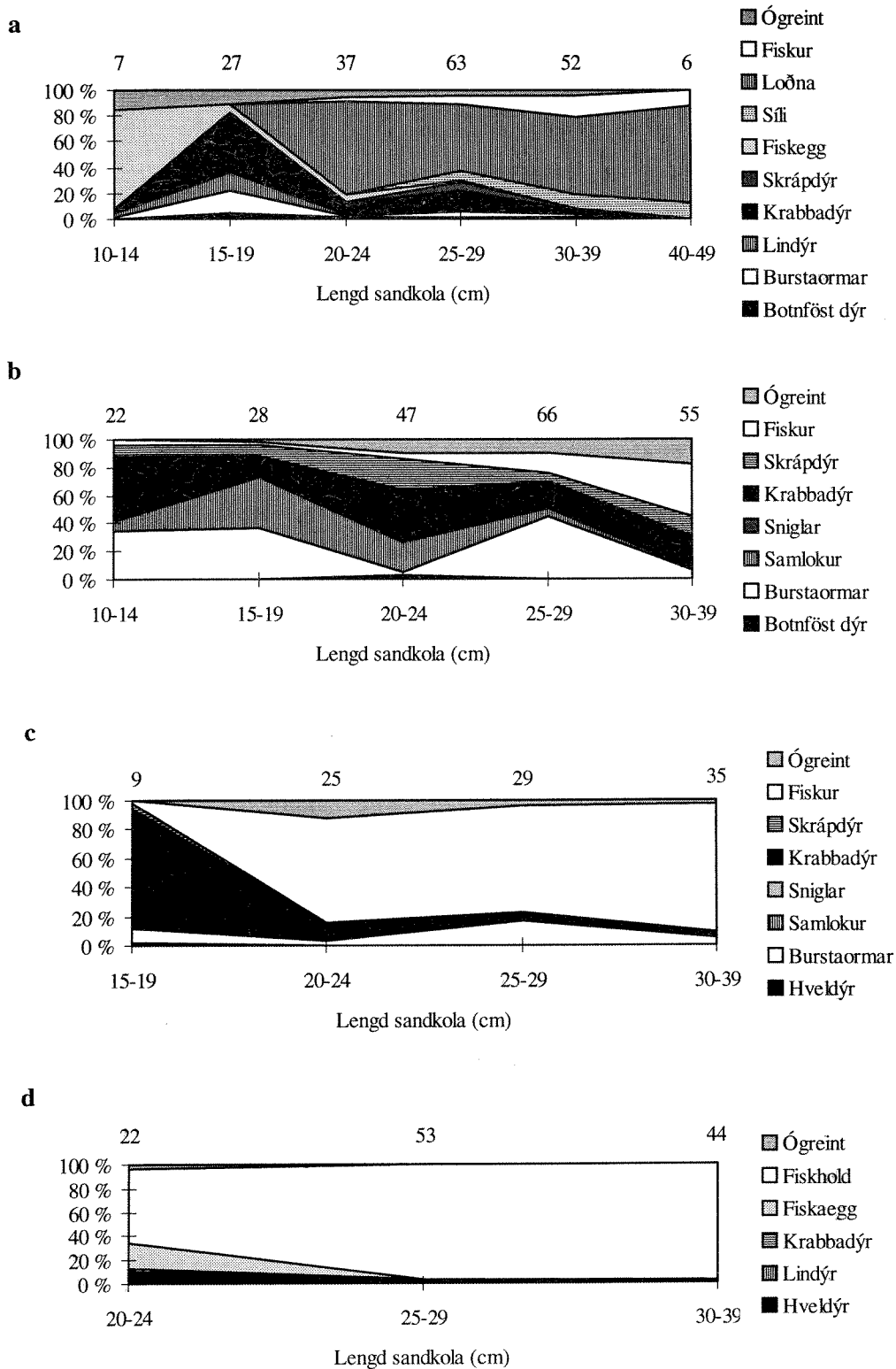
Nokkur munur var á magainnihaldi eftir lengdarflokkum sandkola. Í mars var aðalfæða minni fiskanna fiskaegg og krabbadýr (4. mynd a). Fæða stærri fiskanna var hins vegar aðallega loðna og síli. Niðurstöður voru ekki eins skýrar í júlí (4. mynd b). Þó mátti sjá að fiskaát jókst með stærð, en bæði hlutfall skrápdyra og krabbadyra var nokkuð svipað hjá öllum lengdarflokkunum. Í nóvember var fiskur (sennilega allt síli) yfirgnæfandi í fæðu sandkola sem var yfir 20 cm að lengd (4. mynd c). Hjá sandkola undir 20 cm var aðalfæðan krabbadýr. Allir lengdarflokkar sandkola í maí 1995 innihéldu að stærstum hluta fiskhold eða fiskeifar (4. mynd d). Sandkolar undir 25 cm höfðu einnig étið fiskaegg í nokkru mæli (20%).

Kynjamunur hjá sandkola.

Í maí 1995 var athugaður munur á nokkrum þáttum milli kynja hjá sandkola (2. tafla). Meðallengd hrygna var meiri en hænga og var sá munur vel marktækur ($F(1,153)=74,13$, $p<0,001$). Ekki reyndist marktækur munur á meðalaldri milli kynja samkvæmt kvarnalestrinum. Þetta bendir því til að hrygnur sandkola séu lengri en hængar á sama aldri. Hrygnur voru þyngri en hængar að meðaltali ($F(1,150)=122,5$, $p<0,001$) og eins var meðalþyngd fæðu hvefarr hrygnu meiri en hvers hængs ($F(1,79)=11,79$, $p<0,001$). Ekki reyndist vera marktækur munur á hlutfalli fæðunnar og þyngdar fisks. Eins var ekki marktækur munur milli kynjanna á hlutfalli þyngdar fæðunnar og lengdar fisks. Þetta bendir til að ekki sé marktækur munur á áti hrygna og hænga af sömu stærð.

2. tafla. Kynjamunur ýmissa líf- og fæðuvistfræðilegra þátta hjá sandkola í maí 1995.

Kyn	Hængar	Hrygnur
Heildarfjöldi	98	76
Prósentufjöldi með fæðu	41	57
Prósentufjöldi með leif	11	8
Prósentufjöldi tómir	48	35
Meðallengd fiska (cm)	26.6	31.9
Meðalþyngd fiska (g)	186.2	394.4
Meðalaldur (ár)	5.9	6.2
Meðalþyngd fæðu (g)	0.8	2.17



4. mynd. Hlutdeild fæðuflokks (%þyngd) eftir lengd sandkola í mars (a), júlí (b) og nóvember 1992 (c) og í maí 1995 (d). Tölurnar efst sýna fjölda maga með fæðu í viðkomandi lengdarflokki.

Umraeða

Í mars var loðna algengasta fæðutegundin og þá sérstaklega á suðvesturmiðum. Líklegt er að þetta megi skýra með hrygningargöngum loðnunnar. Aðalhrygningarstöðvar hennar eru frá Suðausturlandi að Vestfjörðum og er hrygningin í mars til apríl. Loðnan hrygnir við botn og deyr stærsti hluti hrygningarstofnsins eftir hrygninguna, að minnsta kosti hængarnir (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Þessar deyjandi loðnur eru því líklegast auðveld bráð fyrir sandkola, sem og aðra ránfiska. Botnlægu loðnuegginn eru að sama skapi kjörin fæða fyrir botnfiska. Þar sem loðnan er eina fisktegundin sem hrygnir botnlægum eggjum á þessum árstíma, má telja líklegt að egginn í fæðu minnstu sandkolanna í mars hafi verið loðnuegg.

Hlutfall fiska með fæðu eða leifar var hæst í júlí eða 88%, samanborið við 72% í mars, 59% í nóvember og 56% í maí 1995. Það gefur til kynna að sumarið sé helsti fæðuöflunartíminn yfir árið. Sumarið reyndist einnig vera einn helsti fæðuöflunartími sandkola í Írsku hafinu við eyjuna Mön (Ortega-Salas 1980) og í Þýsku buktinni í Norðursjó (Knust 1986).

Langalgengasta fæðan í nóvember var síli en hafa verður í huga að þau voru að stærstum hluta í mögum sandkola frá þremur stöðvum við suðurströndina (21% af sandkolunum með 76% af heildarþyngd fæðunnar). Þetta skekkir töluvert heildarmyndina af fæðu sandkola við Ísland á þessum árstíma, þar sem þyngd og fyrirferð annarra fæðutegunda var miklu minni.

Í maí er aðalhrygningartími sandkola við suðurströndina og má búast við að það hafi áhrif á fæðuval hans. Sandkolinn þarf eflaust ekki að hafa mikið fyrir því að ná í fiskúrgang sem gæti skýrt hversvegna hann er svona algeng fæða. Líklegast er þessi fiskúrgangur, eða fiskleifar, úrkast af fiskiskipum og þá annað hvort vannýttar tegundir, undirmálsfiskur eða kvótabundnar fiskitegundir sem ekki er til kvóti fyrir. Þarna er því stunduð óbein hafbeit á botnfiskum.

Í heimildum um fæðu sandkola er hvergi getið um álíka mikið át á fiskúrgangi og reyndist í maí 1995. Næst þessu koma niðurstöður Arntz (1971) frá Kiel Bucht, vestast í Eystrasalti. Þar var fiskúrgangur rúmlega 30% af fæðu sandkola í janúar 1969 og var þá aðallega um að ræða innflyi úr þorski sem kastað hafði verið frá fiskiskipum.

Þegar 3. mynd er skoðuð sést að fæðusamsetningin á suðaustur- og suðvesturmiðum var mjög svipuð og fiskur er áberandi fæðuhópur. Fæðusamsetningunni á vestfjarða- og norðurmiðum svipaði einnig nokkuð en var þó ólík samsetningunni fyrir sunnan land.

Niðurstöður Kühl (1963) benda til að sandkoli syndi ekki langar vegalengdir eftir æti heldur taki það sem er á boðstólum hverju sinni. Niðurstöður rannsókna Wyche og Shackley (1986) styðja þetta. Þeir drógu þá ályktun að fæðusamsetning sandkola væri breytileg milli svæða vegna mismunandi botndýrasamfélaga. Ef þessi ályktun á við rök að styðjast þá gefa niðurstöður þessa verkefnis væntanlega vísbendingu um svipmót botndýrasamfélagsins á hverju svæði fyrir sig. Í vistfræðulegu tilliti er þetta sérstaklega áhugavert hvað varðar niðurstöður frá júlí 1992 þar sem fæðan var fjölbreyttust og hátt hlutfall fiska með fæðu.

Líklegt verður að telja að fæðusamsetning flestra, ef ekki allra, fisktegunda breytist með aukinni stærð þeirra. Með aukinni stærð öðlast fiskar til dæmis meiri mátt og getu til að eiga við stærri og oft næringarmeiri lífverur. Aukin stærð gerir þeim einnig kleift að eltast við hraðsyndari dýr og eins þurfa þeir síður að leynast fyrir afræningjum, sem hlýtur að takmarka fæðuval minnstu fiskanna.

Í þeirri rannsókn sem hér er kynnt reyndist hlutfall fisks í fæðu sandkola aukast með lengdinni. Það er í samræmi við niðurstöður Gunnars Jónssonar (1966) og niðurstöður rannsókna á fæðu sandkola í Kattegat (Phil, 1994). Hlutfall fisks í fæðu eykst með aukinni lengd hjá fleiri fiskitegundum hér við land, til dæmis þorski og ýsu (Ólafur K. Pálsson 1983). Sandkolahrygnur verða að öllu jöfnu stærri en hængarnir. Sandkolahængar í Norðursjó ná 20 cm lengd að jafnaði á 6-7 árum á meðan hrygnurnar ná þeirri lengd á 4-5 árum (Bohl 1957). Eins kom í ljós í rannsókn Gunnars Jónssonar (1966) að lengstu sandkolarnir (lengri en 39 cm) reyndust ævinlega vera hrygnur. Þá voru fiskar lengri en 29 cm hrygnur í 64% tilvika.

Lozán (1992) fékk svipaðar niðurstöður úr rannsókn sinni. Hann athugaði einnig hvort munur væri á milli kynjanna í fæðumagni. Niðurstöður voru þær að hrygnur ætu meira en hængar eftir að kynþroska var náð. Hann gat ekki útskýrt stærðarmuninn út frá því, en benti á að við fæðurannsóknir hjá fiskum skuli tekið tillit til þess að kynjamunur geti verið í fæðunámi, sérstaklega meðal flatfiska.

Niðurstöður þessarar rannsóknar styðja niðurstöður eldri rannsókna (Bohl 1957, Lozán 1992). Ef sá kynjamunur sem birtist í maí er viðvarandi á öllum árstímum er jafnvel forsvaranlegt að gera ávallt greinarmun á kynjum í rannsóknum sem þessari, líkt og Lozán (1992) mælir með.

Að síðustu er rétt að minnst á þætti sem hugsanlega hafa haft áhrif á niðurstöður rannsóknarinnar. Í fyrsta lagi má nefna að fæðugerðir meltast mismunandi hratt. Til dæmis sýnir rannsókn MacDonalds og Waiwoods (1982) að burstaormar verða fyrstir ógreinanlegir svo og að því hærra sem hlutfall kítíns eða skelja er í fæðunni því lengur er hún greinanleg. Einnig er við þetta að bæta að burstaormar sem eru fixeraðir í alkóhóli varðveitast mun verr en ef notað er formalín. Þetta tvennt getur þess vegna stuðlað að því að hlutur einstakra fæðuhópa í fæðunni sé ofmetinn á kostnað annarra, sérstaklega burstaorma.

Í öðru lagi má nefna atriði sem tengjast sýnatökunni. Þannig reyndist nokkuð gloppótt hvar sýni fengust, og á það sérstaklega við um svæðið fyrir norðan land svo og sýnatökuna í maí 1995. Einnig fengust oft aðeins stakir fiskar á sumum togstöðum. Þetta gæti hugsanlega valdið skekkjum í niðurstöðunum, þar sem breytileiki milli einstaklinga innan svæða getur orðið meiri en milli svæða. Þó var ekki hægt að greina vísbendingu í þá áttina af gögnunum.

Heimildir

- Anonymus, 1994. Nytjastofnar sjávar 1994/95. Aflahorfur fiskveiðiárið 1995/96. Reykjavík. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit nr. 43: 163 s.
- Arntz, W. E., 1971. Die Nahrung der Kliesche (*Limanda limanda* L.) in der Kieler Bucht. Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung 22: 129-183.
- Bjarni Sæmundsson, 1909. Oversigt over Islands fiske. Skrifter udgivne af Kommiss. for Havunders, No. 5. 140 s.
- Bohl, H. J., 1957. Die biologie der Kliesche in der Nordsee. Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung 15: 1-57.
- Einar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka, 1995. Stoffmæling botnfiska á Íslandsmiðum, 1994. Hafrannsóknastofnun, Reykjavík. Fjölrit nr. 42. 107 s.
- Guðmundur J. Óskarsson, 1996. Fæða og fæðuhættir sandkola (*Limanda limanda*, L., 1758) (Pisces: Pleuronectidae) við strendur Íslands. Prófrítgerð framhaldsnáms. Líffræðiskor Háskóla Íslands. 70 s.
- Gunnar Jónsson, 1966. Contribution to the biology of the dab (*Limanda limanda* L.) in Icelandic waters. Rit Fiskideildar 5 (3): 1-36.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Rit Fiskideildar 13 (1): 1-281.
- Knust, R., 1986. Food selection of dab (*Limanda limanda* L.): Diel and seasonal changes. ICES C.M. 1986/G: 63. 10 s.
- Kühl, H. 1963. Über die Nahrung der Scharbe (*Limanda limanda* L.). Arch. Fish. Wiss. 14: 8-18.
- Lozán, J. L., 1992. Sexual differences in food intake, digestive tract size, and growth performance of the dab, *Limanda limanda* L. Neth. J. Sea Res. 29 (1-3): 223-227.
- MacDonald, J. S., Kenneth G. Waiwood, 1982. Rates of digestion of different prey in Atlantic cod (*Gadus morhua*), Ocean Pout (*Macrozoarces americanus*), Winter Flounder (*Pseudopleuronectes americanus*), and American Plaice (*Hippoglossoides platessoides*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39 (5): 651-659
- Ortega-Salas, A. A., 1980. Seasonal changes in the common dab, *Limanda limanda* (L.) in the Isle of Man waters. J. Fish Biol. 16: 75-82.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar 7 (1): 1-60.
- Phil, Leif, 1994. Changes in the diet of demersal fish due to eutrophication-induced Hypoxia in the Kattegat, Sweden. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 321-336
- Wyche, C.J., S.E. Shackley, 1986. The feeding ecology of *Pleuronectes platessa* L., *Limanda limanda* L. and *Scophthalmus*, Journal. Fish Biol. 29 (3): 303-311.

Fæða skrápflúru (*Hippoglossoides platessoides*) á Íslandsmiðum

Jónbjörn Pálsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Fæðusýnum úr skrápflúru var safnað í mars, júlí og nóvember/desember árið 1992. Í hvert sýni voru teknir fimm fiskar af sama lengdarflokki ef mögulegt var. Alls var safnað 2247 sýnum og í hverju sýni voru að meðaltali 4,2 skrápflúrir. Heildarfjöldi maga var 9416. Tíðni tómrá maga var breytileg eftir lengdarflokkum, mest var um tóma maga í stærstu lengdarflokkunum. Tíðni tómrá maga var einnig breytileg eftir árstíma, hún var lægst í júlí, en hæst í nóvember/desember. Lítilsháttar dægursveiflu í tíðni tómrá maga var í mars og nóvember/desember. Alls voru skráðir 186 fæðuflokkar, þar af voru 120 sem teljast mega sjaldgæfir eða fremur samanstöð einkum af samlokum, burstaormum og smáum krabbadýrum eins og marflóm. Af heildarþyngd fæðu í minnsta lengdarflokknum voru 80-90% úr þessum fæðuhópum. Eftir því sem skrápflúran var stærri dró úr mikilvægi þessara hópa og í stærsta lengdarflokknum var einungis 4-17% úr þessum fæðuhópum. Um miðbik lengdardreifingar skrápflúrunnar var hlutur annarra krabbadýra nokkuð hár, einkum ljósátu og ýmissa rækjutegunda. Hlutur fiska í fæðunni óx einnig með stærð skrápflúrunnar. Í mars má segja að loðnan hafi verið allsráðandi í tveimur stærstu lengdarflokkunum (30-39 og 40-49 cm) með um 70% af þyngd fæðunnar, en að meðaltali á þeim þremur árstímum sem gögnum var safnað voru fiskar og fiskleifar um 50% af þyngd fæðunnar í þessum lengdarflokkum. Loðna var einnig verulegur hluti af fæðunni í öðrum lengdarflokkum, nema tveimur minnstu. Á öðrum árstímum en mars var hlutur slöngustjarna í fæðu þessara stærstu lengdarflokka verulegur, allt upp í 50% af þyngd. Þegar fæða skrápflúrunnar var skoðuð eftir hafsvæðum kom í ljós nokkur breytileiki. Þannig var loðnan mjög áberandi í stærstu lengdarflokkunum á öllum hafsvæðum í mars, nema á grunnslóðinni fyrir Norðurlandi. Í júlí var loðnan nánast horfin af öllum svæðum, nema djúpslóðinni fyrir Norðurlandi. Í nóv./des. var talsvert étið af loðnu á djúpslóð fyrir Norðurlandi og fyrir Norðausturlandi, annars staðar varð lítið vart við loðnu. Hlutur slöngustjarna í fæðunni var mismunandi eftir hafsvæðum, var lítill fyrir Suður og Vesturlandi en mikill á grunnslóð fyrir Norðurlandi og fyrir Norðaustur- og Austurlandi.

Inngangur

Skrápflúran er mjög útbreidd við Ísland og er hún algengasti flatfiskurinn við landið (Einar Jónsson o.fl. 1995). Það er þó ekki fyrr en á allra síðustu árum að farið er að nýta skrápflúruruna, en árið 1995 var aflinn á Íslandsmiðum 5300 tonn.

Fæða skrápflúrunnar við Ísland hefur einu sinni verið rannsökuð áður. Á árunum 1980 og 1981 var safnað gögnum um fæðu úr um 1700 skrápflúrumögum (Ólafur K. Pálsson 1983).

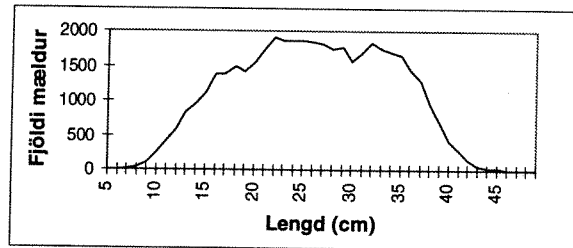
Efni og aðferðir

Fæðusýnum var safnað þrisvar árið 1992, í mars, júlí og nóvember/desember. Í mars var sýnum safnað í árlegri stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðum sem fram fór 4.-19. mars það ár. Til þessa verkefnis voru leigðir 5 togarar (Björn Æ. Steinarsson o.fl. 1993). Önnur gagnasöfnun fór fram í sérstökum fæðusýnaleiðöngurum. Sá fyrri var farinn á r/s Bjarna Sæmundssyni 10.-29. júlí og sá síðari á r/s Árna Friðrikssyni og r/s Bjarna Sæmundssyni 11. nóvember - 3. desember.

Rannsóknasvæðið miðaðist við allt landgrunnið umhverfis Ísland niður að 500 metra dýpi og að miðlínu milli Íslands og Færeyja. Rannsóknasvæðinu var skipt upp í reiti og þá notuð reitaskipting og númerakerfi tilkynningaskyldu íslenskra skipa. Þeir reitir myndast ef dregnar eru línur eftir heilum lengdargráðum og heilum og hálfum breiddargráðum.

Við gagnasöfnun var notuð botnvarpa af Mars gerð sem stöðluð er fyrir stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðum (Ólafur K. Pálsson o.fl. 1992). Möskvastærð var 135 mm í fremri hluta vörpunnar, 80 mm í millistykki og pokinn var klæddur með 40 mm möskva. Togað var allan sólarhringinn og var tog lengd 4 sjómílur í stofnmælingunni í mars, en 3 sjómílur í hinum leiðöngrunum.

Við sýnatöku var skrápflúran flokkuð niður í eftirfarandi lengdarflokka: 7-9, 10-14, 15-19, 20-24, 25-29, 30-39 og 40-49 centimetra heildarlengd. Stefnt var að því að ná tveimur sýnum af hverjum slíkum lengdarflokki úr hverjum reit og þá úr sitt hvoru toginu. Ef reitur var ekki nema að hálfu leiti eða minna inni á rannsóknasvæðinu var miðað við að taka eitt sýni af hverjum lengdarflokki. Í hvert skipti voru teknir fimm fiskar af handahófi úr lengdarflokki ef sá fjöldi náðist, annars færri, og telst það eitt sýni. Innihald maga og garna úr hverju slíku sýni var tæmt í sömu dós og rotvarið með ísóprópanóli þynntu með sjó í 70% styrkleika. Jafnframt var skráð á miða sem settur var í dósina eftirfarandi upplýsingar um sýnið: Ár, skip, leiðangur, stöð, fisktegund, lengdarflokkur, fjöldi maga með fæðu, fjöldi maga eingöngu með ómeltanlegar leifar, fjöldi tómra maga og heildarfjöldi maga. Þannig gat verið saman í dós (sýni) fæðuleifar úr einum og upp í fimm fiskum úr sama lengdarflokki. Smæstu fiskarnir voru varðveittir í heilu lagi og krufnir síðar.



1. mynd. Lengdardreifing skrápflúru í mars 1992. Heildarmæling í stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðum (N=43617).

Eins og lengdardreifingu skrápflúru er háttað (1. mynd), þá náðust sjö lengdarflokkar í þá stöðluðu skiptingu sem notuð var. Alls var safnað 2247 sýnum, 869 í mars, 734 í júlí og 644 í nóv./des. (1. tafla). Að meðaltali voru 4,2 margar (fiskar) í sýni, en fæstir fiskar í sýni voru í stærsta og minnsta lengdarflokknunum og þar voru jafnframt fæstu sýnin.

1. tafla. Fæðurannsóknir skrápflúru, gagnasöfnun árið 1992. Heildarfjöldi skrápflúrusýna var 2247, með samtals 9416 fiskum (4,2 fiskar/sýni).

Lengdarflokkur	Mars 1992			Júlí 1992			Nóv./des. 1992		
	Fjöldi sýna	Fjöldi maga	Meðalfj. maga/sýni	Fjöldi sýna	Fjöldi maga	Meðalfj. maga/sýni	Fjöldi sýna	Fjöldi maga	Meðalfj. maga/sýni
7-9	30	69	2,3	28	59	2,1	19	26	1,4
10-14	116	484	4,2	101	454	4,5	80	366	4,6
15-19	141	615	4,4	120	572	4,8	105	445	4,2
20-24	155	704	4,5	134	617	4,6	116	483	4,2
25-29	154	711	4,6	136	644	4,7	122	515	4,2
30-39	160	741	4,6	137	646	4,7	127	535	4,2
40-49	113	317	2,8	78	223	2,9	75	190	2,5
Samtals	869	3641	4,2	734	3215	4,4	644	2560	4,0

Fæðusýnin voru unnin í landi, að stærstum hluta í Rannsóknastöðinni Sandgerði. Þau voru skoluð á 0,5 mm sigti og fæðuleifar síðan greindar til tegundar eða annarra flokkunarfræðilegra hópa undir víðsjá. Þannig voru fiskar, ljósátur, rækjur, einbúakrabbar, tenglingar og krabbar greindir til tegundar ef hægt var og sömu leiðis samlokur og slöngustjörnur. Aðrir hópar voru greindir skemur niður í flokkunarfræðinni. Í sýnunum frá því í mars voru burstaormar greindir til ættar, úr öðrum sýnum einungis sem burstaormar. Hver fæðuhópur var síðan flokkaður niður í þrjá flokka eftir meltingarstigi: 0 = ómelt bráð, 1 = bráð melt að hluta og 2 = meltar leifar. Fjöldi dýra (bráðar) á hverju meltingarstigi í fæðuhópnum var talinn og þau síðan veginn (blaut vigt) upp á 1/100 úr grammi. Ef

fæðutegund í sýni náði ekki lágmarksþyngd var hún skráð sem 0,01 gramm. Í sumum tilfellum reyndist ekki unnt að áætla fjölda einstaklinga t.d. vegna mikillar meltingar. Í slíkum tilfellum var fæðutegundin skráð ótalin á viðkomandi meltingarstigi.

Þegar rætt er um tíðni er átt við tíðni í fæðusýnum, ekki fiskum, í hverju sýni var allt að fimm fiskum.

Við útreikninga á meðalfæðusamsetningu skrápflúrunnar var fyrst reiknuð meðalþyngd fæðuhópanna í hverjum lengdarflokki (heildarþyngd fæðuhóps í lengdarflokknunum / heildarfjöldi maga í lengdarflokknunum) á hverjum árstíma fyrir sig. Síðan var tekið einfalt meðaltal af árstímunum þremur.

Við útreikninga á vægi hvers lengdarflokks í fæðunámi skrápflúrunnar var meðalþyngd fæðu fyrir hvern lengdarflokk vegin með fjöldavísitölu lengdarflokksins eins og hún var í stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðum í mars 1992 (Höskuldur Björnsson pers. upplýsingar).

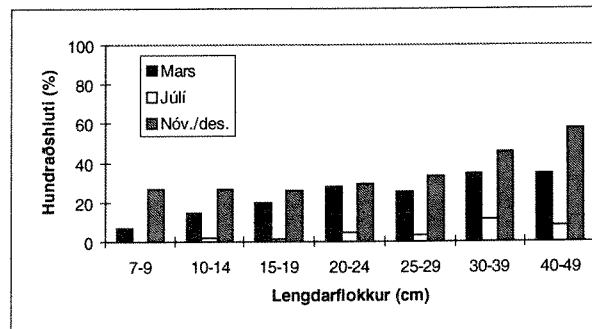
Stærð heillegra fæðudýra var mæld á eftirfarandi hátt: Heildarlengd fiska var mæld upp á 0,5 cm. Önnur dýr voru mæld upp á 0,5 mm. Mæld var heildarlengd marflóa, þanglúsa og pungrækja. Á öðrum krabbadýrum var mæld skjaldarlengd. Á samlokum var mæld hæð frá nefi að kviðrönd. Á slöngustjörnum, ígulkerum og krossfiskum var mælt þvermál skífu.

Latnesk tegundaheiti eru skráð samkvæmt eftirfarandi heimildum: Gunnar Jónsson 1992 (fiskar), Nordsieck 1969 (samlokur), Christiansen 1972 (tífótakrabbar (Decapoda)), Mortensen 1927 (slöngustjörnur). Auk ofangreindra rita var við greiningu fæðutegunda stuðst við rit ýmissa annarra höfunda (Campbell 1977, Fauchald 1977, Ingimar Óskarsson 1962 og 1964).

Niðurstöður

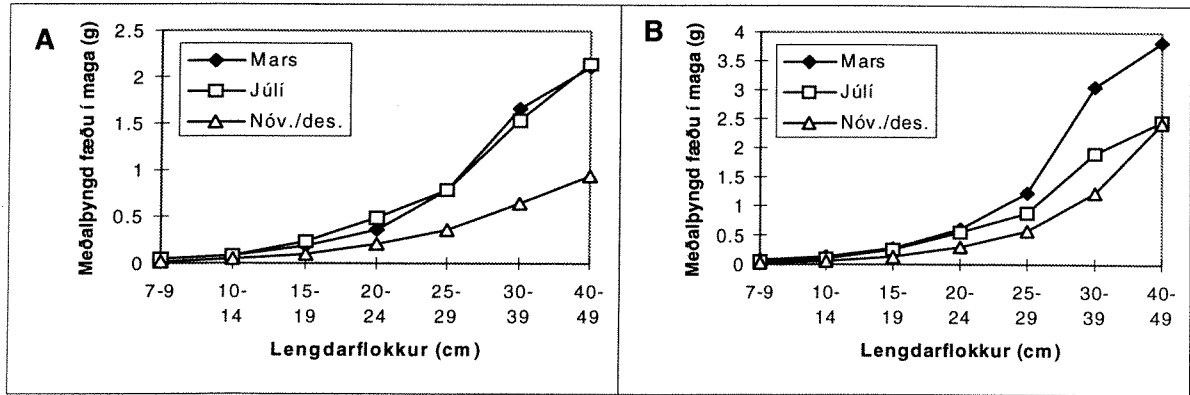
Fæðumagn í maga eftir árstíma og tíma sólarhrings

Í mars var hlutfall tómrar maga í minnsta lengdarflokknunum 7% en þetta hlutfall óx með lengd og var orðið 35% í stærsta lengdarflokknunum (2. mynd). Í júlí var hlutfall tómrar maga

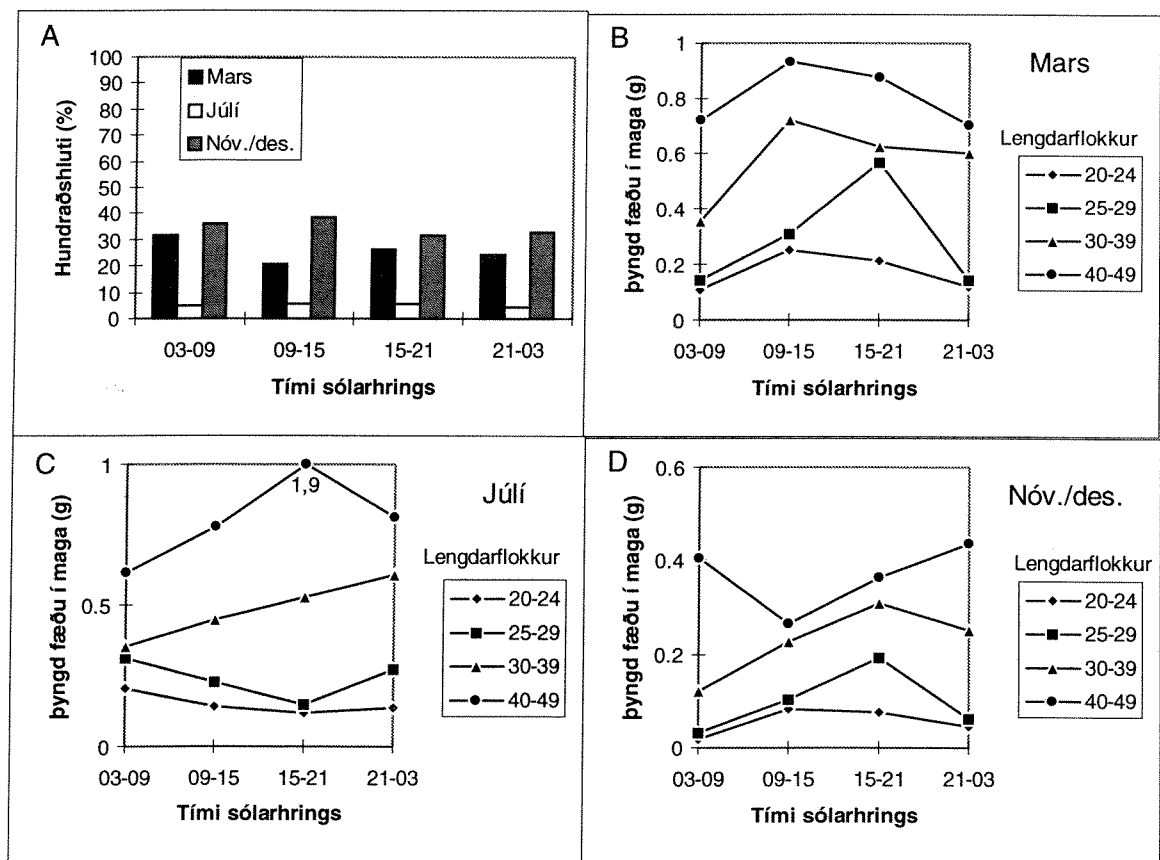


2. mynd. Hlutfall tómrar maga í skrápflúru eftir árstíma og lengdarflokknunum.

hinsvegar mun lægra, varð mest 11% í nærststærsta lengdarflokknunum. Í nóvember/desember var hlutfall tómrar maga aftur orðið hátt, 27% í minnsta flokkunum, en mest 58% í þeim stærsta. Meðalfæðumagn í maga, tómir magar meðtaldir, var álíka mikið í mars og júlí, en í nóvember/desember var það hinsvegar mun minna (3. mynd A). Meðalfæðumagn í maga þegar eingöngu er notaður sá fjöldi sem var með fæðu í maga, var hinsvegar hæstur í mars en lægstur í nóvember/desember (3. mynd B).



3. mynd. Meðalþyngd fæðu (meltingarstig 0 og 1) í maga skráþlúru eftir lengdarflokki og árstíma. Meðaltölín eru byggð á heildarfjölda maga (A) og fjölda maga með fæðu (ekki margar með ómeltanlegum fæðuleifum eða tómir) (B).



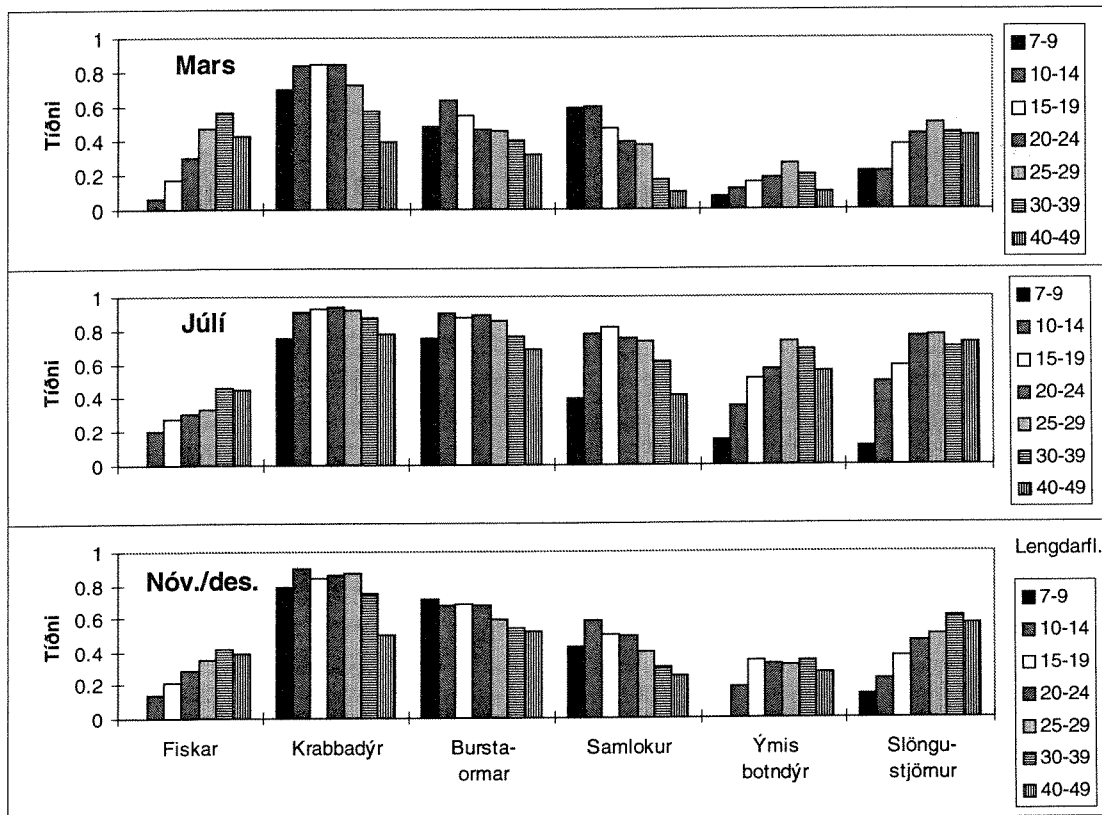
4. mynd. Fæðumagn í maga skráþlúru eftir tíma sólarhrings. Hlutfall tómrar maga eftir árstíma (A), meðalþyngd ómeltrar fæðu (meltingarstig = 0) í fjórum stærstu lengdarflokki í mars (B), júlí (C) og nóvember/desember (D).

Í mars var hlutfall tómrar maga hæst síðla nætur og snemma morguns (kl. 03-09) og á sama tíma var lægsta meðalþyngd af nýtinni fæðu í mögunum (4. mynd a og b). Hlutfall tómrar maga var lægst um hádegisbil (kl. 09-15) og þá var einnig mest af nýtinni fæðu í mögunum í flestum lengdarflokki. Í júlí var hlutfall tómrar maga óháð tíma sólarhrings sem sýnið var tekið og það var breytilegt eftir lengdarflokki á hvaða tíma sólarhrings mest var af

nýétinni fæðu í mögunum (4. mynd a og c). Í nóvember/desember var hlutfall tómra maga lægra seinni hluta dags og fram eftir nóttu (kl. 15-03) en síðla nætur og fram á miðjan dag (kl. 03-15) (4. mynd a). Á þessum árstíma var minnst af nýétinni fæðu síðla nætur og snemma morguns í öllum lengdarflokkum nema þeim stærsta, þar var minnst af slíkri fæðu um hádegisbil (4. mynd d).

Tíðni fæðuflokka

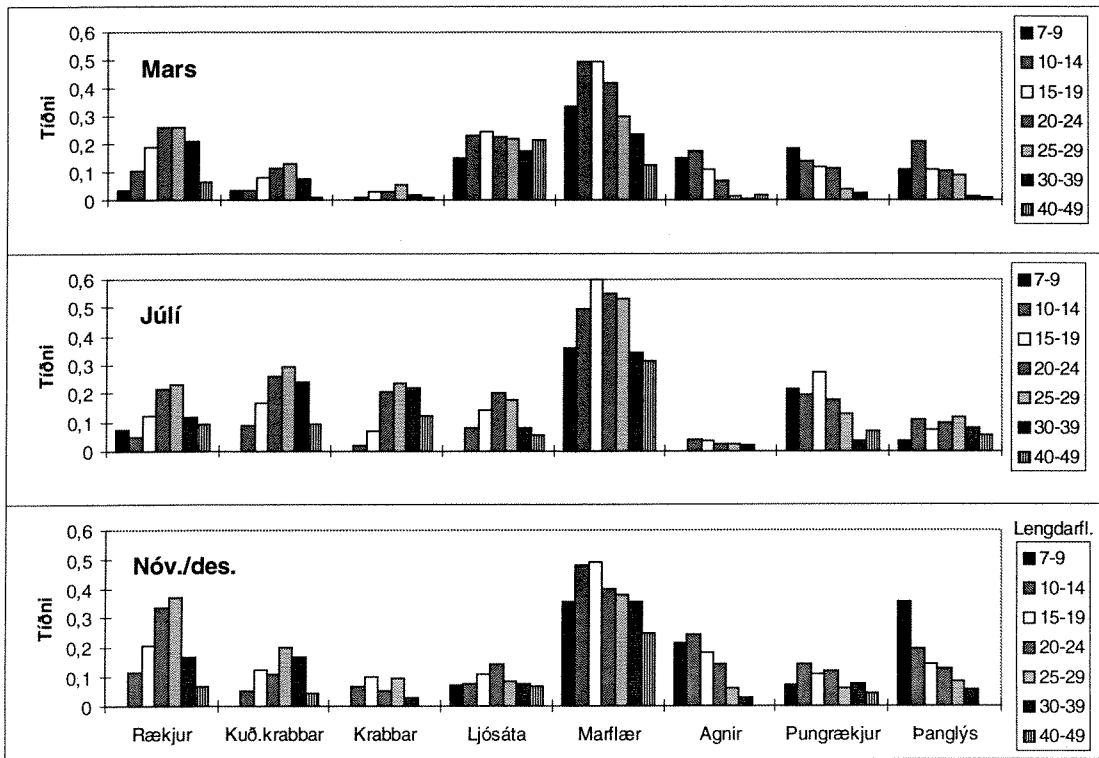
Alls voru skráðir 186 fæðuflokkar, ýmist tegundir eða stærri hópar. Þarna eru taldar með 16 ættir burstaorma, en þeir voru einungis greindir til ættar í sýnunum teknum í mars. Af hinum 173 fæðuflokkunum voru 53 sem teljast mega sjaldgæfir og fundust þeir í einum eða tveimur lengdarflokkum og með tíðni minni en 5% sem í flestum tilfellum þýðir að viðkomandi fæðuflokkur fannst einungis í einu eða tveimur sýnum. Fremur sjaldgæfa má telja 67 fæðuflokka, sem komu fyrir alloft og í ýmsum lengdarflokkum, en alltaf með innan við 5% tíðni í lengdarflokki. All algenga má telja 17 fæðuflokka, þeir fundust í mörgum lengdarflokkum, en tíðni þeirra í einstökum lengdarflokkum fór þó aldrei yfir 10%. Algengir voru 36 fæðuflokkar, þeir fundust í mörgum lengdarflokkum og tíðni þeirra var yfir 10% í einum eða fleiri lengdarflokkum. Af þessum algengu fæðuflokkum er um helmingur (19) þröngir hópar, þ.e. tegund eða ættkvísl, en helmingur (17) stærri hópar frá "suborder" (t.d. Gammaridea) og upp í fylkingar (Phylum, t.d. Porifera).



5. mynd. Tíðni dýrahópa í fæðu skrápflúru eftir lengdarflokkum og árstíma. Tíðnin var reiknuð sem hlutfall af sýnum með fæðu, þar sem viðkomandi dýrahópur fannst.

Ef skoðuð er tíðni stærri hópa, þá voru krabbadýr algengasti hópurinn á þeim þremur árstímum sem safnað var á (5. mynd). Tíðnin var há í öllum lengdarflokkum, þó ívið lægri í þeim stærstu. Það sama má segja um burstaorma og samlokur, tíðnin var há á öllum árstímum, hæst þó í júlí. Tíðni þessara hópa var hæst í smárri skrápflúru (10-14 cm) en

lækkaði eftir því sem skrápflúran var stærri. Tíðni slöngustjarna og fiska óx hinsvegar með stærð skrápflúrunnar.



6. mynd. Tíðni rækja (*Caridea*), kuðungakrabba (*Anomura*), krabba (*Brachyura*), ljósáta (*Euphausiacea*), botnlægra marflóa (*Gammaridea*), agna (*Mysidacea*), pungrækja (*Cumacea*) og þanglýsa (*Isopoda*) í fæðu skrápflúru. Eftir lengdarflokkum skrápflúru og árstíma.

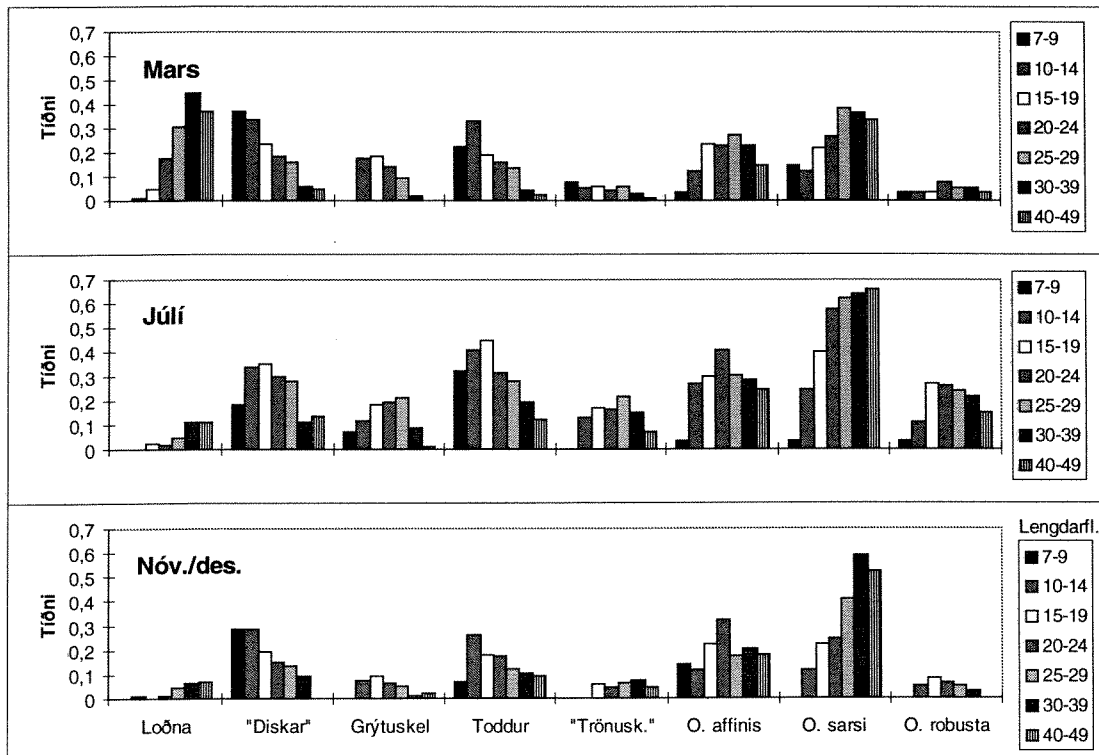
Af einstökum flokkum krabbadýra voru botnlægar marflær (*Gammaridea*) algengastar (6. mynd). Tíðni þeirra var hæst í minnstu lengdarflokkunum, en lækkaði eftir því sem skrápflúran var stærri. Þetta sama má segja um ýmis önnur smá krabbadýr eins og agnir (*Mysidacea*), pungrækjur (*Cumacea*) og þanglýs (*Isopoda*). Dýr í þessum hópum voru ekki ákvörðuð frekar. Alls voru 12 tegundir af rækjum (*Caridea*) greindar úr sýnunum. Stóri kampalampi (*Pandalus borealis*) var algengastur, hæst var tíðnin í mars, um 14% í lengdarflokkunum 20-24, 25-29 og 30-39 sm, en lægst var hún í júlí þegar tíðnin náði hæst 5,2% í 20-24 cm lengdarflokki. Aðrar tegundir höfðu hver um sig lága tíðni, en heildartíðni rækja var þó tiltölulega há, einkum í nóvember/desember. Tíðnin var hæst um miðbik lengdardreifingar skrápflúrunnar (6. mynd).

Loðni kuðungakrabbi (*Pagurus pubescens*) var lang algengastur af kuðungakröbbum (*Anomura*) og litli trjónukrabbi (*Hyas coarctatus*) algengastur af stórköbbum (*Brachyura*), en aðrar tegundir voru mun sjaldséðari. Tíðni kuðungakrabba og stórkabba var hæst í júlí en lægst í mars (6. mynd). Líkt og með rækjurnar, þá var tíðnin hæst í meðalstórri skrápflúru.

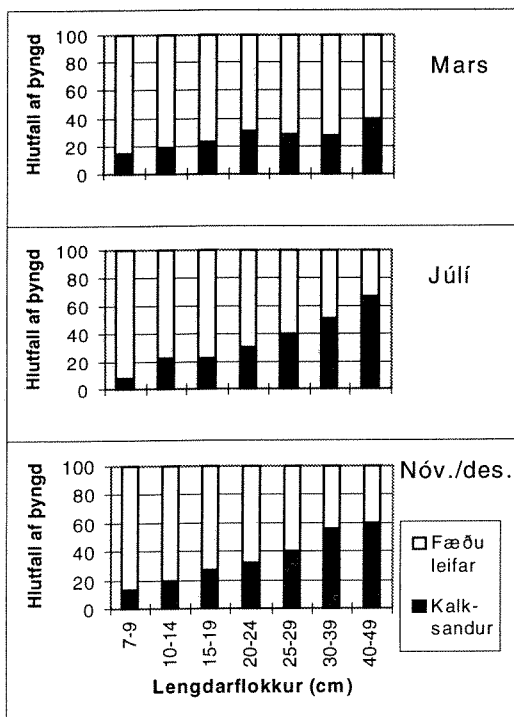
Tíðni ljósáta (*Euphausiacea*) var hæst í mars en lægst í nóvember/desember (6. mynd). Af einstökum tegundum var náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*) lang algengastur.

Loðna (*Mallotus villosus*) var eina fisktegundin sem var algeng og þá fyrst og fremst í mars (7. mynd).

Það eru fyrst og fremst fjórir hópar sem standa að baki hárrí tíðni samloka. Grænlandsdiskur (*Palliolium groenlandicum*) og kringludiskur (*Palliolium similis*) voru með svipaða tíðni á öllum árstímum (7. mynd). Grýtuskel (*Parvicardium minimum*) og toddur (*Yoldiella* sp.) voru algengastar í júlí. Tíðni þessara tegunda lækkaði eftir því sem



7. mynd. Tíðni loðnu (*Mallotus villosus*), Grænlands- og kringludisks (*Palliolum groenlandicum* og *P. similis*), grýtuskeljar (*Parvicardium minimum*), ættkvíslar totta (*Yoldiella* sp.), trönuskeljar og trönusystur (*Nuculana pernula* og *N. minuta*) og slöngustjarnanna *Ophiura affinis*, *O. sarsi* og *O. robusta* í fæðu skrápflúru. Eftir lengdarflokkum skrápflúru og árstíma.



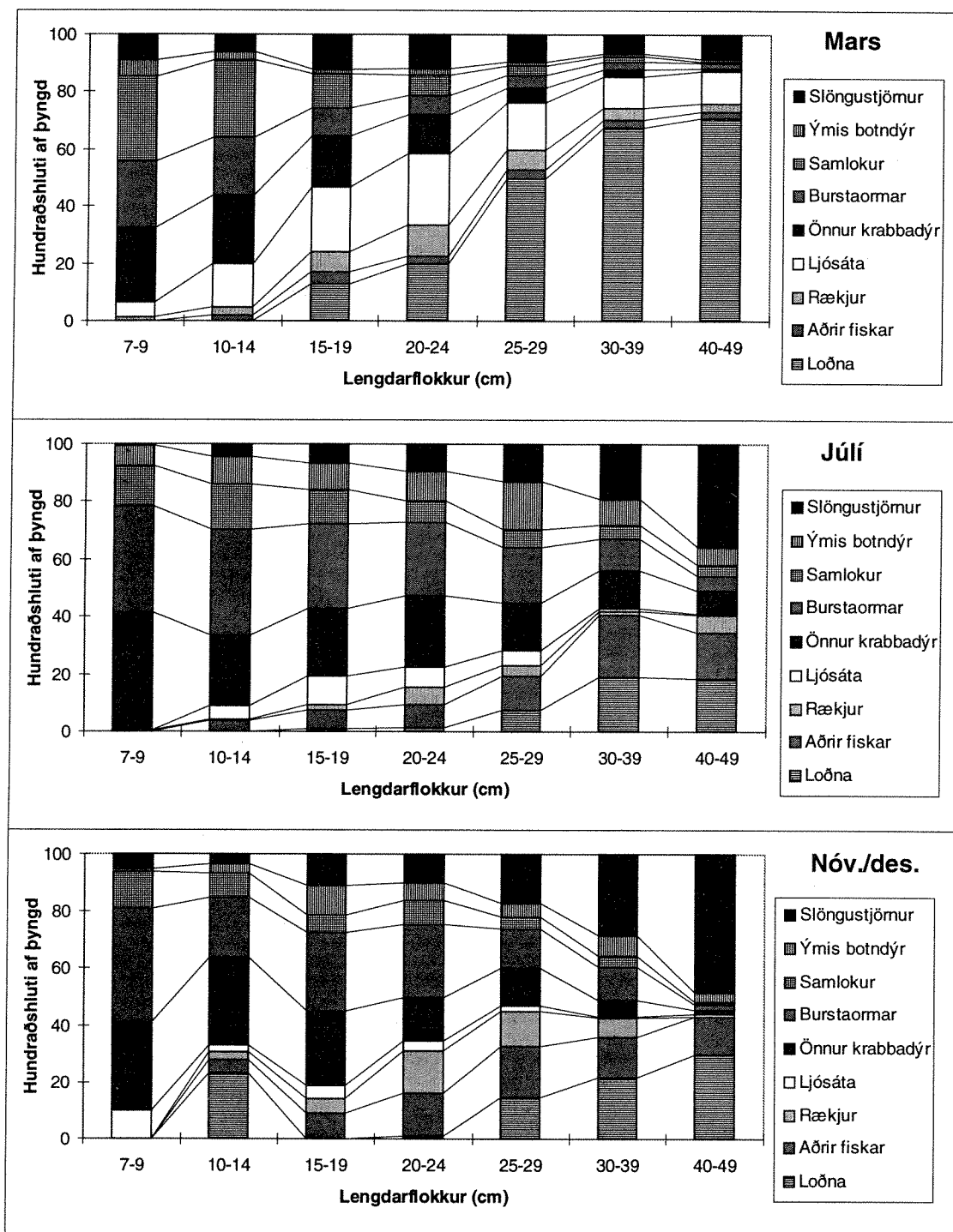
8. mynd. Kalksandur (mest meltar slöngustjörnur) í görnum skrápflúru sem hlutfall af heildarþyngd fæðuleifa í maga og görnum. Eftir lengdarflokkum skrápflúru og árstíma.

skrápflúran var stærri. Trönuskel (*Nuculana pernula*) og trönusystir (*Nuculana minuta*) voru einnig algengastar í júlí, en tíðni þeirra var ekki eins háð stærð skrápflúrunnar.

Af slöngustjörnum voru tvær tegundir, *Ophiura affinis* og *O. sarsi*, lang algengastar. Einnig var *Ophiura robusta* all algeng. Allar þessar tegundir voru með hæstu tíðni í júlí (7. mynd). Tíðni *Ophiura affinis* og *O. robusta* var tiltölulega óháð lengdarflokki skrápflúrunnar, hinsvegar óx tíðni *O. sarsi* með stærð skrápflúru.

Þyngd fæðuflokka

Þegar fæðusýnum úr skrápflúru var safnað var bæði tekið það sem var í maga og görnum. Þetta þýðir að í fæðusýnunum var mikið af "kalksandi" sem eru leifar af slöngustjörnum. Sem hlutfall af heildarþyngd fæðuleifa var minnst af slíkum sandi í minnstu lengdarflokkunum, um 10% af þyngd (8. mynd). En hlutfallið óx með lengd og í stærstu lengdarflokknum í sýnum teknum í júlí var um 67% af þyngd fæðuleifanna slíkur sandur. Í eftirfarandi umfjöllum um niðurstöður er þessi sandur ekki talinn með í þyngd fæðuleifanna.



9. mynd. Samsetning fæðu skráplúru (hlutfall af þyngd) eftir lengdarflokkum í mars, júlí og nóv./des 1992.

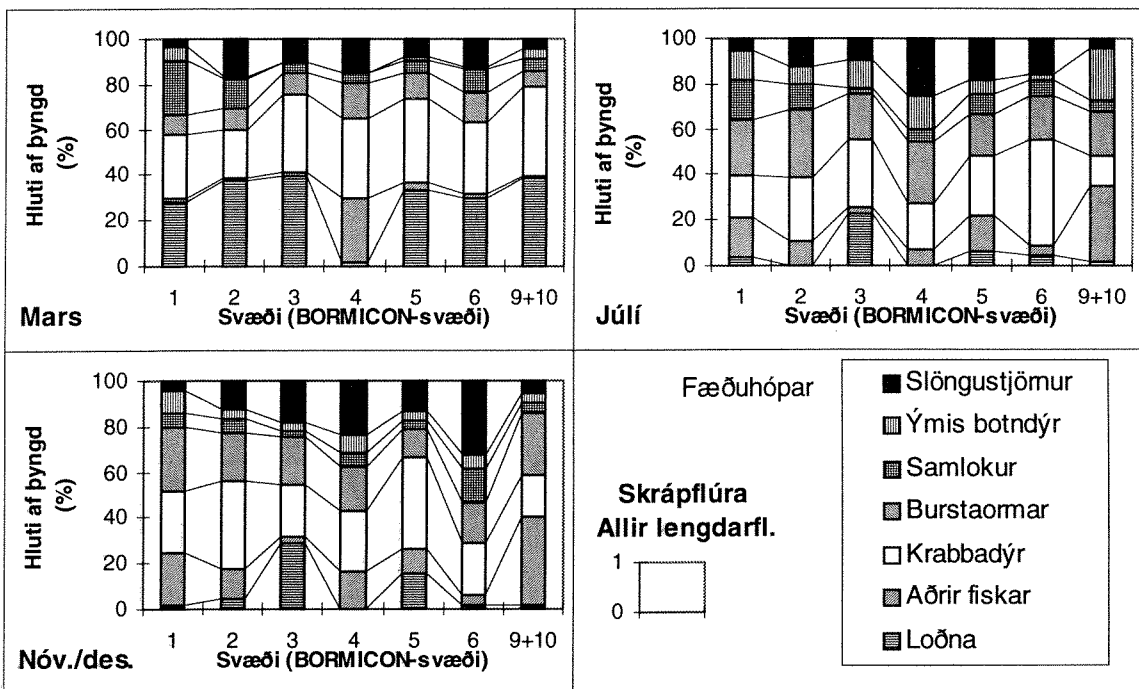
Í mars var loðnan yfirgnæfandi fæða í tveimur stærstu lengdarflokkunum, með um 70% af þyngdinni (9. mynd). Það dró úr hlutfallslegri þyngd loðunnar eftir því sem skráplúran var minni, uns hún var nánast horfin í 10-14 cm lengdarflokknum. Aðrar fisktegundir voru í mjög litlum mæli. Það var slæðingur af ýmsum rækjum, einkum um miðbik lengdardreifingarinnar þar sem rækjur náðu mest 11% af þyngd í lengdarflokki 20-24 cm. Ljósáta var mjög mikilvæg í öllum lengdarflokkum, var mest 25% af þyngd í lengdarflokki 20-24 cm. Fæðuleifar í minnstu lengdarflokkunum voru einkum samlokur, burstaomar og ýmis

smá krabbadýr (botnlægar marflær, þanglýs, pungrækjur og agnir). Þessir 3 hópar, samlokur, burstaormar og ýmis smá krabbadýr, voru um 80% af þyngd í tveimur minnstu lengdarflokkunum. Síðan dregur smátt og smátt úr mikilvægi þessara hópa og í stærstu lengdarflokkunum er hlutur þeirra innan við 10% af þyngd. Slöngustjörnur eru tiltölulega lítið áberandi á þessum árstíma með 6-12% af þyngd fæðuleifa.

Í júlí hafði orðið á veruleg breyting frá því í mars, því hlutur loðnu í stærstu lengdarflokkunum var fallin niður í 19%. Það var hinsvegar meira étið af öðrum fiski, þannig að heildarhlutur fisks var 40 og 34% í tveimur stærstu lengdarflokkunum. Rækjur og ljósáta fundust í minni mæli en í mars, en hlutur burstaorma hafði vaxið, var um 37% af þyngd í tveimur minnstu lengdarflokkunum. Hlutur slöngustjarna í stærstu lengdarflokkunum óx verulega, náði 36% af þyngd í stærsta lengdarflokknum.

Í nóvember/desember var hlutfall loðnu enn lágt, nálgast þó 30% í stærsta lengdarflokknum. Aðrir fiskar voru étnir í nokkrum mæli, þannig að heildarhlutur fisks var um 30% í 25-29 cm lengdarflokknum og fór yfir 40% í þeim stærsta.

Að öðru leiti var allt með líkum hætti og í júlí, nema hvað hlutur slöngustjarna óx enn, var 48% af þyngd í stærsta lengdarflokknum.



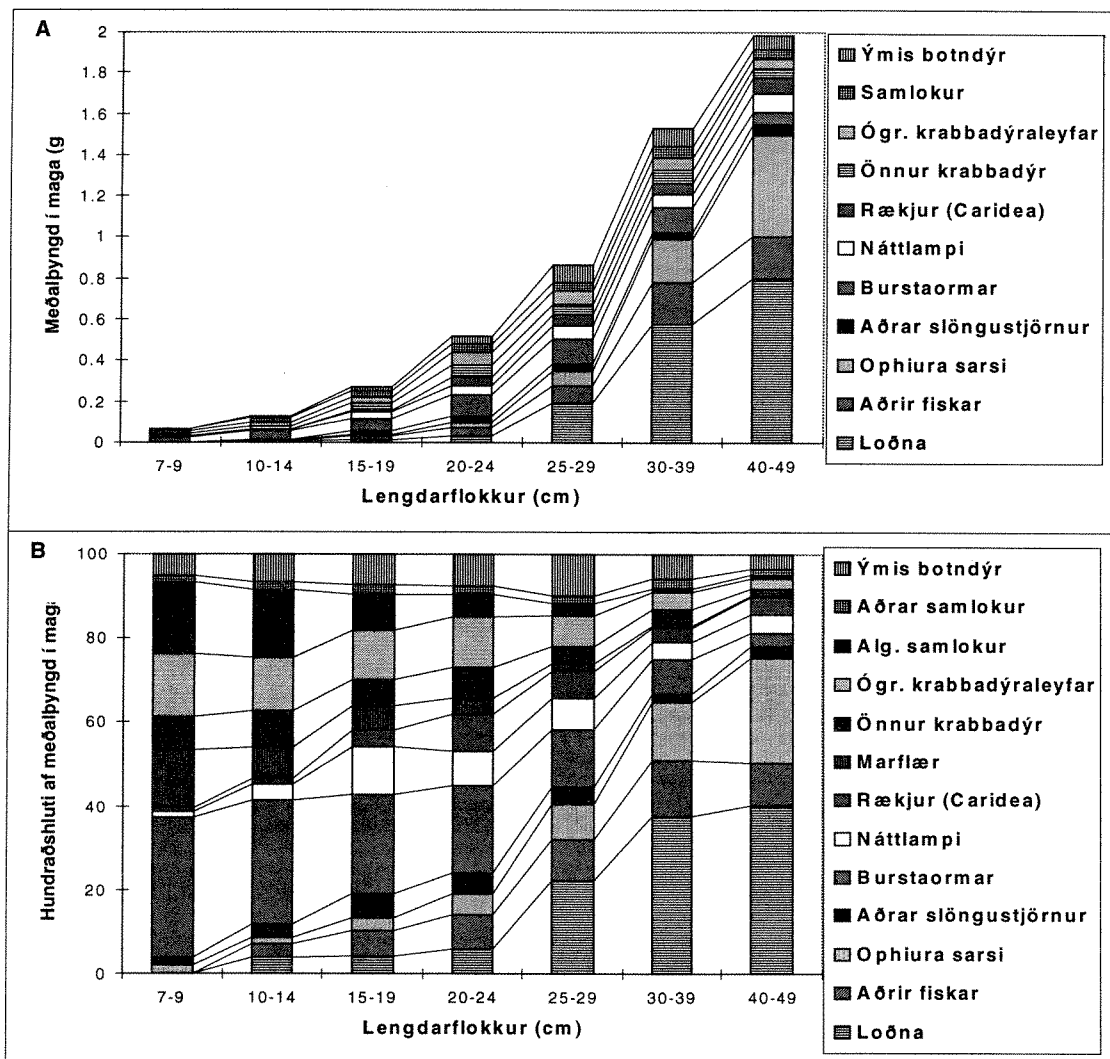
10. mynd. Samsetning fæðu skrápflúru eftir hafsvæðum (bormicon-svæðum) í mars, apríl og nóvember/desember 1992. Meðaltal af hlutfallslegri þyngd fæðuhóps eftir lengdarflokkum, vægi allra lengdarflokka í meðaltalinu er því það sama.

Þegar þyngdarhlutfall stærri fæðuhópa í mars er skoðað eftir hafsvæðum ("bormicon" svæðum (Höskuldur Björnsson 1997)) sést að hlutfall loðnu var hátt á öllum hafsvæðum, nema á grunnslóðinni fyrir Norðurlandi (bormiconsvæði 4) (10. mynd). Á grunnslóðinni fyrir Norðurlandi var hinsvegar étið meira af öðrum fisktegundum. Krabbadýr voru álíka áberandi á öllum hafsvæðum, en það var nokkuð mismunandi um hvaða krabbadýr var að ræða. Þannig voru ýmsar rækjutegundir mest áberandi fyrir Vesturlandi (bormiconsvæði 1), ljósáta á djúpslóð fyrir Norðurlandi, Norðausturlandi og Suðurlandi (bormiconsvæði 3, 5 og 9+10) en marflær fyrir Austfjörðum (bormiconsvæði 6). Samlokur vógu þyngst í fæðunni fyrir Vesturlandi og á Vestfjarðamiðum (bormicon svæði 1 og 2).

Í júlí var loðnan nánast horfin úr fæðunni á öllum hafsvæðum, nema á djúpslóðinni fyrir Norðurlandi (bormicon svæði 3) (10. mynd). Á nokkrum svæðum vottaði aðeins fyrir

loðnu, einkum við norðaustanvert landið (bormicon svæði 5). Hlutur annarra fisktegunda var víða meiri en í mars, einkum fyrir Suður- og Vesturlandi (bormicon svæði 1 og 9+10) þar sem síli var algengt og við norðausturhornið (bormicon svæði 5). Líkt og í mars voru samlokur einkum étnar fyrir Vesturlandi (bormicon svæði 1). Hlutur burstaorma í fæðunni var verulegur á öllum hafsvæðum, þó ekki í stærstu lengdarflokkunum. Á grunnslóðinni fyrir Norðurlandi og fyrir Norðaustur- og Austurlandi (bormicon svæði 4, 5 og 6) voru slöngustjörnur nú hærra hlutfall af fæðunni en í mars og þá einkum í stærstu lengdarflokkunum, en fyrir Suður- og Vesturlandi var hlutur slöngustjarna hinsvegar lítill.

Í nóvember/desember var hlutfall loðnu enn hátt í fæðu stærstu lengdarflokka skrápflúrunnar á djúpslóðinni fyrir Norðurlandi (bormicon svæði 3) og einnig við norðaustanvert landið (bormicon svæði 5) (10. mynd). Annars staðar varð loðnu lítið vart. Fyrir Suðurlandi (bormicon svæði 9+10) var hlutfall annarra fisktegunda hátt og svo var einnig í stærstu lengdarflokkunum fyrir Vesturlandi og Vestfjörðum (bormicon svæði 1 og 2). Sem fyrr var hlutur slöngustjarna lítill í fæðu skrápflúru fyrir Suður- og Vesturlandi (bormicon svæði 1 og 9+10), en verulegur á öðrum svæðum.



11. mynd. Meðaltals fæðusamsetning skrápflúru í þremur sýnatökum árið 1992, meðalþyngd í maga (A) og hlutfallsleg þyngd (B) eftir lengdarflokkum. Tekin var meðalþyngd fæðuhóps í hverjum lengdarflokki (allir magar meðtaldir) í hverjum leiðangri fyrir sig og síðan tekið meðaltal af því.

Meðal fæðumagn í maga

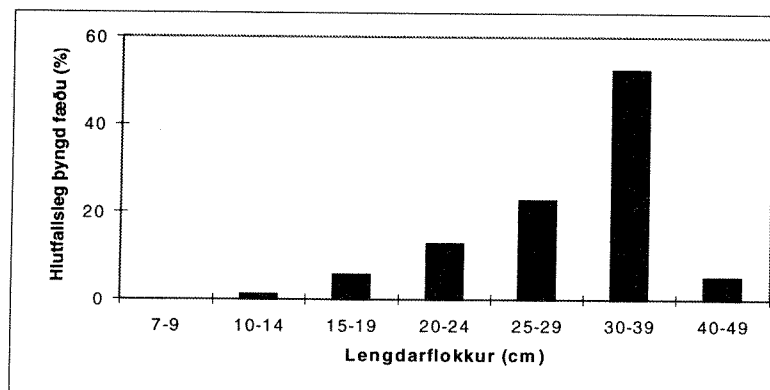
Meðalþyngd fæðu í skrápflúru á þeim þremur árstímum sem gögnum var safnað var 69 mg í minnsta lengdarflokknum (7-9 cm) en 1982 mg í þeim stærsta (40-49 cm) (2. tafla).

Meðaltalsmatseðill einstakrar skrápflúru eftir lengdarflokkum sýnir að eftir því sem skrápflúran stækkar verður fæðan tiltölulega einhæfari (11. mynd A og B). Þetta kemur fram í því að hlutur tveggja tegunda, loðnu og slöngustjörnunnar *Ophiura sarsi*, verður sífellt stærri. Þessar tvær fæðutegundir voru að meðaltali 51 og 66% af þyngd fæðunnar í tveimur stærstu lengdarflokkunum.

2. tafla. Meðalþyngd (mg) fæðuhópa í maga skrápflúru úr þremur fæðurannsóknnum árið 1992 eftir lengdarflokkum. Reiknuð var út meðalþyngd í maga í mars, júlí og nóvember/desember, þar sem allir rannsaðir margar voru teknir með hvort heldur þeir voru með fæðu eða tómir. Síðan var tekið meðaltal af þeim meðaltölum. * = Grænlandsdiskur, kringludiskur, grýtuskel, trönuskel, trönusustir og toddur.

Fæðuhópur	Lengdarflokkur (sm)						
	7-9	10-14	15-19	20-24	25-29	30-39	40-49
Loðna	0	5	11	31	192	575	796
Aðrir fiskar	0	4	17	42	85	205	204
Burstaormar	23	38	65	106	117	125	64
<i>Ophiura sarsi</i>	1	2	8	27	74	211	495
Aðrar slöngustjörnur	1	4	16	26	36	31	52
Marflær	10	9	16	20	14	9	7
Náttlampi	1	5	31	43	65	62	87
Rækjur (Caridea)	0	2	10	46	55	53	78
Agnir/þanglýs/pungrækjur	4	5	8	8	5	4	3
Önnur krabbadýr	2	6	8	31	31	55	33
Ógr. krabbadýraleyfar	10	16	32	61	64	59	48
Algengustu samlokur*	12	20	24	29	26	17	18
Aðrar samlokur	1	2	6	10	15	35	29
Ýmis botndýr	4	9	20	39	86	90	68
Meðalþyngd fæðu í fiski (mg)	69	127	272	517	864	1530	1982

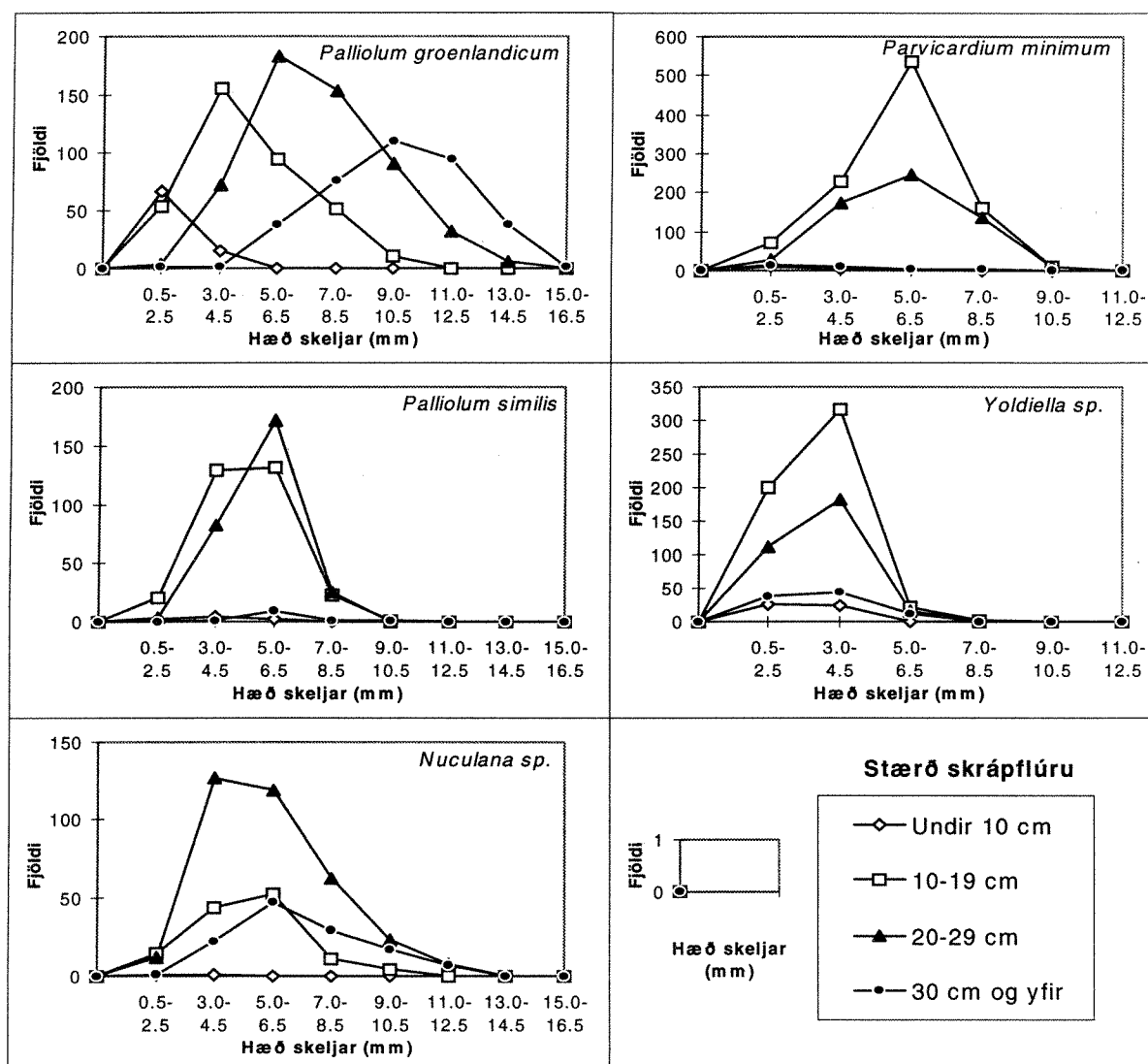
Meðaltals heildarfæðumagn sem hver lengdarflokkur skrápflúrunnar inniheldur sýnir jafnframt hlutfallslegt vægi hvers lengdarflokks í fæðunáminu (12. mynd). Stærsti lengdarflokkurinn, 40-49 cm, hefur mjög lítið vægi í þessu tilliti. Heildarfæðumagnið sem þessi lengdarflokkur étur er af sömu stærðargráðu og það sem 15-19 cm lengdarflokkurinn étur. Lengdarflokkurinn 30-39 cm vegur þyngst, hann étur um 52% af þeirri fæðu sem skrápflúrustofninn étur.

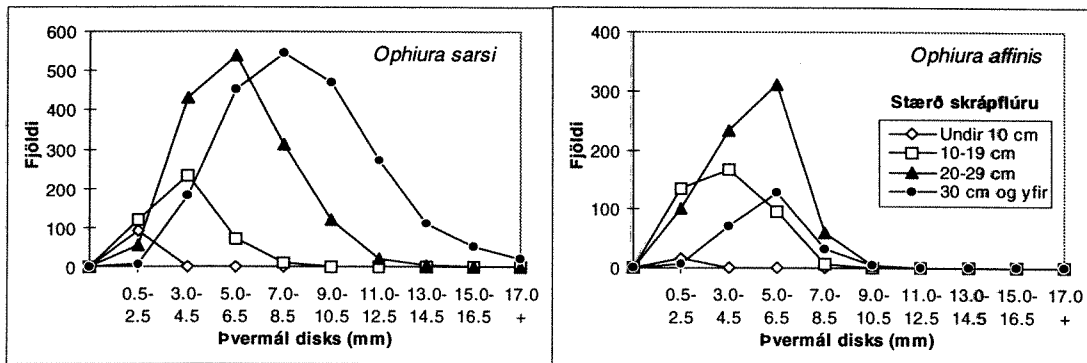


12. mynd. Hlutfallslegt vægi hvers lengdarflokks í fæðunámi skrápflúru. Meðalþyngd fæðu í skrápflúru eftir lengdarflokkum í mars, júlí og nóvember/ desember vegin með fjöldavísitölu hvers lengdarflokks skrápflúru í mars (vísitölur úr stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðum (SMB), reiknaðar út af Höskuldi Björnssyni).

Stærð bráðar

Þær samlokur sem fundust í einhverjum mæli í fæðu skrápflúrunnar voru allt smáar tegundir. Þannig var grýtuskel 1,0-9,5 mm, toddur 0,5-7,5 mm og kringludiskur 1,5-9,5 mm á hæð. Þessir þrjú hópar voru nær ekkert étnir af skrápflúru yfir 30 cm á lengd, en stærðardreifing þessara samloka var eins í öðrum lengdarflokkum (13. mynd). Hæð Grænlandsdísks var 1,0-15,0 mm. Stærðardreifing þessarar tegundar var breytileg eftir lengdarflokkum skrápflúru, stærri skeljar fundust í stærri fiski (13. mynd). Trönuskel og trönusystir voru 1,5-12,0 mm á hæð. Lítil munur var á stærðardreifingu skelja eftir lengdarflokki skrápflúru, stærstu skeljarnar fundust þó í stærstu fiskunum (13. mynd).

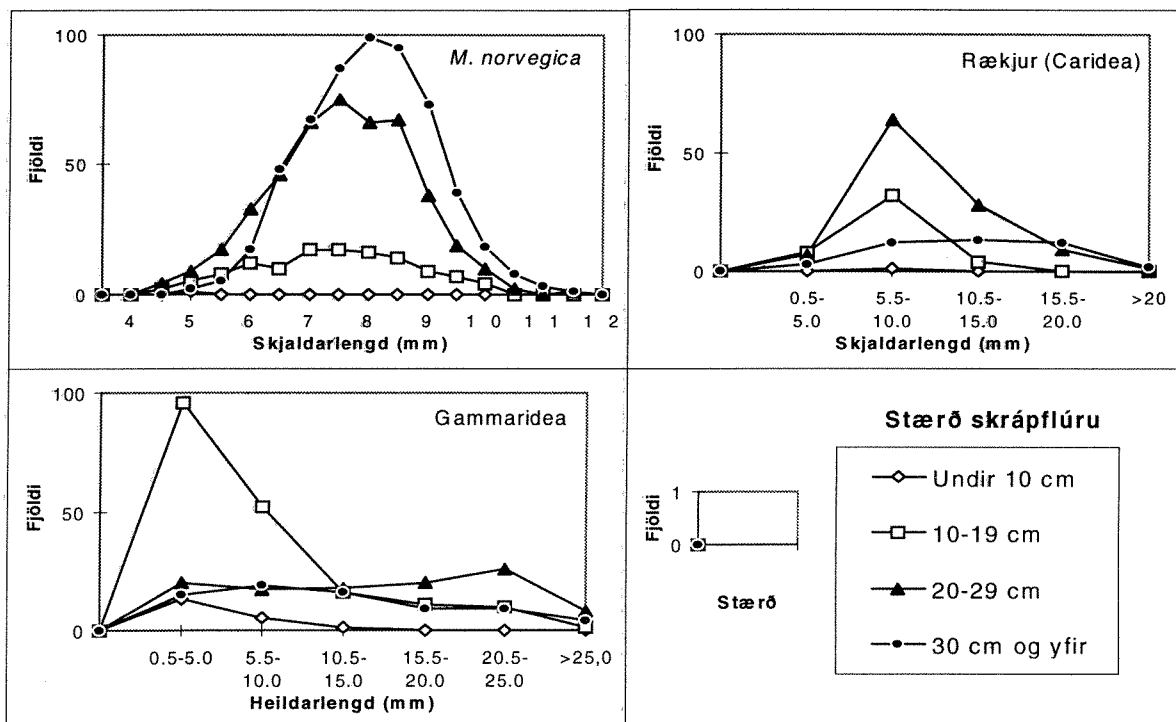




14. mynd. Stærð slöngustjarnanna *Ophiura sarsi* og *O. affinis* í fæðu skrápflúru eftir stærð skrápflúrunnar. Gögn frá mars, júlí og nóvember/desember 1992 eru hér sameinuð.

Stærð (þvermál disks) slöngutjörnnunnar *Ophiura sarsi* var 0,5-20,0 mm. Það var nokkur munur á stærðardreifingu þessarar slöngustjörnu eftir lengdarfloknum skrápflúru, smærri fiskur át smærri slöngustjörnu (14. mynd). Slöngustjarnan *Ophiura affinis* var mun minni, þvermál disks 0,5-10,5 mm. Þessi tegund var einkum étin af minni lengdarfloknum skrápflúru og ekki eins mikill munur á lengdardreifingu eftir lengdarflokki fisksins og hjá *O. sarsi*.

Botnlægar marflær voru 2,0-53,0 mm, en lang flestar voru innan við 25,0 mm langar (15. mynd). Skrápflúra minni en 20 cm að lengd át einkum smáar marflær, 10 mm eða smærri, en sem hluti af þyngd fæðu skiptu marflær mestu máli hjá skrápflúrum af þessari stærð. Í stærri skrápflúru var stærðardreifing marflóa mun jafnari. Lengdardreifing þanglúsa var 4,0-22,0 mm og þungrækja 3,5-34,5 mm.



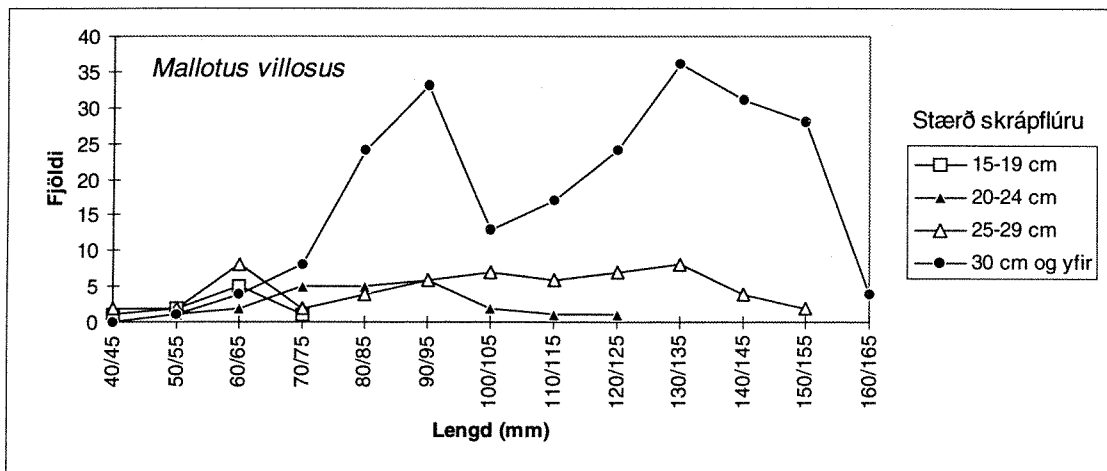
15. mynd. Stærð náttlampa (*Meganyctiphanes norvegica*), rækja (*Carides*) og marflóa (*Gammaridea*) í fæðu skrápflúru eftir stærð skrápflúrunnar. Gögn fyrir náttlampa og marflær eru frá mars 1992, en rækjur sameinuð gögn frá mars, júlí og nóvember/desember sama ár.

Skjaldarlengd náttlampa í mars var 4,5-11,5 mm og var lítill munur á stærð milli lengdarflokka skrápflúru (15. mynd). Skjaldarlengd stóra kampalampa var 5,0-24,0 mm og annarra ræjutegunda 3,0-17,0 mm. Af rækjum í heild er mest étið af smárri rækju, 5,5-10,0 mm.

Loðna í fæðu skrápflúrunnar í mars var 40-165 mm á lengd. Ef lengdardreifing loðnunnar úr fæðunni í mars er skoðuð, þá sést að 15-19 cm skrápflúra var að éta eins árs loðnu, 40-75 mm að lengd (16. mynd). Eftir því sem skrápflúran var stærri, þá breikkaði lengdardreifing loðnunnar í fæðunni. Í tveimur stærstu lengdarflokkum skrápflúrunnar var lengdardreifing loðnunnar eins, og eru þeir flokkar sýndir saman á 16. mynd. Tveir toppar koma þar skýrt fram á lengdardreifingu loðnunnar, við 90-95 mm og 130-135 mm, sem samsvara tveggja ára loðnu annars vegar og þriggja ára og eldri hins vegar.

Á öðrum árstímum var lítið af mælanlegri loðnu í sýnunum, en það sem fannst benti til svipaðrar lengdardreifingar, 60-140 mm í júlí og 70-160 mm í nóvember/desember. Ekki varð vart við loðnuseiði úr klaki ársins (0-grúppa).

Af helstu öðrum mælanlegum fiskum sem fundust í fæðu skrápflúrunnar, þá var síli (*Ammodytes* sp.) 60-210 mm (44 stk. mæld), ýsa (*Melanogrammus aeglefinus*) 120-140 mm (2 stk. mæld), þorskur (*Gadus morhua*) 50-70 mm (3 stk. mæld), skrápflúra 30-70 mm (14 stk. mæld), steinbítur (*Anarhichas lupus*) 50-75 mm (17 stk. mæld), flekkjamjóni (*Leptoclonus maculatus*) 30-90 mm (21 stk. mæld) og stóri mjóni (*Lumpenus lampretaeformis*) 50-190 mm (8 stk. mæld).



16. mynd. Lengdardreifing loðnu (*Mallotus villosus*) í fæðu skrápflúru í mars 1992, eftir lengd skrápflúrunnar.

Umræða

Árstíðabundnar sveiflur í fæðunámi skrápflúru eru þekkt fyrirbrigði. Þannig hefur fundist tiltölulega hátt hlutfall tómrar maga hjá skrápflúru yfir vetrartímann og svo aftur á haustin, en lágt hlutfall yfir sumartímann við strendur Kanada (Powles 1965, Martell, McClelland 1994), á Miklabanka (Zamarro 1992) og í Norðursjó (Ntiba og Harding 1993). Árstíðabundnar sveiflur hér við land virðast sambærilegar, en hlutfall tómrar maga var þó mun lægra hér en í ofangreindum rannsóknum.

Lítið fæðumagn að meðaltali í maga skrápflúru að hausti til sker sig frá öðrum árstímum, en það er í samræmi við niðurstöður Ólafs K. Pálssonar (1983). Þar veldur miklu hátt hlutfall tómrar maga, en þó eingöngu sé skoðuð meðalþyngd fæðu í mögum með fæðu þá var hún einnig lægst í nóvember/desember.

Þó svo að hlutfall tómrá maga hafi verið mun hærra í mars en í júlí, þá var meðalþyngd fæðu í maga mjög svipuð þegar allir magar eru taldir með. Þetta breytist hinsvegar nokkuð ef eingöngu er litið á maga með fæðu, því þar var fæðumagn í maga skrápflúru í stærstu lengdarflokkinum í mars var mun meira en bæði um sumarið og haustið. Það er fyrst og fremst loðnan sem þessu veldur. Af þessu má ætla að þyngd hverrar máltíðar sé meiri á þeim tíma sem loðnan er aðgengileg, með öðrum orðum þá treður skrápflúran sig út af loðnu. Fæðumagn í maga og tegund fæðu eftir árstímum bendir til þess að a.m.k. fyrir stærstu lengdarflokka sé mars ekki síður mikilvægur en júlí hvað varðar orkuöflun skrápflúru. Aðstæður hér við land virðast því nokkuð ólíkar því sem lýst er í St. Margaret's Bay við Nova Scotia, en þar safnaði skrápflúran eingöngu í sig orku yfir sumarmánuðina (MacKinnon 1972).

Dægursveiflur í fæðunámi skrápflúrunnar sáust best í mars og kann hátt hlutfall loðnu í fæðunni að valda þar nokkru um. Zamarro (1992) fann að slík dægursveifla gat verið breytileg eftir því hvaða fæðutegund var athuguð og að magn loðnu í fæðu skrápflúrunnar var háð dægursveiflum í hegðun loðnunnar. Loðnan heldur sig nærri botni yfir daginn, en á kvöldin og nóttinni heldur hún sig mest í efri lögum sjávar (Bailey o.fl. 1977). Loðnan er því helst aðgengileg fyrir skrápflúruna yfir daginn og á þeim tíma fannst mest fæða í maga í mars. Í júlí gætti hér ekki fulls samræmis milli lengdarflokka hvað dægursveiflu í fæðunámi varðar. Ntiba og Harding (1993) fundu hinsvegar sterka dægursveiflu í fæðunámi skrápflúru í Norðursjó í júlí. Það var mest fæða í mögumum síðdegis og var það óháð lengdarflokki. Flatfiskar af flyðruætt (Pleuronectidae), eins og skrápflúran, byggja fæðuleit sína fyrst og fremst á sjóninni og eru að því leiti háðir birtutíma (de Groot 1969). Það gæti verið að langur birtutími hér við land að sumri til hafi þau áhrif á fæðunám skrápflúrunnar að hún haldi áfram að éta lengra fram á kvöldið en t.d. í mars. Það gæti skýrt það að í júlí var mest magn af nýétinni fæðu í 20-24 cm og 25-29 cm lengdarflokkinum síðla nætur og í 30-39 cm lengdarflokkinum undir miðnætti. Þegar kemur svo fram á haustið færast dægursveiflan síðan aftur til þess horfs sem hún var í mars og minnst fæðumagn í maga er síðla nætur og árla morguns.

Tíðni fæðuhóps í sýni eru takmarkaðar upplýsingar að því leiti að í hverju sýni voru allt að fimm mögum og ekki hægt að gera greinarmun á því hvort viðkomandi fæðuhópur var einungis í einum maga eða öllum fimm. Mismunandi meðalfjöldi maga í sýni getur skekkt þá mynd sem slík tíðni gefur, því færri magar í sýni minnka líkurnar á því að ákveðinn fæðuhópur komi fram. Þetta gæti skipt máli fyrir stærsta og minnsta lengdarflokk skrápflúrunnar, í öðrum lengdarflokkinum var meðalfjöldi maga í sýni tiltölulega jafn. Hinsvegar hefur mismunandi hlutfall tómrá maga í sýni sömu áhrif á umrædda tíðni, en þetta hlutfall var breytilegt eftir árstímum. Hátt hlutfall tómrá maga í mars og í nóvember/ desember kann að valda nokkru um að tíðni flestra fæðuhópa var lægri á þessum árstímum en í júlí.

Við gagnasöfnunina var safnað öllum fæðuleifum, bæði úr maga og görnum. Af því leiddi að með í fæðusýnunum varð all mikið magn af ómeltanlegum leifum sem voru neðst í görnunum. Þetta var nær eingöngu kalksandur sem voru leifar af stoðgrind slöngustjarna.

Stoðgrindin er mjög stór hluti af þyngd slöngustjarna, um 75-80% af þurrvigti þeirra er af ólífrænum toga (aska) meðan sömu tölur fyrir fiska eru á bilinu 10-20% (Wacasey og Atkinson 1987, Steimle og Terranova 1988). Þegar meltingu er lokið situr því eftir mjög hátt hlutfall af upphaflegri þyngd slöngustjarna, meðan t.d. loðna nánast meltist upp. Í ljósi þessa var þyngd kalksandsins ekki talin með í þyngd fæðuleifanna. Það kann að orka tvímælis, en er hér talinn skársti kosturinn.

Tegundasamsetning fæðu skrápflúrunnar bendir til þess að fæðan sé öll tekin á botni eða við botn. Hinn mikli fjöldi fæðuflokka er einkennandi fyrir litla sérhæfingu í fæðuvali, en fjöldi tegunda segir ekki alla söguna. Þannig virðist stærstur hluti þeirra tegunda samloka sem greindar voru úr fæðusýnunum skipta litlu máli þegar á heildina er litið. Af 53 tegundum eru einungis 6 sem hafa verulegt vægi í þyngd fæðunnar og þá einkum í smærri lengdarflokkinum skrápflúrunnar.

Breytileiki í fæðu eftir lengdarflokki skráplúru virðist einkennast af stærð bráðarinnar. Tíðni smárra krabbadýra og samloka og vægi þeirra í þyngd er hæst í smæstu lengdarflokkunum. Eftir því sem skráplúran stækkar, minnkar tíðni smárra fæðudýra en tíðni þeirra stóru vex og það sama gildir um hlut þeirra í þyngd fæðunnar.

Hlutur loðnu í fæðunni er stærsti þátturinn sem breytist eftir árstíðum. Í mars er hrygningarloðna á ferð víða um landgrunnið og hrygning loðnu hafin við suðvestur strönd Íslands (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Á þessum árstíma voru stærstu lengdarflokkar skráplúrunnar víðast hvar að éta loðnu. Eftir stærðardreifingu loðnunnar í fæðusýnunum að dæma þá er stóra skráplúran einkum að éta hrygningarloðnu (þriggja ára) en einnig tveggja ára loðnu. Hrygningarganga loðnunnar er án efa stór þáttur í orkuöflun skráplúrunnar. Sú fæða sem kemur í stað loðnunnar á öðrum árstímum er að stórum hluta slöngustjörnur, sem eru mun orkuminna fóður en fiskur (Wacasey og Atkinson 1987, Steimle og Terranova 1988). Það er því ekki eingöngu fæðumagnið eins og áður var rætt um, heldur einnig fæðutegundin á hverjum tíma sem benda til þess að mars sé ekki síður mikilvægur, jafnvel mikilvægari, en t.d. júlí í orkubúskap skráplúrunnar. Það sem máli skiptir er það á hvaða tíma orkurík fæða er skráplúrunni aðgengileg.

Þó svo að nánast engin loðna hafi fundist í skráplúru á grunnslóð fyrir Norðurlandi (bormiconsvæði 4) í mars, þá þarf það ekki að þýða að skráplúran á svæðinu fari varhluta af loðnuhrygningunni. Loðnan hrygnir árvisst í einhverjum mæli í fjörðunum norðanlands, en það er seinna en aðal hrygningin. Getur stundum verið út máí jafnvel byrjun júní (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Það kemur heim og saman við útbreiðsluhætti loðnunnar, að á sumrin og haustin virðist það einkum vera skráplúran á djúpslóð fyrir Norðurlandi sem nær að nýta sér hana.

Niðurstöður Ólafs K. Pálssonar (1983) sýna einnig mikilvægi loðnunnar, því loðna var hátt hlutfall af þyngd fæðu í stærstu lengdarflokkum skráplúru í mars 1981, mest 62% í 25-29 cm lengdarflokkum. Almennt svipaði fæðunni í mars 1992 til þess sem var í mars 1981. Hinsvegar fannst nánast engin loðna í fæðu skráplúrunnar í mars 1980 og er ekki ljóst af hverju svo var því mikil loðna fannst í ýmsum öðrum fiskum á þeim sama tíma (Ólafur K. Pálsson 1983). Á öðrum árstímum 1980 var fæðan lík því sem hún var 1992, þó nokkur frávik séu þar á. Slíkur breytileiki kemur ekki á óvart þegar þess er gætt að all mikill munur gat verið á fæðu skráplúrunnar eftir svæðum. Um loðnuna hefur þegar verið rætt. Hlutfall slöngustjarna í þyngd fæðunnar var að meðaltali hátt, en á svæðinu frá Hornafirði vestur með ströndinni að Látrabjargi (bormiconsvæði 1, 9 og 10) var það mjög lágt á öllum árstímum. Hlutur samloka í fæðu smárrar skráplúru var sérstaklega áberandi fyrir Vesturlandi og Vestfjörðum. Af þessu leiðir t.d. að innbyrðis vægi svæðanna í gagnasöfnuninni getur haft veruleg áhrif á niðurstöður.

Erlendar rannsóknir hafa sýnt að fæða skráplúrunnar getur verið mjög breytileg frá einu svæði til annars. Á norðanverðum Miklabanka við Nýfundnaland er fiskur stærsti hluti af þyngd fæðunnar en slöngustjörnur og ígulker vega einnig mikið, að sunnanverðu er fiskur hinsvegar lang stærsti hluti fæðunnar (Pitt 1973, Zamarro 1992). Suður í Gulf of Main voru slöngustjörnur hinsvegar yfirgnæfandi, einkum *O. sarsi* (Packer o.fl. 1994). Í vestanverðum Norðursjó voru krabbadýr uppistaðan í fæðunni, en að austanverðu var það fiskur (Ntiba og Harding 1993). Það má ætla að slíkur munur milli svæða og sömu leiðis munur milli árstíma endurspegli það fæðuframboð sem til staðar er og skráplúran ræður við. Þegar samanburður er gerður á fæðu skráplúru í vestanverðu og austanverðu N-Atlantshafi er rétt að hafa í huga að það afbrigði skráplúrunnar sem lifir í vestanverðu N-Atlantshafi getur orðið yfir 60 cm að lengd, sem þýðir tveir 10 cm lengdarflokkar umfram það sem finnst við Ísland.

Þær tegundir mælanlegra hryggleysingar sem fundust í skráplúrunni voru flestar smávaxnar, þannig að í flestum tilfellum var lítill munur á stærð bráðar eftir stærð skráplúrunnar. Undantekningar frá þessu eru Grænlandsdiskur og slöngustjarnan *O. sarsi*. Þær tegundir af stórvaxnari samlokum sem fundust einkum í stærstu lengdarflokkum skráplúrunnar voru það sjaldgæfar að þær skiptu litlu máli fyrir heildarmyndina. Þó engin

tölfræðipróf hafi verið gerð á stærð slöngustjörunnar *O. sarsi* eftir lengdarflokki skrápflúru hér við land er augljós munur þar á, t.d. ef borin er saman lengdardreifingin í fiskum undir 20 cm annars vegar og 30 cm og stærri hinsvegar. Samanburður á stærðardreifingu *O. sarsi* í fæðu skrápflúru annars vegar og í viðkomandi *O. sarsi* stofni í Gulf of Main hinsvegar sýndi að skrápflúran var að éta uppvaxandi árganga en ekki fullvaxna einstaklinga (Packer o.fl. 1994). Þar fannst hinsvegar ekki marktækt samband milli stærðar skrápflúru og stærðar *O. sarsi*, en sýnið var lítið og enginn fiskur undir 20 cm.

Þeir fiskar sem fundust í fæðu skrápflúrunnar nú voru fyrst og fremst smávaxnar tegundir eins og loðna, síli og flekkjamjóni, en einnig seiði stærri tegunda. Í október/nóvember 1980 voru þorskseiði verulegur hluti fæðunnar í tveimur lengdarflokki skrápflúrunnar (Ólafur K. Pálsson 1983). Það haust var seiðavísitala þorsks í góðu meðallagi og útbreiðsla þorskseiða mikil (Hjálmar Vilhjálmsson o.fl. 1980). Haustið 1992 var þorskseiða vart í fæðunni, en í litlum mæli. Seiðavísitala þorsks var þá mjög lág (Jutta V. Magnússon og Sveinn Sveinbjörnsson 1992). Skrápflúran virðist þannig vera tækifærissinni í sínu fiskáti og éta það sem til staðar er hverju sinni og hún ræður við.

Þegar fæðusamsetning skrápflúrunnar í þessari könnun við Ísland er skoðuð í heild og ársmeðaltal byggt á þeim þremur könnunum sem gerðar voru, þá jafngildir hver könnun fjögurra mánuða tímabili. Hvort einhver þáttur í fæðunni sé ofmetinn eða vanmetinn við slíka útreikninga er lítið hægt að segja um, enda liggja ekki fyrir gögn til að meta slíkt. Eftir meðalþyngd á umræddum þremur árstímum má skipta fæðuhópunum í þrjá flokka eftir mikilvægi þeirra í einstökum lengdarflokki:

1. Fæða sem er hlutfallslega mikilvæg í minnstu lengdarflokki, en vægi þeirra minnkar eftir því sem skrápflúran stækkar. Í þessum flokki eru burstaormar, botnlægur marflær og fleiri smá krabbadýr svo sem þanglýs, pungrækjur og agnir. Einnig samlokurnar Grænlandsdiskur, kringludiskur, trönuskel, trönusystir, grýtuskel og toddur.

2. Fæða sem er hlutfallslega mikilvæg hjá meðalstórum skrápflúrum, en síður í smárrí og stórrí skrápflúru. Í þessum flokki eru rækjur af ýmsum tegundum og náttlampi.

3. Fæða sem eykst að mikilvægi eftir því sem skrápflúran stækkar. Hér er um að ræða loðnu og slöngustjörnu *Ophiura sarsi*.

Þegar á þessa heild er lítið má segja að skrápflúran vaxi úr því að lifa fyrst og fremst á botnlægum hryggleysingjum upp í það að éta að stórum hluta fisk. Það er þó ekki svo einfalt að hér sé eingöngu um að ræða skiptingu milli aldurshópa, heldur fléttast hér einnig inn skipting milli kynja og kynþroskastiga. Við Ísland er skrápflúra yfir 30 cm nær eingöngu kynþroska hrygnur, einungis örfáir hængar ná þessari lengd (Jónbjörn Pálsson, óbirt gögn). Í tveimur stærstu lengdarflokki eru því nær eingöngu kynþroska hrygnur og skrápflúrir í lengdarflokkinum 25-29 cm eru einnig að stærstum hluta kynþroska, en það eru þessir lengdarflokki sem éta fisk að einhverju marki. Það eru því fyrst og fremst kynþroska skrápflúra, einkum hrygnur, sem nær að nýta sér fisk til fæðu. Þarna virðist því vera ákveðinn aðskilnaður innan tegundarinnar hvað fæðu varðar. Skrápflúrir, 30 cm og stærri, vega mjög þungt í heildar fæðunámi skrápflúru á Íslandsmiðum.

Heimildir

- Bailey, J.R.F., K.W. Able, W.C. Leggett, 1977. Seasonal and vertical distribution and growth of juvenile and adult Capelin (*Mallotus villosus*) in the St. Lawrence Estuary and Western Gulf of St. Lawrence. J. Fish. Res. Bd Can. 34: 2030-2040.
- Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka, 1993. Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1992. Hafrannsóknastofnun Fjölrít Nr. 31, 71 s.
- Campbell, A.C., 1977. The Hamlyn guide to the sea shore and shallow seas of Britain and Europe. London, Hamlyn Publishing Group Ltd., 320 s.
- Christiansen, M.E., 1972. Bestemmelsestabell over Crustacea Decapoda tífotkrebs. Oslo, Universitetsforlaget, 67 s.
- Einar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka, 1995. Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1994. Hafrannsóknastofnun Fjölrít Nr. 42, 107 s.

- Fauchald, K., 1977. The Polychaete worms. Definitions and keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series 28: 1-90.
- Groot, S.J. de, 1969. Digestive system and sensorial factors in relation to the feeding behaviour of flatfishes (Pleuronectiformes). J. Cons. int. Explor. Mer, 32: 385-395.
- Gunnar Jónsson, 1992. Íslenskir fiskar. Önnur útgáfa, aukin. Reykjavík, Fjölvaútgáfa, 568 s.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Capelin, *Mallotus villosus* (Muller) in the Iceland - Greenland - Jan Mayen area. Rit Fiskideildar, 13 (1): 1-281.
- Hjálmar Vilhjálmsson, Jutta V. Magnússon, Eyjólfur Friðgeirsson, 1980. Report on the 0-Group Fish Survey in Icelandic and East-Greenland Waters, August 1980. ICES CM 1980/H: 64. 26 s.
- Höskuldur Björnsson, 1997. BORMICON - almenn lýsing. Í þessu riti.
- Ingimar Óskarsson, 1962. Skeldýrafána Íslands. 1. Samlokur í Sjó. Önnur útgáfa aukin. Reykjavík, Bókaútgáfan Ásór, 123 s.
- Ingimar Óskarsson, 1964. Skeldýrafána Íslands. 2. Sæsniglar með skel. Reykjavík, Leiftur h.f., 167 s.
- Jutta V. Magnússon, Sveinn Sveinbjörnsson, 1992. Report on the 0-Group Fish Survey in Iceland and East-Greenland Waters, August-September, 1992. ICES CM 1992/G: 50. 19 s.
- MacKinnon, J.C., 1972. Summer storage of energy and its use for winter metabolism and gonad maturation in American plaice (*Hippoglossoides platessoides*). J. Fish. Res. Board Canada, 29: 1749-1759.
- Martell, D.J., G. McClelland, 1994. Diets of sympatric flatfishes, *Hippoglossoides platessoides*, *Pleuronectes ferrugineus*, *Pleuronectes americanus*, from Sable Island Bank, Canada. Journal of Fish Biology, 44: 821-848.
- Mortensen, Th., 1927. Handbook of the Echinoderms of the British Isles. London, Oxford University Press, 471 s.
- Nordsieck, F., 1969. Die europäischen Meeresmuscheln (Bivalvia) vom Eismeer bis Kapverden, Mittelmeer und Schwarzes Meer. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 256 s.
- Ntiba, M.J., D. Harding, 1993. The food and the feeding habits of the long rough dab, *Hippoglossoides platessoides* (Fabricius 1780) in the North Sea. Netherlands Journal of Sea Research, 31: 189-199.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic Waters. Rit Fiskideildar, 7(1): 1-60.
- Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka, 1992. Handbók um stofnmælingu botnfiska á Íslandsmiðum 1992. Hafrannsóknastofnunin, 51 s.
- Packer, D.B., L. Watling, R.W. Langton, 1994. The population structure of the brittle star *Ophiura sarsi* Lutken in the Gulf of Maine and its trophic relationship to American plaice (*Hippoglossoides platessoides* Fabricius). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 179: 207-222.
- Pitt, T.K., 1973. Food of the American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the Grand Bank, Newfoundland. J. Fish. Res. Board Can., 30: 1261-1273.
- Powles, P.M., 1965. Life history and ecology of American plaice (*Hippoglossoides platessoides* F.) in the Magdalen Shallows. J. Fish. Res. Board Can., 22: 565-598.
- Steimle, F.W., R.J. Terranova, 1988. Energy contents of northwest Atlantic continental slope organisms. Deep-Sea Res., 35: 415-423.
- Wacasey, J.W., E.G. Atkinson, 1987. Energy values of marine benthic invertebrates from the Canadian Arctic. Mar. Ecol. Prog. Ser., 39: 243-250.
- Zamarro, J., 1992. Feeding behaviour of the American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) on the southern Grand Bank of Newfoundland. Netherlands Journal of Sea Research, 29: 229-238.

Fæða tindaskötu (*Raja radiata* Donovan, 1808) á Íslandsmiðum

Anton Galan

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Í mars og júlí árið 1992 var safnað alls 3172 mögum úr tindaskötu umhverfis landið. Í fæðunni fundust alls 111 fæðuflokkar og reyndust loðna (*Mallotus villosus*), rækja (*Pandalus borealis*) og marflær (Amphipoda) vera aðalfæðuhóparnir. Ungar tindaskötur átu aðallega krabbadýr, sérstaklega marflær, en með aldri og stærð jókst hlutfall fisks og tífattra krabba (Decapoda) í fæðunni. Burstaormar komu fyrir í flestum maganna en magn þeirra var yfirleitt lítið. Stærð skötunnar, árstími og hafsvæði reyndust hafa áhrif á samsetningu fæðunnar. Tindaskatan étur tilviljunarkennt algengar botnlægar tegundir smárra krabbadýra og fiska og endurspeglar fæðan þá tegundasamsetningu sem er til staðar á hverjum tíma. Í mögum úr tindaskötu fundust í þessari rannsókn þrjár tegundir marflóa sem ekki hafa fundist áður hér við land; *Anonyx compactus*, *Hippomedon denticulatus* og *Siphonoecetes pallidus*.

Inngangur

Ættbálkinum skötur (Rajiformes) tilheyra 424 tegundir sem finnast í öllum heimshöfum (Nelson 1984). Hér við land eru 15 tegundir sem allar tilheyra ættinni Rajidae (skötuætt). Tindaskata (*Raja radiata* Donovan, 1808) er langalgengasta skötu- og brjóskfiskategundin á Íslandsmiðum. Hún er algeng í kringum allt land, bæði í grunnnum og djúpum sjó. Hún fæst sem aukaafli við veiðar á öðrum eftirsóttum fisktegundum, en hún var lítið nýtt hér á landi og hefur á undanförunum árum verið fleygt fyrir borð í óþekktu magni. Nýlega var þó farið að nýta hana til útflutnings. Árið 1996 var skráður u.þ.b. 1.500 tonna afli af tindaskötu, sem aðallega kom af miðunum við Suðvesturland.

Tindaskatan er útbreidd á grunnsævi beggja vegna Norður Atlantshafsins, í 0 til 10°C heitum sjó. Hún er oftast frá 10 til 70 cm að stærð og að meðaltali 1 kg að þyngd, en getur orðið 100 cm löng og 20 kg að þyngd. Tindaskatan er botnfiskur, sem lifir á leir- og sandbotni, og er algengust frá 20 m til 200 m dýpi. Tindaskata hefur þó fundist niður á 1500 m dýpi (Shtemann, Parin 1994). Hún heldur út á djúpið á veturna, en gengur á grunnmið á vorin til að hrygna. Hún er yfir 40 cm löng þegar kynþroska er náð. Hængarnir eru með göndla til frjóvgunar og hrygnan gýtur frjóvguðum eggjum (ovipar) sem liggja í hylkjum úr hyrni (pétursskip), eitt í hverju hylki (Bjarni Sæmundsson 1926). Pétursskipin, sem eru u.þ.b. 5,5 cm löng og 3,5 cm breið án þráðar, liggja á botninum þangað til að ungarnir klekjast út. Ungviði er um 10 cm langt og 10 g þungt við klak. Um þroskatíma ungviðis, fjölda eggja og vöxt er lítið vitað.

Lítið er vitað um líffræði tindaskötunnar. Tölfræðileg tengsl milli stærðar og aldurs er erfitt að ákvarða því skötur eru ekki með kvarnir (Greenwood o.fl. 1973). Endurheimtur á merktri tindaskötu benda til að hún geti orðið a.m.k. 20 ára gömul (Templeman 1984). Hún getur verið kynþroska við um 40 cm, og fer stærð egghulstra stækkandi með stærð hennar. Nýklakin ungviði, um 10 cm á lengd fengust bæði í mars og í júlí. Þetta er í samræmi við niðurstöður Templeman (1982a) sem fann tindaskötuhrygnur með fullþroskuð egghylki á öllum árstímum. Nýlegar tilraunir sýna að þroski fósturs í hylkjum (pétursskipum) taki um tvö ár á rannsóknastöðum (Berestovskiy 1994), en athuganir Last og Stevens (1994) gefa til kynna að fósturþroski skata taki allt að einu ári við eðlilegar aðstæður.

Margir hafa bent á nauðsyn þess að taka tillit til samspils ólíkra tegunda í fiskiveiðistjórnun (t.d. Ólafur K. Pálsson 1983, Kjartan Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1989 og 1991). Rannsóknir á fæðu fiska eru nauðsynlegar til að fá upplýsingar um vistfræðileg tengsl tegundanna og til að geta mælt gagnkvæm áhrif rándýrs og bráðar. Árið 1992 hóf Hafrannsóknastofnunin fjölstofnarannsóknir þar sem magainnihald 45 algengra og

efnahagslega mikilvægra tegunda var rannsakað. Tindaskatan var ein þeirra. Söfnunin fór fram á fiskimiðunum allt umhverfis landið.

Gögn og úrvinnsla

Árið 1992 fór fram söfnun magasýna fiska af landgrunninu allt umhverfis Ísland. Skuttogarar voru notaðir við söfnunina sem fór fram bæði að vetri til og að sumri, með samskonar veiðarfærum. Magasýnum úr tindaskötu var safnað úr 389 togum, sem hvert um sig var tvær til fjórar sjómíllur að lengd, alls 3172 magar. Í mars söfnuninni, þar sem 5 togarar tóku samtals 560 tog, fékkst tindaskata í 270 togum. Af þeim voru 48 tog tekin vestan lands, 58 norðan lands, 58 á norðausturmiðum, 55 á suðausturmiðum og 51 suðvestan lands, alls 2391 magar. Í rannsóknaleiðangri í júlí sama ár, fékkst tindaskata í 119 togum af 142 á miðunum umhverfis landið, alls 781 magar. Gögnum var einnig safnað í nóvember-desember en úrvinnslu þeirra er ekki lokið.

Allar skötur sem fengust voru lengdarmældar með 1 cm nákvæmni. Úr hverjum 5 cm lengdarflokki á bilinu 10 til 29 cm voru teknir frá 5 magar til rannsókna og 5 magar úr hverjum 10 cm lengdarflokki á bilinu 30 til 69 cm. Þessir 5 magar úr hverjum lengdarflokki og úr sama togi voru settir í flát ásamt upplýsingum um fjölda tómra eða umhverfðra maga. Sýnin voru geymd í 70% ísóprópanóli til greiningar seinna meir. Á rannsóknastofu voru sýnin skoluð og vatn látið síga af þeim í gegnum 0.1 mm sigti áður en magainnihaldið var greint. Allir einstaklingar í sýnunum voru greindir til tegunda ef hægt var, en til safnhópa ef þeir voru af mikið meltir. Taldir voru einstaklingar hvernar tegundar, stærð þeirra mæld með 0.5 mm nákvæmni áður en þeir voru blautvigtaðir með 0.1 gr nákvæmni, eftir þerrun með gljúpum pappír.

Niðurstöður

Samsetning fæðunnar

Af þeim 3172 tindaskötumögum sem rannsakaðir voru, reyndust 614 tómir og umhverfðir magar voru 23 talsins. Í 2535 mögum sem innihéldu fæðu, voru alls greindar 111 tegundir eða safnhópar (1. tafla) í þeim 11949 dýrum sem þar fundust. Fæðudýrin (11949) í 2535 tindaskötumögum vógu alls 7883.2 gr.

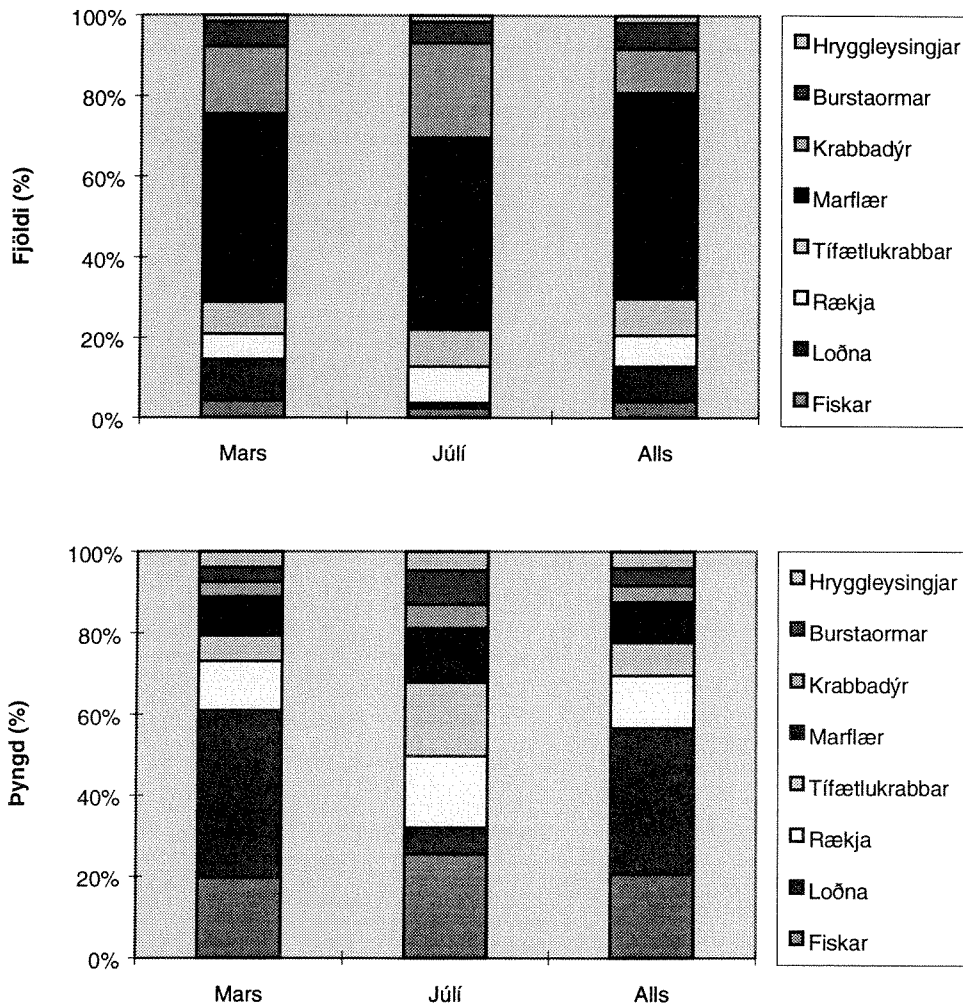
Magainnihaldið samanstóð því að meðaltali af 5 dýrum sem voru að meðaltali 3 gr að þyngd. Þess bera að geta að um 90% tindaskötunnar í úrtakinu var í lengdarflokknum 20 til 60 cm og u.þ.b. 1 kg að þyngd, því smæsta skatan er síst veiðanleg vegna smæðar og sú stærsta sjaldgæfust. Meðaltal magainnihaldsins er því um 0.3% þyngdar skötunnar.

Hlutfall tómra maga, sýndi enga merkjanlega fylgni milli staðar og stundar sýnatökunnar. Tómir magar, u.þ.b. 20%, birtust tilviljunarkennt á mismunandi svæðum, að sumri sem að vetri, og að nóttu sem að degi. Hlutfall tómra maga í sýnunum var óháð lengd fiskanna.

Samsetning fæðu tindaskötunnar er sýnd sem fjöldahlutfall (%) bráðar helstu fæðuhópa af heildarfjölda og sem þyngdarhlutfall (%) sömu hópa af heildarþyngd fæðu (1. mynd). Mikilvægustu fæðuhóparnir voru fiskar og krabbadýr. Að fjölda til voru 80% krabbadýr, 11% fiskar og 5% burstaormar. Miðað við þyngd voru 56% fiskar, 35% krabbadýr og 4% burstaormar. Þau 5% sem eru ótalin, voru aðallega dýr sem tilheyra flokkunum smokkfiskar (Cephalopoda) og maðkamæður (Priapulida). Af heildarmassa fiskanna voru 36% loðna (*Mallotus villosus*) og u.þ.b. 5% mjórar (*Lycodes spp.*), 5% þorskfiskar (Gadidae), 5% síli (Ammodytidae) og 5% aðrir fiskar. Af krabbadýrunum var rækja (*Pandalus borealis*) 13% þungans, marflær (Amphipoda) 10%, tífatlukrabbar (Decapoda) voru 8%, og 4% voru ljósátur (Euphausiacea) aðallega *Meganctiphanes norvegica*.

<u>Flokkur</u>	<u>Fjöldi</u>	<u>P(g)</u>	<u>Flokkur</u>	<u>Fjöldi</u>	<u>P(g)</u>
Stones	6	4.0	<i>Nehoela monstrosa</i>	4	1.9
Algae	9	8.5	<i>Unciola leucopsis</i>	5	0.5
Invertebrate eggs	6	0.6	<i>Siphonocetes pallidus</i> *	1	0.1
Porifera	4	6.3	<i>Dulichia spinosissima</i>	5	0.7
Nemertea	2	1.0	<i>Dyopedos monacanthus</i>	2	0.2
Polychaeta	709	335.2	Euphausiacea	211	12.3
Priapulida	19	39.9	<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	1611	277.8
<i>Priapulus caudatus</i>	12	33.0	<i>Thysanoessa raschii</i>	124	3.8
Bivalvia	30	13.8	Natantia	282	66.7
<i>Chlamys arata</i>	2	0.4	<i>Sergestes arcticus</i>	1	0.7
<i>Buccinum hydrophanum</i>	1	2.4	<i>Caridion gordonii</i>	1	0.4
Cephalopoda	73	193.6	<i>Eualus pusiollus</i>	11	2.0
Copepoda	6	0.1	<i>Lebbeus polaris</i>	8	4.9
<i>Calanus finmarchicus</i>	3	0.1	<i>Spirontocaris sp.</i>	3	0.5
<i>Calanus hyperboreus</i>	1	0.1	<i>Spirontocaris lilljeborgi</i>	18	4.7
Mysidacea	115	6.3	<i>Spirontocaris spinus</i>	33	14.2
Cumacea	99	11.3	<i>Pandalus borealis</i>	851	1030.3
Isopoda	37	6.0	<i>Pandalus montagui</i>	10	3.4
Amphipoda	298	34.2	<i>Crangon allmani</i>	103	49.9
Hyperidea	2	0.2	<i>Pontophilus norvegicus</i>	1	1.4
<i>Parathemisto abyssorum</i>	1	0.1	<i>Sabinea sarsi</i>	186	83.7
Gammaridea	3678	358.5	<i>Sclerocrangon boreas</i>	10	36.3
<i>Halirages fulvocinctus</i>	361	82.1	<i>Sclerocrangon ferox</i>	3	9.7
<i>Gammarellus angulosus</i>	1	1.1	<i>Nephrops norvegicus</i>	1	1.9
<i>Rhachotropis aculeata</i>	57	20.0	Paguridae	32	33.8
<i>Rhachotropis oculata</i>	1	0.1	<i>Pagurus sp.</i>	119	149.7
<i>Paramphithoe hystrix</i>	5	0.7	<i>Pagurus pubescens</i>	3	4.2
<i>Arrhis phyllonix</i>	238	22.6	<i>Munida tenuimana</i>	25	36.3
<i>Monoculodes borealis</i>	3	0.3	<i>Hyas arenaeus</i>	2	14.1
<i>Monoculodes subnudus</i>	6	0.6	<i>Hyas coarctatus</i>	125	99.3
<i>Paroedicerus lynceus</i>	8	10.4	<i>Macropipus holsatus</i>	12	22.8
<i>Pleustes panopla</i>	3	0.5	Asteroidea	2	1.6
<i>Leucothoe spinicarpa</i>	1	0.2	Ophiuroidea	16	7.0
<i>Anonyx compactus</i> *	3	0.3	Echinoidea	4	4.3
<i>Anonyx lilljeborgi</i>	5	0.8	Ascidiacea	1	0.4
<i>Anonyx rugax</i>	198	97.9	<i>Clupea harengus</i>	1	39.7
<i>Tmetonix cicada</i>	15	3.0	<i>Mallotus villosus</i>	949	2830.1
<i>Hippomedon denticulatus</i> *	1	0.2	Gadidae	178	450.4
<i>Hippomedon propinquus</i>	1	0.1	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	2	9.9
<i>Lepidepecreum umbo</i>	1	0.1	<i>Ciliata septentrionalis</i>	3	7.6
<i>Stegocephalus inflatus</i>	1	0.5	Ammodytidae	158	256.1
<i>Shyrrhoe crenulata</i>	2	0.2	<i>Ammodytes marinus</i>	20	118.5
<i>Tiron spiniferum</i>	3	0.3	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	1	6.2
<i>Liljeborgia fissicornis</i>	6	1.1	<i>Anarhicas lupus</i>	2	1.9
<i>Atylus nordlandicus</i>	5	0.5	<i>Pholis gunellus</i>	1	1.4
<i>Ampelisca eschrichti</i>	318	68.7	Lumpenidae	23	48.4
<i>Ampelisca macrocephala</i>	5	0.4	<i>Lumpenus lamprætaeformis</i>	4	19.2
<i>Byblis gaimardi</i>	72	6.4	<i>Leptoclinus maculatus</i>	3	9.6
<i>Haploops setosa</i>	15	3.0	<i>Lycodes sp.</i>	19	460.6
<i>Gammarus locusta</i>	125	8.3	<i>Sebastes marinus</i>	2	39.3
<i>Gammarus wilkitzki</i>	2	0.8	Cottidae	6	14.6
<i>Melphidippa goesi</i>	1	0.1	<i>Arctiellus atlanticus</i>	6	35.3
<i>Ceradocus torelli</i>	36	37.1	Pleuronectiformes	18	34.9
<i>Maera loveni</i>	3	1.6	<i>Hippoglossoides platesoides</i>	5	42.4
<i>Melita dentata</i>	2	0.4	<i>Limanda limanda</i>	2	27.0
<i>Protomedeia fasciata</i>	28	1.3	Samtals	11949	7883.2

1. tafla. Tegundir sem fundust í magasýnum tindaskötu. Heildarfjöldi og þyngd (P) dýra, í grömmum, í hverjum hóp er sýnd. Hópunum er raðað eftir flokkun í fylkingar og ættbálka. Nýjar tegundir fyrir Ísland eru stjörnumerktar.



1. mynd. Fæðusamsetning tindaskötu. Vægi helstu fæðuhópa í mars, júlí og alls eftir fjölda fæðudýra (efri mynd) og þyngd þeirra (neðri mynd).

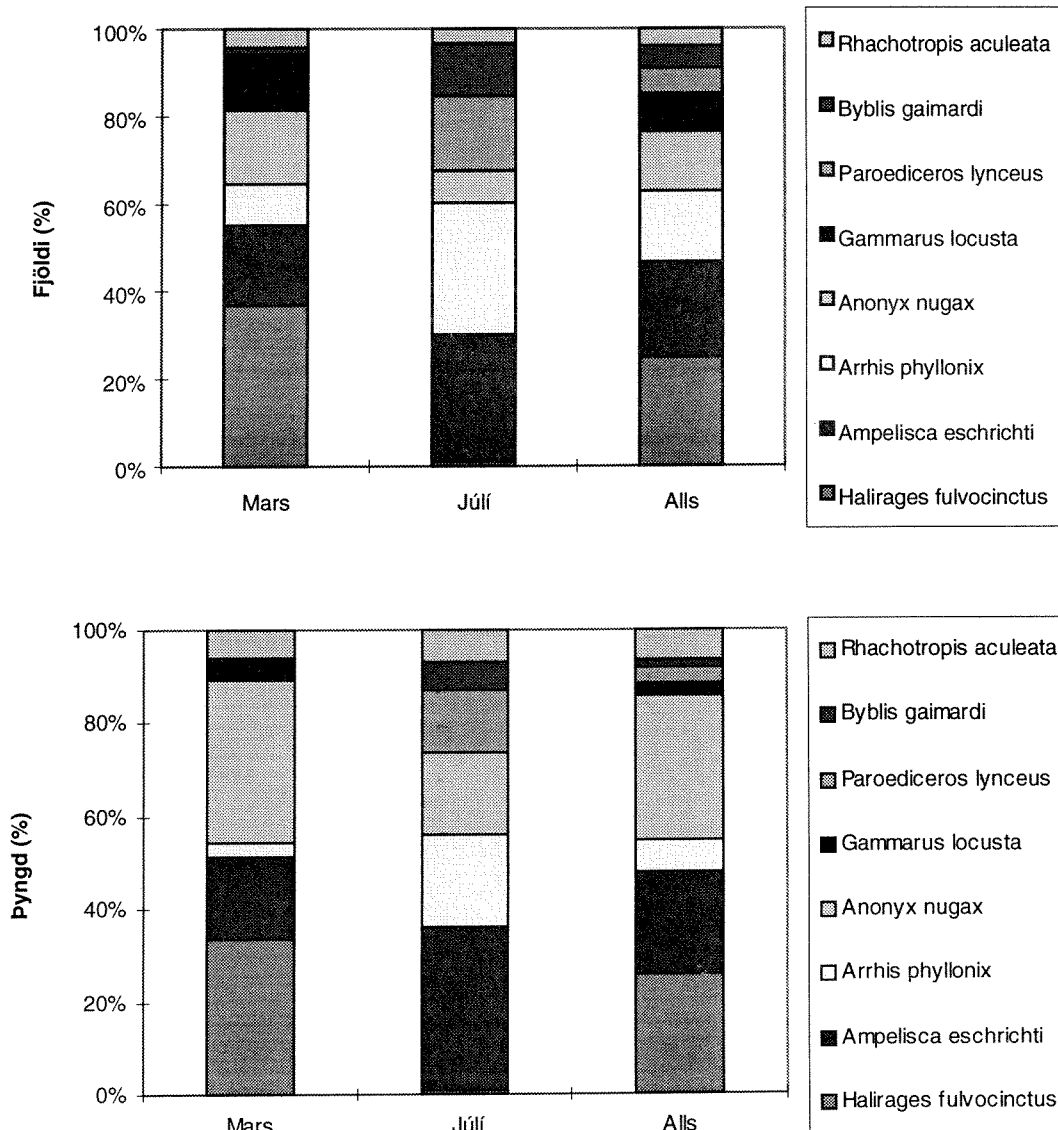
Marflær voru algengasti fæðuhópurinn með 47% af heildarfjölda fæðueininga. Af 11949 greindum fæðueiningum voru 5603 marflær. Þrátt fyrir þennan fjölda voru þær aðeins um 10% af heildarþunganum, þ.e. 786.5 g af þeim 7883.2 g sem var heildarþungi fæðu. Marflær voru að auki 43 þeirra 111 fæðuhópa sem fundust í mögunum og þar var mest af botnlægum marflóm (Gammaridea).

Alls voru 1625 dýr úr magasýnunum greind til tegunda, og voru 1457 þeirra af 8 tegundum marflóa, en alls greindust 40 tegundir marflóa í skötumögnum. 2. mynd sýnir tegundasamsetningu marflóa í mögunum eftir fjölda og þyngd.

Halirages fulvocinctus er algengasta marflóartegundin hvað varðar fjölda, og önnur í röðinni hvað varðar þyngd. Hún fannst allt í kringum landið. Kvendýr með eggjum fundust bæði í mars og í júlí. Það sama á við um *Ampelisca eschrichti* sem var önnur í röðinni hvað varðar fjölda og þriðja í þyngd. *Arrhis phyllonix* var þriðja algengasta tegundin, en hlutur hennar í þyngdinni var lítill vegna þess hve smávaxin tegundin er. *A. phyllonix* fannst ekki fyrir sunnan land. Þessi tegund er um 1 cm á lengd en þær tvær sem áður voru nefndar eru hins vegar um 2 cm á lengd að meðaltali. *Anonyx nugax* vóg mest marflóa í skötumögum. Hún getur orðið 4 cm á lengd og um 1 g að þyngd. *A. nugax* fannst í mögum allt umhverfis landið nema úti fyrir Suðvesturlandi. Þar var *Anonyx lilljeborgi* algengust á dýpra vatni, en *Anonyx sarsi* á grunnslóð. Stærsta marflóin sem fannst var *Ceradocus torelli*, um 5 cm á lengd og um 2 g að þyngd. Hún var fjórða í röðinni hvað varðar þyngd, en hún fannst einungis í köldum sjó

fyrir norðan. *Rhachotropis aculeata*, *Byblis gaimardi* og *Paroedicerus lynceus*, fundust einnig fyrir norðan en *Gammarus locusta* fannst fyrir sunnan. *Gammarus locusta* lifir í fjörunni á sumrin en færir sig út á dýpra vatn á veturna, það kom því ekki á óvart að hún fannst eingöngu í tindaskötumögum í mars.

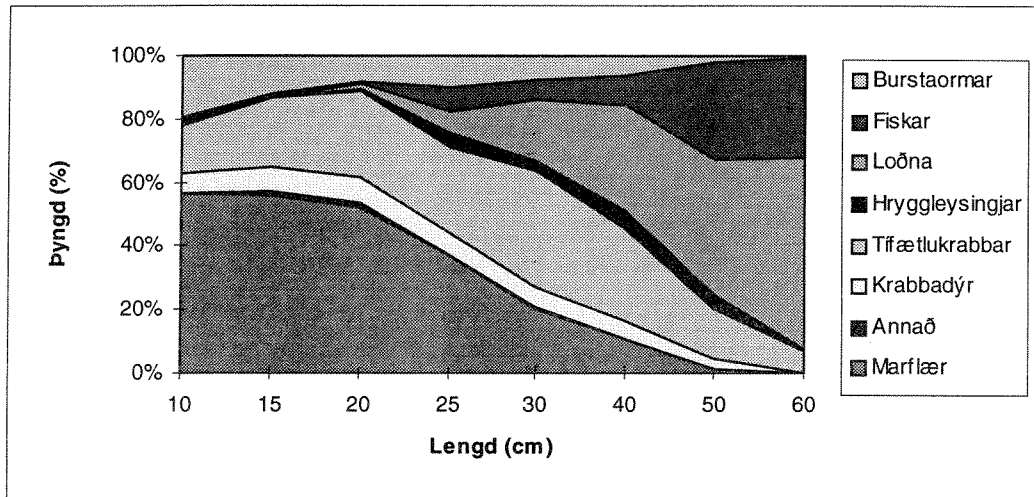
Vert er að geta þess að af 40 tegundum marflóa sem fundust í rannsókn þessari, eru 3 tegundir nýjar í dýraríki Íslands. Fyrst ber að nefna *Anonyx compactus* Gurjanova, 1962, sem er af ætt Lysianassidae sem finnst í Norðvestur Atlantshafi, frá Hudson Bay og Foxe Basin til Grand Banks (Steele og Brunel 1968). Hún fannst hér í fyrsta skipti á þremur stöðum vestur af Íslandi. Næst er *Hippomedon denticulatus* (Bate 1857), sem er einnig af ætt Lysianassidae og er algeng við strendur Evrópu, en fannst nú hér í fyrsta sinn austur af Íslandi. Þriðja nýfundna tegundin er *Siphonoecetes pallidus* Sars, 1895, sem er af ætt Corophidae og hefur hingað til aðallega fundist á 100-300 m dýpi vestur af Noregi, en hún fannst nú vestur af Íslandi.



2. mynd. Marflær í maga tindaskötu. Tíðni (%) helstu tegunda eftir fjölda dýra (efri mynd) og þyngd þeirra (neðri mynd) af heild marflóa.

Fæðusamsetning eftir lengdarflokkum, árstíma og svæðum

Ungar tindaskötur átu aðallega krabbadýr, en með aldri og stærð jókst hlutfall fiska í maga. Á 3. mynd sést að tindaskata, sem er minni en 25 cm á lengd, étur aðallega marflær, tífatlukrabba, önnur krabbadýr og burstaorma. Með aukinni stærð breytist mataræðið, fiskibráðin eykst og einnig át á tífatlukröbbum, en mikilvægi marflóa minnkar. Kynþroska tindaskötur, sem eru stærri en 40 cm á lengd, éta fiska í vaxandi mæli með aukinni stærð. Við 40 cm lengd eru fiskar um 50% af þunga magainnihaldsins, en vex í um 90% þunga við 60 cm lengd. Burstaormar voru í fæðu tindaskötu af öllum stærðarflokkum en í litlu magni, og minnkaði hlutur þeirra smám saman með aukinni stærð skötunnar.



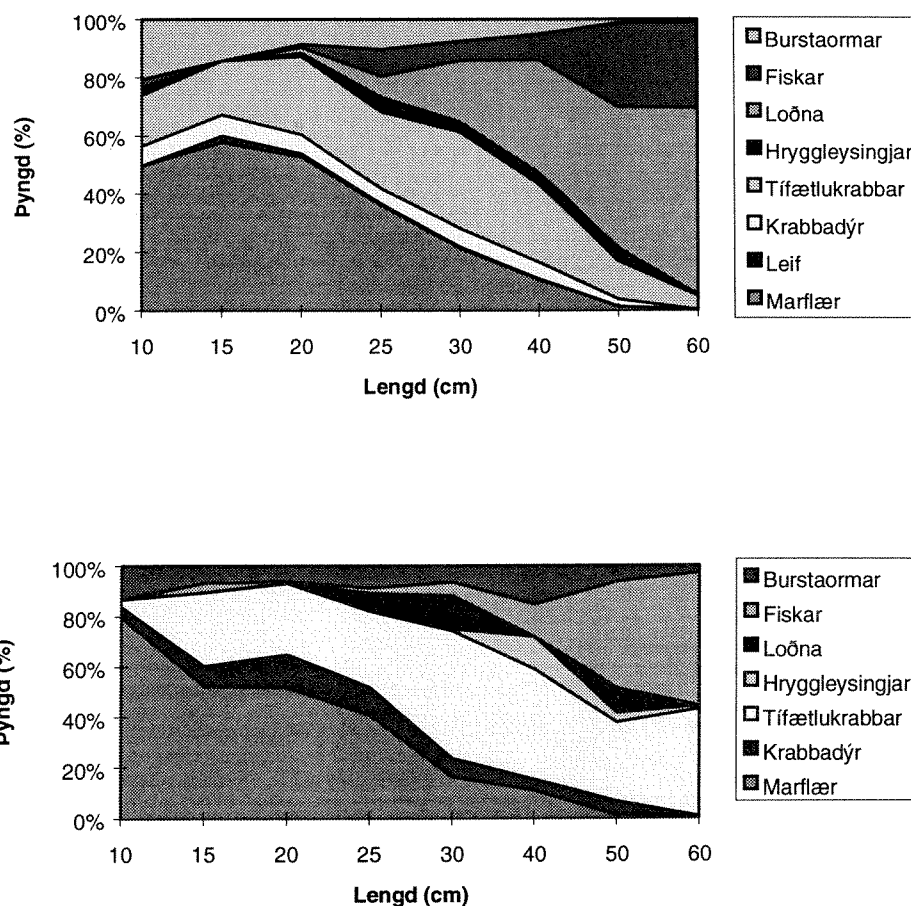
3. mynd. Heildarsamsetning ætis sem hlutfall af þyngd magainnihalds (%) eftir lengd tindaskötunnar.

Stærð bráðar stækkar með stærð tindaskötunnar eins og sést glögglega á stærð loðnu í maga hennar. Rækja sem finnst í stórum tindaskötum er að meðaltali stærri en sú sem finnst í litlum skötum. Það sama á einnig við um aðra tífatlukrabba. Undantekning er þó á þeirri meginreglu stærðar bráðar og skötu, því smáar tegundir krabbadýra s.s. ljósáta er étin af skötum í öllum stærðarflokkum. Stórar tegundir af marflóm eins og *Ceradocus torelli* og *Anonyx nugax* eru frekar étnar af stórum tindaskötum, en litlar tegundir eins og t.d. *Arrhis phyllonix* eru frekar étnar af litlum skötum.

Greinilegur munur var á fæðu tindaskötunnar eftir árstímum (4. mynd). Hún át meira af fiski í mars en í júlí, þegar át krabbadýra, aðallega tífatlukrabba er mun meira. Rækja (*P. borealis*) var mest étin við Norðurland sem fellur saman við meginútbreiðslusvæði hennar. Sama má segja um aðra tífatlukrabba t.d. *Sclerocrangon ferox*. Rækjan var einnig étin meira um sumarið en um veturinn, sennilega vegna þess hve lítið framboð var af loðnu þá. Þetta kemur heim og saman við, að mikið var af loðnu á hrygningarslóð fyrir Suðvesturlandi í mars, en í júlí var loðnan horfin. Samfara þessu jókst hlutdeild krabbadýra og annarra fisktegunda í fæðunni. Tindaskatan virðist þá einnig hafa fært sig á gynnri svæði og aukið át á öðrum hryggleysingjum. Bustaormar eru étnir í auknum mæli þegar lítið er um fisk. Ljósátutegundin *Thysanoessa raschii* er algengari nær ströndinni en *Meganyctiphanes norvegica*, og fannst einungis í mögum tindaskötunnar um sumarið. Tífatlukrabbar eins og litli trjónukrabbi (*Hyas coarctatus*) fundust einnig aðallega í sumarsýnunum.

Samsetning fæðunnar var mismunandi eftir svæðum, og eins var mismunur eftir árstímum í samsetningunni. Sú fæðugerð sem var mikilvægust hvað varðar þyngd, loðna, var helmingi algengari fyrir sunnan og vestan land en á öðrum svæðum við landið í mars. Í júlí voru aðrir fiskar, rækja og tífatlukrabbar, aðallega litli trjónukrabbi og einbúakrabbi (*Pagurus spp.*) aðalfæðan í stað loðnunnar. Mjórar (*Lycodes spp.*) fundust úti fyrir Norðurlandi en ekki í

sýnum sem tekin voru við suðurströndina. Humar (*Nephrops norvegicus*) og sundkrabbi (*Macropipus holsatus*) fundust fyrir sunnan en ekki fyrir norðan land.



4. mynd. Samsetning ætis sem hlutfall af þyngd magainnihalds í mars (efri mynd) og júlí (neðri mynd) eftir lengd tindaskötu.

Umræður

Tindaskatan virðist tækifærissinnað botnlægt rándýr, nema hvað hún forðast dýr með harðri skel s.s. snigla, samlokur og skrápdyr. Fullvaxta skötur velja iðulega stærri tegundir krabbadýra sér til matar, en yngri fiskar velja sér minni tegundirnar. Návist steina og sjávargróðurs í nokkrum mögum er álitid tilfallandi tilvik, sennilega vegna áts á fiskum þeim tengdum. Fæðunám fullvaxta tindaskötu beinist að ýmsum tegundum smárra fiska allt eftir framboði. Tindaskata velur sér helst lifandi bráð ef mögulegt er, þ.e. hún hafnar fiskúrgangi. Karfi (*Sebastes marinus*) er nánast ekki til staðar sem bráð í rannsókninni. Við Vestur Grænland er hann hins vegar helsta fiskibráð tindaskötunnar (Pedersen 1995). Á ofveiddum svæðum við Vestur Grænland eru smáir einstaklingar þessarar tegundar oft tiltækir botnverum, þar sem honum er fleygt af rækjuveiðimönnum. Tindaskatan hefur einstaka sinnum fundist í mögum annarra fiska á Íslandsmiðum og sama gildir um pétursskipin. Cox og Koob (1993) vöktu athygli á egghylki (pétursskipi) þar sem snigillinn *Buccinum undatum* hafði borað sig inn úr skelinni, en í þessari rannsókn hefur hann einungis fundist sem magainnihald skötu. Áhrif skötunnar á vistkerfið eru því aðallega sem rándýr.

Fæða tindaskötunnar lýsir dreifingu dýraríkisins almennt og virðist undirstrika hentistefnu hennar í fæðusöfnun. Mjórategundir (*Lycodes* spp.) sjást helst í sýnum úr köldum sjónum fyrir norðaustan. En mjórar eru norðlægur hópur botnfiska (*Whitehead o.fl.* 1984). Sama má segja um krabbadýr. Rækjan er t.d. fyrst og fremst tekin fyrir norðan land þar sem aðalútbreiðslusvæði hennar er, eins og *Sclerocrangon ferox*. Humarinn og sundkrabbinn eru teknir fyrir sunnan land á útbreiðslusvæði þeirra. Að auki eru rækjur og aðrir tífætlukrabbar einnig mikilvægt æti tindaskötunnar, sérstaklega að sumri til þegar lítið er um loðnu. Helstu uppsjávartegundirnar í þessari rannsókn voru hugsanlega veiddar við botninn. Loðna fannst aðallega í tindaskötum fyrir sunnan og vestan lands í marsmánuði, þar sem hún var sennilega við hrygningu við botn (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Loðnan sem étin var við Suður- og Vesturland í mars virtist í þessari rannsókn hafa verið étin lifandi því hún var gjarnan mjög heilleg. Síli (*Ammodytidae*) voru líklega veidd grafin í sandbotninn. Tindaskatan ténir ýmis smádyr, s.s. marflær, af botninum, en þegar um er að ræða stærri og hreyfanlegri dýr, s.s. loðnu eða rækju, leggst hún yfir bráðina og lokar hana inni undir börðunum uns hún nær að bíta. Tindaskatan er því ósérhæft rándýr sem nærast við botninn, á hreyfanlegum grunnsjávartegundum og krabbadýrum.

Niðurstöður þessarar rannsóknar samsvara að miklu leyti þeim sem gerðar hafa verið í Vestur-Atlantshafi (McEachran o.fl. 1976), Norðvestur-Atlantshafi (Templeman 1982b), Norðursjónum (Vinther 1989) og Barentshafi (Antipova og Nikiforova 1990) þar sem fullorðnar skötur nærast aðallega á loðnu og sílum, marflóm, tífætlukröbbum og öðrum hópum. Þó virðist karfi og smáir þorskar koma í stað loðnu og síla sumstaðar í Barentshafi og Noregshafi (Berestovskiy 1989). Í Norðursjó virðast síli vera aðalætið (Sparholt og Vinther 1991), en nýlega virðist tindaskatan þar þó hafa snúið sér að ungum fiskum af þorskaætt sem aðalæti (Daan o.fl. 1993). Við Vestur-Grænland er karfi aðalfiskbráðin (Pedersen 1995). Þessi munur á tegundum fiskbráðar lýsir mismunandi landfræðilegri dreifingu fæðutegundanna, en getur hugsanlega einnig endurspeglad breytingar í magni á þessu svæði vegna ofveiði.

Daglegt át tindaskötu var 1% af líkamsþunga í tilraunum Chinarina og Troshicheva (1980). Almennt er áætlað að ætispörf fiska (Margalef 1974) sé um 10-20 kcal/kg á dag, sem svarar til 1-2% af líkamsþunga samkvæmt mælingum á orkuinnihaldi krabbadýra (Kulka og Corey 1982) og fiska. Því má áætla að innihald í skötumögum sem hér reyndist vera 0.3% af þunga skötunnar sé um 1/3 af dagsáti. Meðalstór tindaskata (45cm, 1 kg) étur því á ári hverju 3.7 kg af fæðudýrum, þar sem ríflega helmingur er uppsjávardýr, aðallega loðna, rækja, síli og ljósáta og tæplega helmingur er af botni, aðallega smár fiskur, krabbadýr og tífætlukrabbar.

Tindaskatan er langalgengasti brjóskfiskurinn (*Elasmobranchii*) á Íslandsmiðum, og þessi rannsókn bendir til að hún sé ósérhæfður ránfiskur við botn. Hún hefur því talsverð áhrif á dýraríkið. Geta ber þó að fylgni fannst ekki milli fjölda tómrá maga, svæða, árstíma eða tíma sólarhringsins. Flokkun maga eftir lengdarflokkum gæti hafa komið í veg fyrir að þetta samband myndist, þar sem ekki er vitað hvort einn maganna var nærri fullur og hinir nærri tómir eða öfugt. Eða hvort fimm margar í lengdarflokknum 40-49 cm væru úr kynþroska einstaklingum eða ókynþroska. Til að fá betri mynd af fæðu skötunnar vantar sýni af grynri svæðum en hér var safnað á. Einnig þarf að safna magasýnum markvissar og aðgreina magasýni úr einstaklingum. Þau gögn vantar og rannsóknir á tengslunum milli aldurs og lengdar. Einnig væri vert að rannsaka sérstaklega botndýr á þeim stöðum sem sýnataka fer fram til að geta metið fæðuval tindaskötunnar og áhrif hennar á lífríki hafsins, þar sem stofnstærð hennar er óþekkt.

Heimildir

- Antipova, T., T. Nikiforova, 1990. The food habits of the Barents Sea thorny skate. Í: *Food resources and food relationships of North Atlantic fishes*. USSR: 167-172
- Berestovskiy, E., 1989. Feeding in the skates, *Raja radiata* and *Raja fyllae*, in the Barents and Norwegian Seas. J. Ichthyol. 29(8): 88-96.
- Berestovskiy, E., 1994. Reproductive biology of skates of the family Rajidae in the seas of the far north. J. Ichthyol., 34(6): 26-37.
- Bjarni Sæmundsson, 1926. Fiskarnir (Pisces Islandiae). Íslensk dýr, 528 s.
- Chinarina, A., N. Troshicheva, 1980. Feeding and feeding behavior of the skate *Raja radiata* Donovan under experimental conditions. Tr. Murman. Biol. 19: 65-74.
- Cox, D., T. Koob, 1993. Predation on elasmobranch eggs. Environmental Biology of Fishes. 38: 117-125.
- Daan, N., B. Johnson, J. Larsen, H. Sparholt, 1993. Analysis of the ray (*Raja spec.*) samples collected during the 1991 International Stomach Sampling Project. ICES C.M/G-15: 1-17.
- Greenwood, P., R. Miles, C. Patterson, 1973. Interrelationships of Fishes. Suppl.no. 1 Zoological Journal of the Linnean Society. London, vol. 53: 536 s.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Rit Fiskideildar, 13 (1): 1-281 s.
- Kjartan Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1989. On the trophic ecological relationships of Iceland cod. Rapp.P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 188: 185-205.
- Kjartan Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1991. Predator-prey interactions of cod and capelin in Icelandic waters. ICES mar. Sci. Symp., 193: 153-170.
- Kulka, D., S. Corey, 1982. Length and weight relationships of Euphausiids and caloric values of *Meganyctiphanes norvegica* (M.Sars) in the Bay of Fundy. Journal of Crustacean Biology, 2(2): 239-247.
- Last, P., J. Stevens, 1994. Sharks and Rays of Australia. CSIRO, Div. of Fisheries, Australia: 517 s. & 84 pl.
- Margalef, R., 1974. Ecología. Edit. Omega S.A., Barcelona: 966 s.
- McEachran, J., D. Boesch, J. Musick, 1976. Food division within two sympatric species-pairs of skates (Pisces: Rajidae). Marine Biology 35: 301-317.
- Nelson, J., 1984. Fishes of the world. John Wiley, Sons Inc. 2nd ed. USA: 523 s.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit fiskdeildar, 7(1): 1-60 s.
- Pedersen, S., 1995. Feeding habits of starry ray (*Raja radiata*) in West Greenland waters. ICES J. mar. Sci., 52: 43-53.
- Shtemann, M, N. Parin, 1994. The deepest occurrence of the thorny skate *Raja radiata* in the Northeastern Norwegian Sea. J. Ichthyol., 34(2): 280-283.
- Sparholt, H., M Vinther, 1991. The biomass of starry ray *Raja radiata* in the North Sea. J. Cons. CIEM, 47(3): 295-302.
- Steele, D., P. Brunel, 1968. Amphipoda of the Atlantic and Arctic Coasts of North America: *Anonyx* (Lysianassidae). J. Fish. Res. Bd. Canada, 25(5): 943-1060.
- Templeman, W., 1982(a). Development, occurrence and characteristics of egg capsules of the thorny skate, *Raja radiata*, in the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 3: 47-56.
- Templeman, W., 1982(b). Stomach contents of the thorny skate, *Raja radiata*, from the Northwest Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 3: 123-126.
- Templeman, W., 1984. Migrations of thorny skate, *Raja radiata*, tagged in the Newfoundland area. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 5: 55-63.
- Vinther, M, 1989. The biology of the starry ray (*Raja radiata* Donovan) in the North Sea. MS thesis. The Danish Institute for Fisheries and Marine Research.
- Whitehead, P., M. Bauchot, J. Hureau, J. Nielsen, E. Tortonese. (ritstj.), 1984. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Unesco vol. 1: 510 s.

Fæða hrognkelsaseiða (*Cyclopterus lumpus* L.) í fljótandi þangi og fjöru

Bjarni Kr. Kristjánsson.

Líffræðistofnun Háskólans

Ágrip

Magainnihald var athugað í hrognkelsaseiðum úr flotþangi og úr fjöru. Í flotþangi var mögulegt að bera saman hlutföll fæðuhópa í maga seiðanna og í umhverfinu og leggja dóm á val þeirra á fæðu. Seiðunum var skipt upp í 6 lengdarflokka. Í minnsta flokknum voru seiði <8 mm sem enn höfðu ekki hafið fæðunám eða voru nýbyrjuð að taka til sín fæðu. Í stærsta flokknum voru seiði >25 mm sem eru líklegast á öðru sumri. Í ljós kom að smáar fæðutegundir s.s. áttfætlumaurar (Acarina) og botnlægar krabbaflær (Harpacticoida) voru ríkjandi í fæðu stærri seiða. Í fæðu stærri seiða voru stærri fæðutegundir s.s. marflær (Amphipoda), þanglýs (Isopoda) og lítil hrognkelsaseiði í mestum mæli. Seiði voru oftast með fæðu í maga í fjöru heldur en í flotþangi. Hrognkelsaseiði festa sig á þang í fjöru og á floti með sogskál. Þau éta svo dýr sem eru á ferli á og á milli greina þangsins. Í flotþangi virðast þau lítið sækja út fyrir flotþangsbrúskinn til fæðuöflunnar.

Inngangur

Hrognkelsi (*Cyclopterus lumpus* L.) finnst um allt norðanvert Atlantshaf, jafnt austan hafs sem vestan (Gunnar Jónsson 1992). Það er mikilvægur nytjafiskur á Íslandsmiðum. Rannsóknir Martin og Clarke (1986) sýna að það er einnig mikilvægt í fæðu búrhvals (*Physeter macrocephalus*) við Ísland.

Lítið er vitað um vistfræði hrognkelsa. Sérstaklega lítið er vitað um vistfræði hrognkelsaseiða, þó hefur fæða þeirra nokkrum sinnum verið athuguð. Moring (1989) athugaði fæðu 150 seiða á lengdarbilinu 9-50 mm, sem veidd voru í fjöru nærri Winter Harbor, Maine, í júlí 1986. Marflær (Amphipoda) voru meginuppistaðan í fæðu seiðanna og fundust í 69% þeirra. Einnig fundust krabbaflær (Copepoda), þanglýs (Isopoda), áttfætlumaurar (Acarina), pungrækjur (Cumacea) og nokkrir aðrir hópar. Matthías Eydal og Karl Skírnisson (1976) athuguðu fæðu 45 hrognkelsaseiða í fjöru á Seltjarnarnesi í byrjun nóvember 1976. Voru seiðin á lengdarbilinu 19-61 mm. Algengasti fæðuhópurinn voru marflær, botnkrabbaflær (Harpacticoida) og þanglýs. Daborn og Gregory (1982) athuguðu fæðu seiða (<55 mm) í uppsjó. Þau voru veidd í Fundy flóa, Kanada, haustið 1979. Í smæstu seiðunum, <7 mm, fannst engin fæða og virtust þau enn lifa á guluförða. Hjá öðrum seiðum <25 mm voru krabbaflær og marflóin *Calliopius laeveusculum* ríkjandi í fæðunni, en hjá seiðum >25 mm voru það marflóin *Parathemisto gaudichaudi*, krabbalirfur, þanglýs, burstaormar (Polychaeta) og skordýr.

Tully og O'Ceidigh (1989) athuguðu fæðu 31 seiðis (10-35 mm) frá Galway flóa, Írlandi. Í fæðu seiðanna voru krabbalirfur, krabbaflær, þanglýs og marflær af ættkvíslinni *Gammarus* ríkjandi. Seiði <20 mm virtust sækja í botnkrabbaflær en seiði >20 mm í krabbalirfur og þanglýs. Stærri seiðin virtust einnig vera með fyllri maga og éta stærri fæðuagnir. Bjarni Kr. Kristjánsson (1994) athugaði fæðu 60 hrognkelsaseiða úr tilraunarflotþangsbrúskum. Marflær, krabbaflær og áttfætlumaurar voru ríkjandi í fæðunni. Áttfætlumaurar fundust aðeins í seiðum <18 mm, en aðrir fæðuhópar virtust jafn áberandi hjá hinum ýmsu stærðarflokkum seiða.

Til að auka vitneskju um fæðu hrognkelsaseiða, sérstaklega við Ísland, var farið út í þá rannsókn sem hér er greint frá, en hún er hluti af 4. árs rannsóknarverkefni höfundar.

Aðferðir

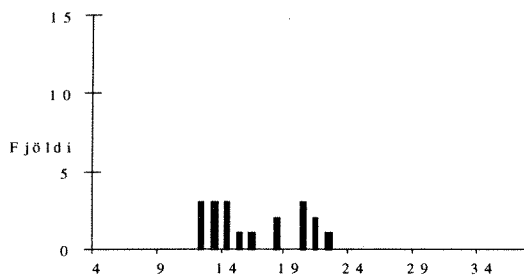
Magainnihald hrognkelsaseiða úr flotþangi og úr fjöru var athugað. Seiðin í flotþanginu voru fengin í þremur ferðum um Faxaflóa, 26. maí, 7. júlí og 6. ágúst 1993.

Þangið var veitt með háf og varðveitt í formalíni. Það var síðan skolað í gegnum 0,5 mm sigti og öll dýr greind til hóps eða tegundar og einstaklingar taldir. Seiðum úr fjöru var safnað með háfi úr fjörupollum við Gróttu á Seltjarnarnesi 26.-27. júlí og 26. september 1994. Öll seiði voru lengdarmæld, og fæða í maga athuguð. Fæðan var greind til hóps eða tegundar og einstaklingar taldir. Magainnihaldi seiðanna var skipt í 9 fæðuhópa: sviflirfur, svifkrabbaflær (Calanoida), botnkrabbaflær, marflær, þanglús hrognkelsaseiði, lindýr (Mollusca), áttfætlumaura og „annað”. Í hverju seiði var svo hlutfall fæðuhópa eftir fjölda einstaklinga reiknað. Til nánari athugunar voru eingöngu notuð þau seiði sem höfðu fæðu í maga. Vegna þess hve fá seiði voru með fæðu í maga 26. maí er seiðum úr þeirri ferð sleppt. Hrognkelsaseiðin voru 5-43 mm að lengd og var þeim skipt í 6 lengdarhópa (<8, 9-12, 13-15, 16-18, 19-20, 21-24 og >25 mm). Meðalhlutfall hvers fæðuhóps var reiknað fyrir hvern lengdarhóp. Reynt var að leggja mat á sækni seiða úr Faxaflóa í einstaka fæðuhópa. Þetta var gert með því að bera saman fyrir hvern lengdarhóp meðalhlutfall fæðuhópa í flotþangi og í mögum. Ef marktækur munur kom fram með Wilcoxon prófi var um eitt af þrennu að ræða; mikla sækni, þegar meðaltal fæðuhópa var hærra í mögum en í umhverfi; litla, þegar meðaltalið var lægra í mögum en í umhverfi eða enga sækni í fæðuhópinn þegar seiðin átu ekki hópinn.

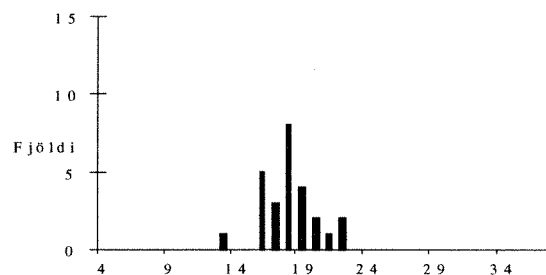
Seiði úr fjörupollum við Gróttu á Seltjarnarnesi

Seiðin sem veidd voru 26.-27. júlí voru frekar einsleit að stærð 13-24 mm (1. mynd). Seiðin 26. september voru líka einsleit í stærð 12-22 mm (2. mynd).

Í júlí voru öll seiðin með fæðu og höfðu þau étið botnkrabbaflær, þanglús, áttfætlumaura og marflær. Í september höfðu seiðin öll utan eitt fæðu í maga og var hún úr öllum fæðuhópum (sem skilgreindir voru hér að ofan) utan hrognkelsaseiði.

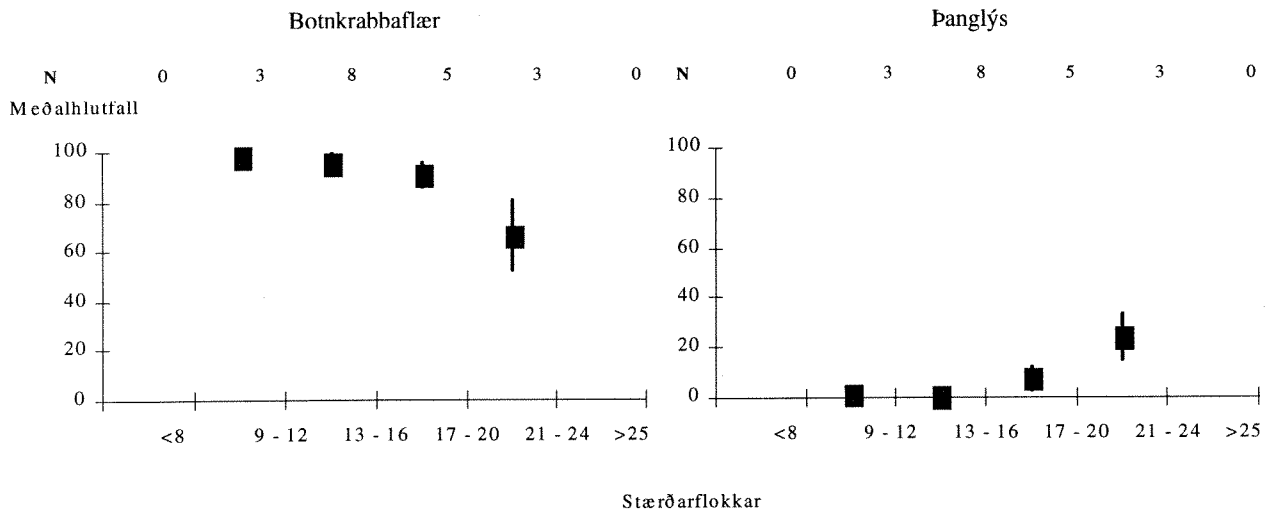


1. mynd. Lengdardeifing hrognkelsaseiða. Seiðunum var safnað í fjöru við Gróttu á Seltjarnarnesi 26. og 27. júlí 1994.

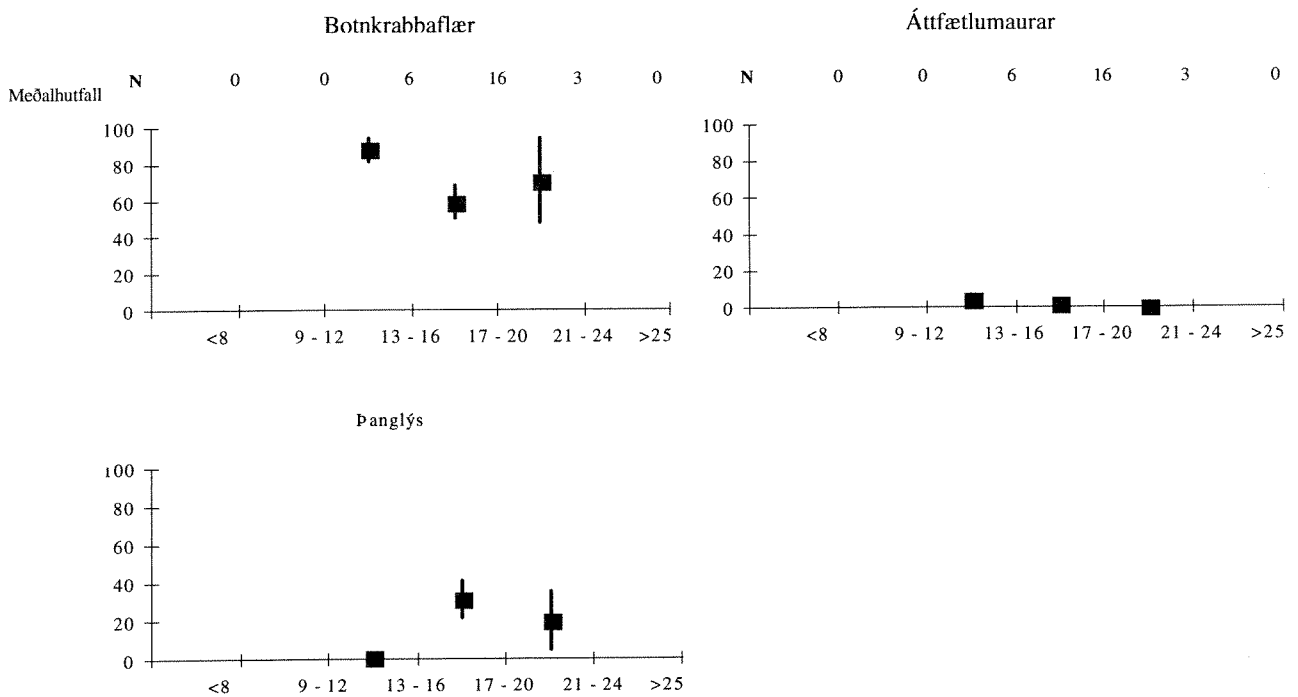


2. mynd. Lengdardreifing hrognkelsaseiða. Seiðunum var safnað í fjöru við gróttu á Seltjarnarnesi 26. september 1994.

Þegar meðalhlutfall fæðuflokkanna var borið saman milli lengdarhópa hjá seiðunum í júlí kom í ljós að botnkrabbaflær voru algengasti hópinn í smáum seiðum, en þanglús í stærri seiðunum (3. mynd). Marflær og áttfætlumaurar voru fremur sjaldgæf. Í september var um það sama að ræða (4. mynd). Í júlí reyndist marktæk fylgni með Spearman fylgniprófi milli meðalhlutfalls fæðuhópa og lengdar fyrir botnkrabbaflær ($r = -0,676$; $N=19$; $P<0,01$); og þanglús ($r = 0,634$; $N=19$; $P<0,01$). Í september reyndist sambandið marktækt hjá þanglúsum ($r = 0,672$; $N=25$; $P<0,01$) og áttfætlumaurum ($r = -0,442$; $N=25$; $P<0,05$).



3. mynd. Meðalhutfall helstu fæðugerða hrognkelsaseiða í mismunandi lengdarflokkum ásamt staðalskekkju. Aðeins voru notuð seiði með fæðu í maga við úrvinnslu. Seiðin fengust við Gróttu á Seltjarnarnesi 26.-27. júlí 1994. N sýnir fjölda einstaklinga í hverjum lengdarhóp.

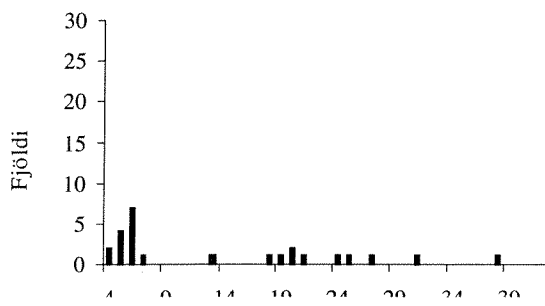


4. mynd. Meðalhutfall helstu fæðugerða hrognkelsaseiða í mismunandi lengdarflokkum, ásamt staðalskekkju. Aðeins voru notuð seiði með fæðu í maga við úrvinnslu. Seiðin eru fengin við Gróttu á Seltjarnarnesi 26. september 1994. N sýnir fjölda einstaklinga í hverjum lengdarhóp.

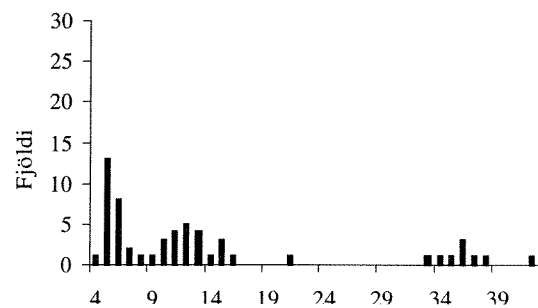
Seiði úr flotþangi í Faxaflóa 1993

Alls fengust 25 seiði hinn 26. maí, 52 seiði 7. júlí og 162 seiði 6. ágúst. Seiðin í maí voru 5-38 mm (5. mynd). Flest voru þau í minnsta stærðarflokki (<8 mm) en örfá seiði voru í hinum stærðarflokkunum. Aðeins 11 seiði (44%) reyndust hafa fæðu í maga. Seiðin í júlí voru 5-43 mm (6. mynd). Seiði með fæðu í maga voru 27 (52%). Var það algengara hjá smáum seiðum en stærri að vera með tóman maga. Seiðin í ágúst voru 5-29 mm (7. mynd). Af þeim reyndust 77 (48%) með fæðu.

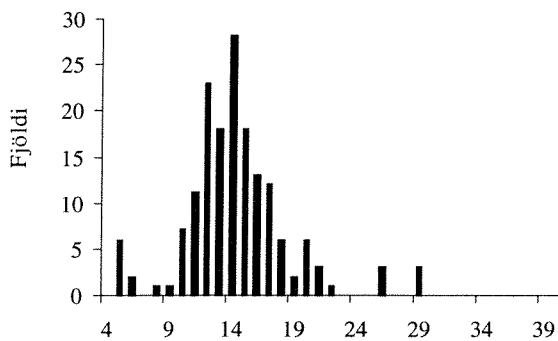
Í júlí voru áttfætlumaurar og krabbaflær algengustu flokkarnir í mögum smærri seiðanna, en marflær og hrognkelsaseiði hjá þeim stærri (8. mynd). Í ljós kom marktæk fylgni milli stærðar seiðanna og meðalhluftfalls marflóa ($r=0,643$; $N=27$; $P<0,01$), og hrognkelsaseiða ($r=0,770$; $N=27$; $P<0,01$) og áttfætlumaura ($r=-0,426$; $N=27$; $P<0,1$).



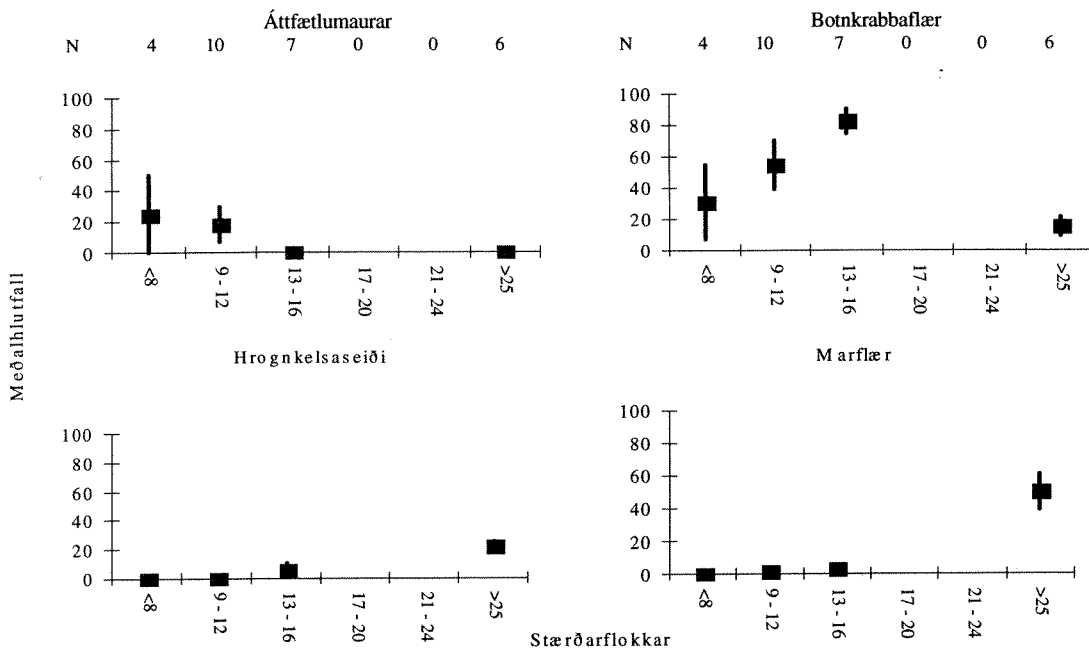
5. mynd. Lengdardreifing hrognkelsaseiða. Seiðunum var safnað af flotþangi í Faxaflóa 26. maí 1993.



6. mynd. Lengdardreifing hrognkelsaseiða. Seiðunum var safnað af flotþangi í Faxaflóa 7. júlí 1993.

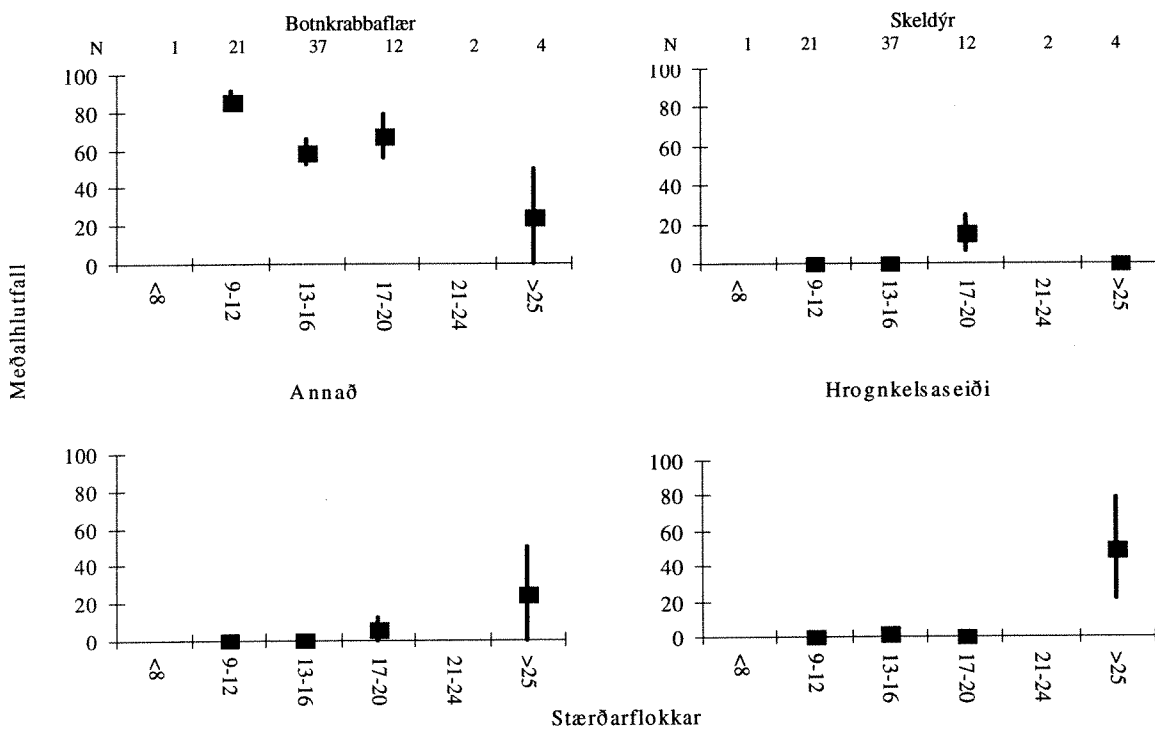


7. mynd. Lengdardreifing hrognkelsaseiða. Seiðunum var safnað af flotþangi í Faxaflóa 6. ágúst 1993.



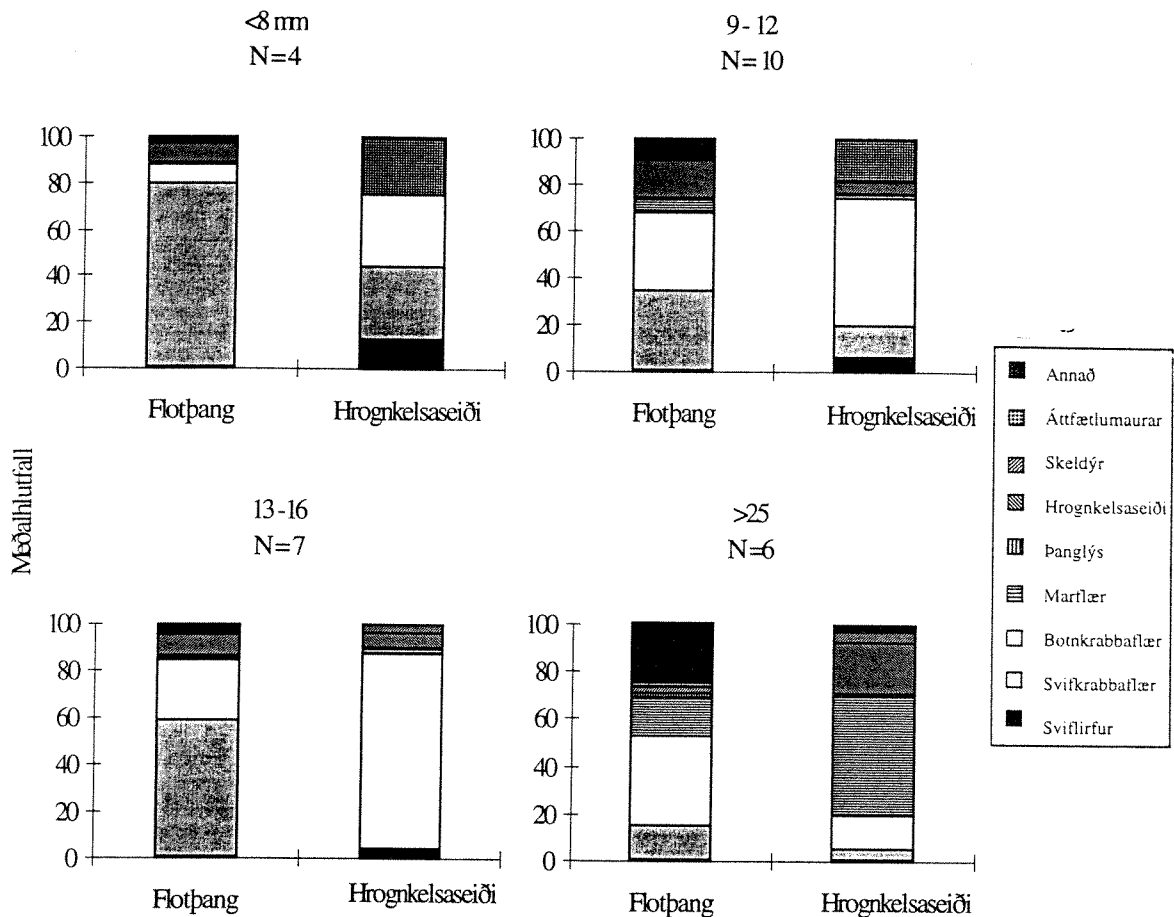
8. mynd. Meðalhluutfall helstu fæðugerða hrognkelsaseiða í mismunandi lengdarflokkum, ásamt staðalskekkju. Aðeins voru notuð seiði með fæðu í maga við úrvinnslu. Seiðunum var safnað af fljótandi þangi í Faxaflóa 7. júlí 1993. N sýnir fjölda einstakling innan hvers lengdarhóps.

Í ágúst voru botnkrabbaflær algengasti fæðuflokkurinn hjá minnstu seiðunum, en hrognkelsaseiði og „annað“ hjá þeim stærri (9. mynd). Marktæk fylgni var milli stærð seiða og meðalhluutfalls botnkrabbaflóa ($r=0,222$; $N=77$; $P<0,05$), skeldýra ($r=0,307$; $N=77$; $P<0,01$) og hrognkelsaseiða ($r=0,259$; $N=77$; $P<0,05$).



9. mynd. Meðalhluutfall helstu fæðugerða hrognkelsaseiða í mismunandi lengdarflokkum, ásamt staðalskekkju. Aðeins voru notuð seiði með fæðu í maga við úrvinnslu. Seiðunum var safnað af fljótandi þangi í Faxaflóa 6. ágúst 1993.

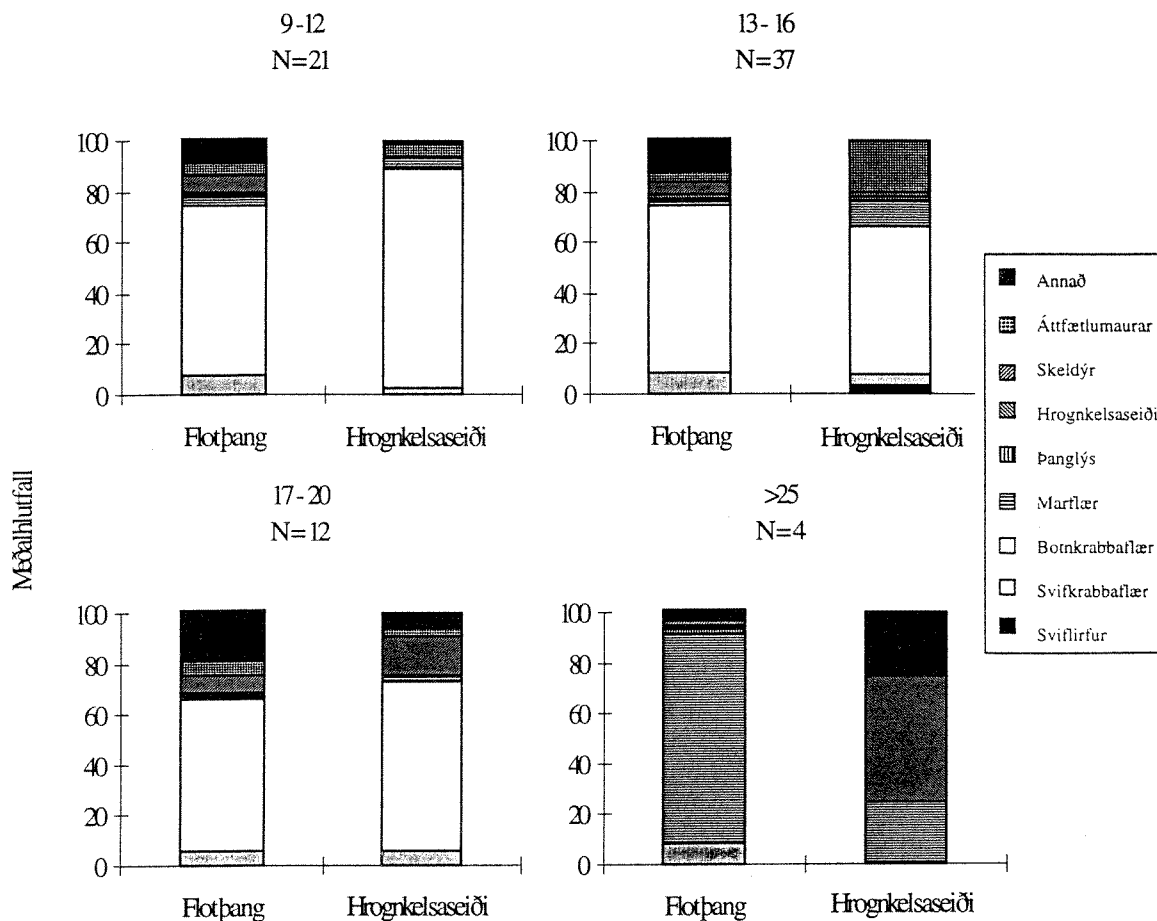
Sækni í fæðuhópa hjá seiðum í júlí (10. mynd) var athuguð með Wilcoxon prófi.



10. mynd. Samanburður á meðalhluutfalli fæðuhópa í flotþangi og mögum hrognkelsaseiða. Aðeins voru notuð seiði með fæðu í maga. Seiðunum var safnað á Faxaflóa 7. júlí 1993.

Hjá minnstu seiðunum (<8 mm) kom ekki fram nein marktæk sækni. Seiði 9-12 mm sýndu enga sækni í þanglýs ($P<0,05$), hrognkelsaseiði ($P<0,05$), skeldýr ($P<0,05$) né „annað“ ($P<0,05$). Seiði 13-16 mm sýndu litla sækni í svifkrabbaflær ($P<0,05$) og skeldýr ($P<0,05$), en mikla sækni í botnkrabbaflær ($P<0,05$). Enga sækni sýndu þau í áttfætlumaura ($P<0,05$) né „annað“ ($P<0,05$). Stærstu seiðin (>25 mm) sýndu litla sækni í sviflirfur ($P<0,05$) og „annað“ ($P<0,05$), en mikla sækni í hrognkelsaseiði ($P<0,05$). Þau sýndu enga sækni í áttfætlumaura ($P<0,05$). Það sama var athugað hjá seiðum í ágúst (11. mynd) og sýndu 9-12 mm seiði litla sækni í svifkrabbaflær ($P<0,01$), „annað“ ($P<0,01$) og áttfætlumaura ($P<0,05$), en mikla sækni í botnkrabbaflær ($P<0,01$). Þau sýndu enga sækni í sviflirfur ($P<0,05$), þanglýs ($P<0,01$) og hrognkelsaseiði ($P<0,01$). Seiði 13-16 mm sýndu litla sækni í svifkrabbaflær ($P<0,01$) og hrognkelsaseiði ($P<0,01$), en mikla sækni í þanglýs ($P<0,05$). Þau sýndu enga sækni í skeldýr ($P<0,01$).

Seiði 17-20 mm sýndu litla sækni í áttfætlumaura ($P<0,05$) og „annað“ ($P<0,05$), en ekki mikla sækni í neinn hóp. Þau sýndu enga sækni í sviflirfur ($P<0,05$), þanglýs ($P<0,05$) og hrognkelsaseiði ($P<0,05$).



11. mynd. Samanburður á meðalhluftfalli fæðuhópa í flotþangi og mögum hrognkelsaseiða. Aðeins voru notuð seiði með fæðu í maga. Seiðunum var safnað af Faxaflóa 6. ágúst 1993.

Umræða

Hrognkelsaseiði éta aðallega krabbadýr og er það í nokkru samræmi við fyrri athuganir. Þau virðast ráða vel við að éta hraðsynd krabbadýr, t.d. botnkrabbaflær en velja samt sem áður ákveðna hópa krabbadýra fram yfir aðra. Þannig sækja þau mjög í botnkrabbaflær en ekki eins í svifkrabbaflær sem líka eru í umhverfi þeirra í verulegum mæli. Munur er á fæðu seiða eftir stærð. Smærri seiðin éta smærri fæðuhópa, einkum áttfætlumaura og botnkrabbaflær, en stærri seiðin éta stærri dýr, einkum marflær og smá hrognkelsaseiði. Stærri seiðin ráða væntanlega við mun fleiri tegundir en þau smærri og geta sennilega valið þá hópa sem gefi þeim mesta orku til vaxtar, s.s. önnur hrognkelsaseiði.

Nýklakin seiði voru í miklu magni í flotþangi, en fundust ekki í fjörunni (síðari athuganir hafa staðfest þetta). Svo virðist sem hrognkelsaseiði hafi mjög mikla sækni í fljótandi hluti. Hér gæti verið um varnarviðbragð að ræða og seiðin leitist við að komast í burtu frá fjöru eða botni, þar sem meira er um afræningja en í flotþangi. Þetta þarf þó að kanna nánar.

Í fjörunni voru nær öll seiðin með fæðu í maga, en aðeins helmingur seiða í flotþanginu. Fleiri fæðuhópar fundust í seiðum úr flotþangi en úr fjöru. Seiði úr fjöru átu mikið af þanglúsum en þær voru lítið étnar í flotþangi. Hátt hlutfall tómra maga hjá stærri seiðum í flotþangi bendir til þess að flotþang sé fremur lélegt fæðusvæði fyrir hrognkelsaseiði.

Þegar seiðin ná um 40 mm stærð hverfa þau úr flotþanginu. Þetta má sjá á því að stærstu seiðin í maí eru nánast horfin í júlí. Einnig styðja óbirt gögn þetta. Greinilegt er einnig að seiði eru að klekjast jafnt í maí sem og í ágúst, því alltaf eru lítil seiði til staðar. Líklegt er

að þörf fyrir nýja fæðuhópa, sem ekki finnast í flotþanginu fái seiðin til að skipta um búsvæði. Ekki er að fullu ljóst hvert seiðin fara þegar þau hverfa úr þanginu. Þau leita þó líklega að miklu leyti í uppsjóinn, en einnig er líklegt að þau haldi sig að einhverju leyti í þaraskóginum.

Stærstu seiðin í flotþanginu sækja mikið í örsmá seiði (yfirleitt með gulubelg). Má búast við að þau seiði og þá sérstaklega gulan séu mjög orkurík og því úrvals fæða. Eftir að þau hafa hafið át á litlum seiðum er líklegt að þau vaxi mun hraðar en áður. Á Líffræðistofnun Háskólans standa nú yfir rannsóknir á vistfræði hrognkelsaseiða á öllum tímum árs, bæði í flotþangi og fjöru. Rannsóknir þessar, sem styrktar eru af Lýðveldissjóði, munu væntanlega leiða betur í ljós þýðingu sjálfsáts í lífsferli hrognkelsa.

Þakkir

Ég vil þakka Agnari Ingólfssyni leiðbeinanda mínum í fjórða árs verkefninu fyrir margar góðar ábendingar við framkvæmd og úrvinnslu þess. Ólafur S. Ástþórsson las yfir handrit og kom með ábendingar um margt sem betur mátti fara.

Heimildir

- Bjarni Kr. Kristjánsson, 1994. Fæða hrognkelsaseiða (*Cyclopterus lumpus* L.) í fljóttandi þangi, Ritgerð í 5 eininga rannsóknarverkefni við Líffræðiskor Háskóla Íslands.
- Daborn, G. R., R. S Gregory, 1982. Occurrence, distribution, and feeding habits of juvenile lumpfish, *Cyclopterus lumpus* L. in the Bay of Fundy, Can. J. Zool. 61: 797-801.
- Gunnar Jónsson, 1992. Íslenskir fiskar 2. útg. Fjölvi Reykjavík. 568 s.
- Matthías Eydal, Karl Skírnisson, 1976. Fæðuval hrognkelsaseiða og sprettfiska, Verkefni í sjávarvistfræði.
- Martin, A.R., M.R.Clarke, 1986. The diet of sperm whales (*Physeter macrocephalus*) captured between Iceland and Greenland J. mar. biol. Ass. UK. 66: 779-790.
- Moring, J.R., 1989. Food habits and algal associations of juvenile lumpfish *Cyclopterus lumpus* L., in intertidal waters, Fish. Bull. U.S. 87: 233-237.
- Tully, O., P. O'Ceidigh, 1989. The ichthyoneuston of Galway Bay (west of Ireland). II. Food of post-larval and juvenile neustonic and pseudoneustonic fish, Mar. Ecol. Progr. Ser. 51: 301-310.

Fæðuval og fæðunám skollakopps (*Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller))

Karl Gunnarsson¹, Sophie Hall-Aspland^{2,3} og Öivind Kaasa^{1,2}

Hafranssóknastofnunin¹, Háskólinn á Akureyri², University of Aberdeen³

Ágrip

Í fæðuvalstilraun var skollakopp (*Strongylocentrotus droebachiensis*) sem safnað var í Eyjafirði leyft að velja á milli fimm algengra þörungategunda í tilraunakeri. Tilraunin var endurtekin þrisvar sinnum. Niðurstöður voru að skollakoppur valdi tegundirnar í eftirfarandi röð: marinkjarni (*Alaria esculenta*), stórþari (*Laminaria hyperborea*), beltisþari (*L. saccharina*), fiðurþari (*Ptilota gunneri*) og kerlingarhár (*Desmarestia aculeata*). Í fæðunámstilraun voru fimm skollakoppar hafðir saman í hverri tíu lítra fötu með 60 g af einni þörungategund. Sams konar uppsetning var höfð fyrir hverja af sömu fimm þörungategundunum sem notaðar voru í fæðuvalstilraunum og var tilraunin endurtekin þrisvar sinnum. Skollakoppurinn át að meðaltali um 1,5 g á sólahring af stórþara, beltisþara og fiðurþara en um 0,5 g af kerlingarhári og marinkjarna. Marktækur munur var á milli hópanna tveggja. Áthraði skollakopps í tilrauninni reyndist svipaður og át hans í jaðri þaraskógarins í náttúrunni.

Inngangur

Ígulkerategundin skollakoppur lifir á grunnsævi í kaldtempraða beltinu á norðurhveli jaðar. Aðalfæða skollakopps eru botnþörungar en hann getur þó jafnframt nýtt sér fastsitjandi dýr sem fæðu og eins eru dæmi um að hann leggist á hræ (Lawrence 1975, Briscoe og Sebens 1988). Undir venjulegum kringumstæðum lifir skollakoppur innan um botnþörungum í nokkurs konar jafnvægi við fæðuframboðið. Það hefur hins vegar gerst víða um heim að ígulkerum hefur fjölgað það mikið að beit þeirra raskar þessu jafnvægi og þörungarnir eru étnir upp að mestu (Harrold og Reed 1985). Eini gróðurinn sem þá verður eftir, eru þunnir rauðþörungar sem mynda skorpur á steinum.

Á síðustu þremur áratugum hefur áköf beit skollakopps valdið eyðingu þaraskóga af víðáttumiklum svæðum beggja vegna Norður-Atlantshafs. Fyrst varð vart við slíka eyðingu á austurströnd Kanada upp úr 1970 (Breen og Mann 1976, Chapman 1981, Scheibling 1986), síðan í Noregi um 1980 (Hagen 1983) og nú nýlega varð vart við sams konar eyðingu á Íslandi (Einar Hjörleifsson o.fl. 1995).

Það er munur á hegðun dýranna við beit á þaranum í Noregi og Kanada. Við austurströnd Kanada er beltisþari (*Laminaria saccharina* (L.) Lam.) og hrossaþari (*L. digitata* (Huds.) Lam.) ríkjandi (Mann 1972). Þar éta ígulkerin þaraskóginn utan frá, mynda fylkingu við ytri jaðar skógarins og éta sig í átt að landi (Breen og Mann 1976). Í Noregi er stórþari (*L. hyperborea* (Gunn.) Fosl.) ríkjandi á grunnsævi. Ígulkerin þar mynda ekki fylkingu en dreifa sér inn í skóginn, éta undirgróðurinn og þaraungviði og koma þannig í veg fyrir nýliðun þarans, sem með tímanum hverfur (Hagen 1983). Tilraunir hafa sýnt að munur í fæðuvali ígulkeranna gæti skýrt muninn á því hvernig þaraskógurinn er étinn. Í tilraunum á austurströnd Kanada var sýnt fram á að skollakoppur sækir fremur í að éta beltisþara, sem er ríkjandi þarategund, en flestar aðrar tegundir sem voru boðnar (Larson o.fl. 1980, Himmelman og Nédélec 1990). Í Noregi, hins vegar, átu ígulkerin ekki stórþara, sem er ríkjandi tegund þar, meðan önnur fæða var í boði (H.P. Leinaas og H. Christie munnl. uppl.).

Á Íslandi er stórþari ríkjandi á grunnsævi. Hér hegðar skollakoppur sér eins og í Kanada þ.e. étur þarann utan frá og sárafa ígulker eru inni í skóginum (Einar Hjörleifsson o.fl. 1995). Þessi munur í hegðun ígulkeranna hér á landi og í Noregi gæti stafað af því að fæðuval dýranna á Íslandi er annað en í Noregi. Tilraunir voru gerðar til að athuga hvort munur væri á fæðuhegðun skollakopps á mismunandi svæðum. Í rannsókninni sem lýst er í þessari grein voru notaðar tvær mismunandi aðferðir til athugunar á fæðuhegðun skollakoppsins, en Vadas

(1977) og Schiele (1982) hafa bent á mikilvægi þess að nota fleiri en eina aðferð við tilraunir til að rannsaka fæðuhegðun dýra.

Tilgangur rannsóknanna er að veita svör við spurningunni: Á hvern hátt velur skollakoppur milli fæðutegunda hér á landi? Til að fá svar við spurningunni var prófuð “núll-tilgátan” um að skollakoppur sækti jafnt í allar tegundir sem honum væri boðið upp á og jafnframt að enginn munur væri á því hversu mikið hann borðaði af mismunandi þörungategundum. Til að prófa “núll-tilgátuna” gerðum við fæðuvals- og fæðunámstilraunir með skollakopp sem safnað var í Eyjafirði. Í tilraununum voru notaðar fimm algengustu tegundir þörungna sem vaxa á grunnsævi í Eyjafirði. Niðurstöður tilraunanna eru síðan bornar saman við niðurstöður hliðstæðra rannsókna á skollakopp frá Noregi og Kanada. Einnig var reynt að meta hve mikið skollakoppur étur á tímaeiningu. Til þess voru niðurstöður mælinga á áthraða í tilraunakerunum notaðar til útreikninga á ársneyslu skollakopps. Til samanburðar voru gerðir útreikningar á áthraða skollakopps í náttúrunni út frá lífmassa í þaraskógi, hraða eyðingarinnar og þéttleika ígulkerana á beit í þarajáðrinum. Fæðutilraunirnar voru gerðar í eldiskerum hjá Fiskeldi Eyjafjarðar hf. á Dalvík sem góðfúslega voru lánuð til verkefnisins.

Efniviður og aðferðir

Í byrjun júní 1996 var ígulkerum sem nota átti í tilraunina safnað í Garðsvík í Eyjafirði og þeim komið fyrir í eldiskeri á Dalvík. Fljótlega varð vart við sýkingu í ígulkerunum og var þeim því fargað og eldiskerið þrifið og sóttþreinsað. Ígulkerum var safnað á ný um miðjan júní en nú við Hrísey í Eyjafirði.

Skollakoppurinn, sem var notaður við tilraunirnar, var tekinn við köfun við ytri jaðar þaraskógarins á um 5 m dýpi suðvestan við Hrísey (65° 59' N, 18° 24' A). Samtals voru tekin um 1600 ígulker sem voru á milli 40 og 70 mm í þvermál. Skollakoppurinn var hafður í stóru fiskeldiskeri (þvermál = 6 m) hjá Fiskeldi Eyjafjarðar á Dalvík þar til tilraunirnar fóru fram. Í fiskeldiskerið var dælt sjó sem var tekinn á 8 m dýpi í sjónum fyrir framan eldisstöðina. Skollakoppurinn var sveltur í kerinu í tvær vikur áður en tilraunir hófust. Tvær mismunandi tilraunir voru gerðar til að bera saman hversu eftirsótt fæða einstakar tegundir þörungna voru. Í fyrri tilrauninni var fæðunám athugað og í þeirri seinni fæðuval.

Fimm tegundir þörungna voru notaðar í tilraunirnar; stórþari (*Laminaria hyperborea* (Gunn.) Fosl.), beltisþari (*L. saccharina* (L.) Lam.), marinkjarni (*Alaria esculenta* (L.) Grev.), kerlingarhár (*Desmarestia aculeata* (L.) Lam.) og fiðurþari (*Ptilota gunneri* Silva, Maggs & Irvine). Þessar fimm tegundir eru algengustu tegundirnar í stórþaraskóginum í Eyjafirði (Karl Gunnarsson og Öivind Kaasa óbirtar athuganir). Fyrir fæðuvalstilraunirnar var þörungum safnað í Garðsvík og þeir síðan geymdir í 300 l fiskikari með rennandi sjó. Fyrir fæðunámstilraunirnar var þörungum safnað við Hrísey og þeir geymdir í sjó við bryggju á Hjalteyri.

Fæðuval hjá skollakoppi var rannsakað með því að setja um 100 g (votvigt) af hverri þörungategund í þrjú eins lítra ílát með loki. Ílátunum var komið fyrir á botni fiskeldiskers (þvermál = 6 m) og þörungategundunum raðað á botninn á tilviljunarkenndan hátt. Tryggt var að engin tvö aðliggjandi ílát innihéldu sömu þörungategund. Göt voru á hliðum ílátanna til að tryggja stöðugt sjóstreymi í gegnum þau, en þörungarnir voru hafðir í plastnetpoka með 1 mm möskva inn í ílátunum til að hindra að þeir losnuðu úr ílátunum og að ígulkerin næðu að éta þá. Þrjú ílát án þörungna voru notuð sem viðmiðun. Í kerinu voru 1600 skollakoppar sem dreifðust um keridið á tilviljunarkenndan hátt. Öll ígulker á svæði, í kringum hvert ílát, sem var afmarkað með plasthring sem var 72 cm í þvermál (flatarmál = 0,4 m²), voru talin áður en tilraunin hófst og í lok tilraunarinnar 48 klukkustundum síðar. Tilraunin var endurtekin þrisvar sinnum með 12 klukkustunda hléi milli tilrauna til að leyfa skollakoppnum að dreifa sér á ný. Sjávarhitinn í kerinu var 7 °C á meðan tilrauninni stóð yfir.

Niðurstöður úr fæðuvalstilraunum voru prófaðar með umröðunarprófi (“randomization test”, Sokal & Rohlf 1995) þar sem tegundirnar voru prófaðar hver gegn

annari og á móti viðmiðun. Kannað er, hverjar eru líkur á að fá jafn mikinn mun á fjölda skollakoppa eins og raun varð á. Umröðunarprófið er framkvæmt þannig að reiknaðar eru líkur á að fá fyrir tilviljun svo miklu fleiri skollakoppa í tilteknum hring heldur en í öðrum hring. Ef tilviljun ein ræður því, hve margir skollakoppar eru á hverjum stað eru alls 20 möguleikar á því, hvernig fjöldatölurnar raðast niður á þessi tvö söfn af þremur hringjum. T.d. eru aðeins 5% líkur á að fá fyrir tilviljun öll gildi fyrir tiltekna tegund minni en öll gildi fyrir aðra tegund, og 10% líkur á að öll nema eitt séu minni.

Fæðunám ígulkeranna var einnig athugað. Í hverja tíu lítra fötu var komið fyrir fimm skollakoppum sem valdir voru af handahófi úr hópi með um 1500 skollakoppum. Fyrir hverja þörungategund voru notaðar 10 fötur með fimm ígulkerum og þrjár með engu ígulkeri sem viðmiðun. Lofti var dælt í föturnar til að koma í veg fyrir súrefnisskort og föturnar látnar standa í rennandi sjó við 7 °C í 24 tíma áður en tilraunin hófst. Í fæðunámstilraunirnar voru notaðar sömu fimm þörungategundirnar sem notaðar voru í fæðuvalstilrauninum, nema að stórþaranum var skipt í stilk og blöðku, því talið var hugsanlegt að þessir tveir plöntuhlutar væru misjafnlega aðgengilegir fyrir skollakoppinn. Skollakoppnum voru því boðnar sex mismunandi fæðugerðir. Í hverja fötu voru vegin um 50 g af þörungum. Þörungarnir voru þerraðir í eina mínútu á þerripappír til að losna við vatn sem loddi við yfirborð þeirra áður en þeir voru vagnir. Tilraunin stóð yfir í 48 tíma og að henni lokinni var votvigt þörunganna sem eftir voru í fötunum mæld á sama hátt og áður. Tilraunin var endurtekin þrisvar sinnum.

Át ígulkeranna var skilgreint sem breyting í votvigt þörunganna eftir að leiðrétt hafði verið fyrir breytingum á þyngd þörunganna í viðmiðunarfötunum. Niðurstöðurnar voru greindar með ferkvadragsgreiningu (analysis of variance, ANOVA, Sokal & Rohlf 1995). Núll tilgátan var að enginn munur væri á vali á þörungum. “Scheffé’s “-próf (Sokal & Rohlf 1995) var gert til að ákvarða hvort og hvar mismunurinn lá.

Niðurstöður

Fæðuval

Prófuð var eftirsókn skollakopps í fimm tegundir þörunga, brúnþörungana stórþara, beltisþara, marinkjarna og kerlingarhár og rauðþörunginn fiðurþara. Í 1. töflu eru sýndar breytingar sem urðu á þéttleika skollakopps við fæðustöðvarnar á þeim 12 tímum sem tilraunin stóð. Að meðaltali voru 11,7 (SD 5,9) dýr við fæðustöðvarnar í upphafi tilraunar.

1. tafla. Niðurstöður athugana á fæðuvali skollakopps í þremur tilraunum. Tölurnar sýna breytingar á fjölda skollakopps við fæðustöðvar á 12 tímum eftir að þörungarnir voru settir í fæðuboxin

Tegund	Breytingar á þéttleika skollakopps		
	1. tilraun	2. tilraun	3. tilraun
Marinkjarni 1	24	14	3
Marinkjarni 2	29	3	-1
Marinkjarni 3	23	33	58
Stórþari 1	3	0	6
Stórþari 2	4	5	2
Stórþari 3	6	10	29
Beltisþari 1	3	1	6
Beltisþari 2	19	-4	-2
Beltisþari 3	-9	30	0
Fiðurþari 1	-15	6	3
Fiðurþari 2	8	1	-1
Fiðurþari 3	7	-6	-2
Kerlingarhár1	1	-7	4
Kerlingarhár2	1	-4	-9
Kerlingarhár3	-3	13	-11
Viðmiðun 1	-12	1	-4
Viðmiðun 2	-5	1	-1
Viðmiðun 3	-3	-14	-4

Niðurstöður úr fæðuvalstilraununum voru prófaðar með “randomization” prófi þar sem tegundirnar voru prófaðar hver gegn annari og á móti viðmiðun og er útkoman úr þeim samanburði sýnd í 2. töflu.

2. tafla. Niðurstöður úr þremur fæðuvalstilraunum. Tegundirnar í fyrstu röð eru bornar saman við tegundir í fyrsta dálki með “randomization”-prófi.

1. fæðuvalstilraun

Tegund	Viðmiðun	Kerlingarhár	Fiðurþari	Beltisþari	Stórþari	Marinkjarni
<i>Viðmiðun</i>		0,10	0,25	0,15	0,05	0,05
<i>Kerlingarhár</i>			0,50	0,35	0,05	0,05
<i>Fiðurþari</i>		0,55		0,35	0,50	0,05
<i>Beltisþari</i>					0,60	0,05
<i>Stórþari</i>				0,60		0,05
<i>Marinkjarni</i>						

2. fæðuvalstilraun

Tegund	Viðmiðun	Kerlingarhár	Fiðurþari	Beltisþari	Stórþari	Marinkjarni
<i>Viðmiðun</i>		0,30	0,35	0,30	0,15	0,05
<i>Kerlingarhár</i>			0,55	0,30	0,30	0,10
<i>Fiðurþari</i>		0,50		0,35	0,25	0,10
<i>Beltisþari</i>					0,60	0,25
<i>Stórþari</i>				0,45		0,15
<i>Marinkjarni</i>						

3. fæðuvalstilraun

Tegund	Viðmiðun	Kerlingarhár	Fiðurþari	Beltisþari	Stórþari	Marinkjarni
<i>Viðmiðun</i>		0,75	0,10	0,10	0,10	0,05
<i>Kerlingarhár</i>	0,40*		0,20	0,15	0,15	0,10
<i>Fiðurþari</i>		0,55		0,60	0,30	0,15
<i>Beltisþari</i>			0,60		0,30	0,15
<i>Stórþari</i>						0,45
<i>Marinkjarni</i>					0,60	

Með samanburði á öllum hugsanlegum tegundapörum má raða tegundunum eftir því hversu stíft skollakoppur sótti í þær. Röðunin úr öllum þremur tilraunum er sýnd í 3. töflu.

3. tafla. Taflan sýnir röðun tegunda samkvæmt niðurstöðum þriggja tilrauna með fæðuval skollakopps. Tölurnar sýna röðun fimm þörungategunda eftir ásókn skollakopps í þær.

Tegund	Röðun			Meðaltal
	1. tilraun	2. tilraun	3. tilraun	
<i>Marinkjarni</i>	1	1	2	1,3
<i>Stórþari</i>	2	3	1	2,0
<i>Beltisþari</i>	3	2	3	2,6
<i>Fiðurþari</i>	4	4	4	4,0
<i>Kerlingarhár</i>	4	5	6	5,3
<i>Viðmiðun</i>	6	5	5	5,3

Lítill munur er á niðurstöðum tilraunanna þriggja. Aldrei munar um nema eitt sæti hjá tegund milli tilrauna. Að jafnaði var marinkjarni eftirsóttastur og síðan stórþari. Skollakoppurinn sótti síst í kerlingarhár, en engin munur var á því hvort fæðuboxið sem var notað í tilrauninni væri tómt (viðmiðun) eða innihéldi kerlingarhár.

Fæðunám

Fæðunámstilraunirnar voru gerðar með sömu tegundum og fæðuvalstilraunirnar nema hvað stórþaranum var skipt í stilk og blöðku sem voru prófuð hvort í sínu lagi. Niðurstöður athugana á fæðunámi voru bornar saman með ferveikagreiningu og eru niðurstöður af þeim samanburði sýndar fyrir tilraunirnar tvær í 4. töflu. Í öllum tilvikum borðaði skollakoppur meira en sem nam aukningunni sem varð í þyngd þörunganna í viðmiðunarfötunum þá 48 tíma sem tilraunin stóð.

4. tafla. Líkindi (p-gildi) úr ferveikagreiningu (ANOVA) á áþraða skollakoppis úr tveimur tilraunum. Marktækni er miðuð við líkindi 0,05 og er merkt með stjörnu.

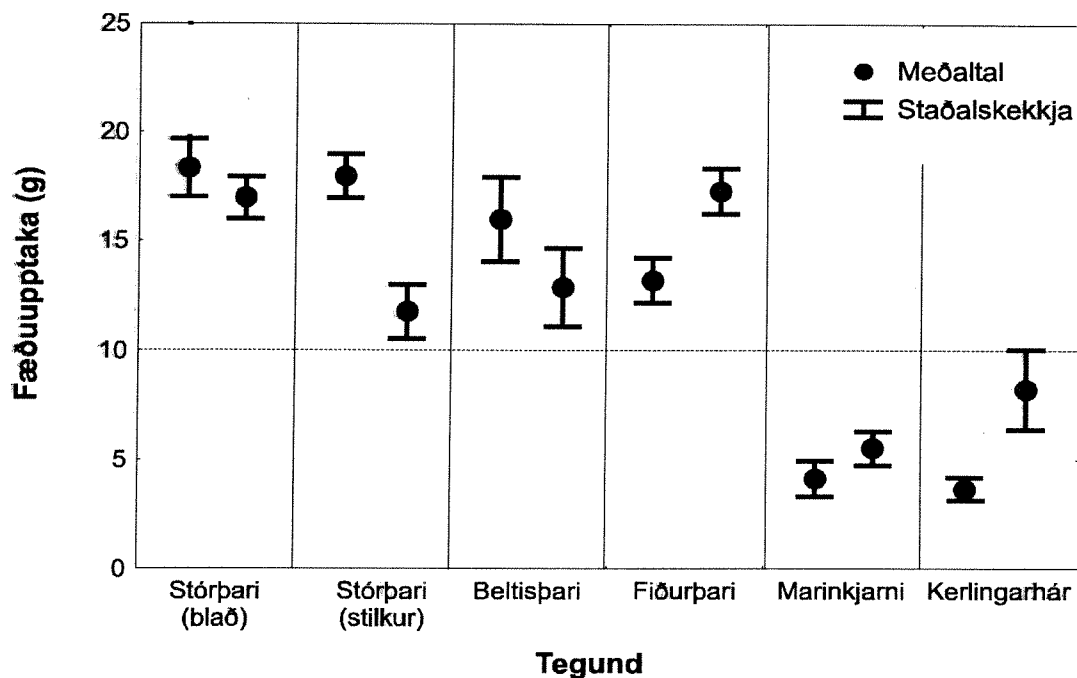
1. fæðunámstilraun

Tegund	Beltisþari	Marinkjarni	Stórþari blað	Stórþari stilkur	Kerlingarhár	Fiðurþari
Beltisþari		<0,001*	0,678	0,587	<0,001*	0,17
Marinkjarni			<0,001*	<0,001*	0,901	<0,001*
Stórþari blað				0,807	<0,001*	0,089
Stórþari stilkur					<0,001*	0,006 *
Kerlingarhár						<0,001*
Fiðurþari						

2. fæðunámstilraun

Tegund	Beltisþari	Marinkjarni	Stórþari blað	Stórþari stilkur	Kerlingarhár	Fiðurþari
Beltisþari		0,001 *	0,684	0,062	0,07	0,054
Marinkjarni			<0,001*	<0,001*	0,231	<0,001*
Stórþari blað				0,005 *	0,084	0,089
Stórþari stilkur					<0,001*	0,85
Kerlingarhár						<0,001*
Fiðurþari						

Í þriðju tilraun voru þörungarnir farnir að láta á sjá, eftir að hafa verið geymdir í meira en viku í fiskikari. Þeir misstu þyngd í viðmiðunarfötunum. Einnig var breytileikinn



1. mynd. Niðurstöður fæðunámstilrauna. Gildin tvö fyrir hverja tegund eru úr mismunandi tilraunum og sýna meðalát fimm ígulkeri í 48 tíma.

í fæðunámi milli fata með sömu tegund mun hærri en í fyrstu tveimur tilraununum. Þriðju tilraun er því sleppt úr þessum samanburði.

1. mynd sýnir hversu mikið var étið af einstökum þörungategundum í fyrstu og annari tilraun eftir að búið var að leiðrétta fyrir þyngdarbreytingunum sem urðu í viðmiðunarfötunum. Hægt er að skipta tegundunum í tvo hópa eftir því hversu mikið ígulkerin átu af þeim. Mest var étið af stórþara (stilk og blöðku), beltisþara og fiðurþara. Hvert ígulker át um 3 g af þessum tegundum á 48 tímum. Mun minna var étið af marinkjarna og kerlingarhári. Hvert ígulker át aðeins tæpt 1 g af þessum tegundum á 48 tímum. Munurinn milli þessara hópa er marktækur í báðum tilraununum (ANOVA og Scheffé's próf, $p < 0,05$).

Umræða

Niðurstöður tilraunanna sýna að skollakoppur sækir í og étur stóru þarategundirnar, þ.e. stórþara, beltisþara og marinkjarna, mun fremur en fiðurþara og kerlingarhár. Sá möguleiki er fyrir hendi að við mælum meiri ásókn ígulkeranna í þarann einungis vegna þess að ígulkerin eru að forðast fiðurþara eða kerlingarhár. Sýnt hefur verið fram á slíka flóttahæðun ígulkeranna gagnvart tegundinni *Agarum cribrosum* Bory við Bandaríkin, Kanada og Japan (Vadas 1977, Himmelman og Nédélec 1990, Fuji 1967). Hvort um slíka flóttahæðun er að ræða hjá skollakoppnum í Eyjafirði má prófa með því að bera þær tegundir sem síst er sótt í, saman við viðmiðunina. Lítil munur er á ásókn ígulkeranna í kerlingarhár og viðmiðunina og þau sóttu marktækt meira í fiðurþara en viðmiðun. Þetta bendir til að dýrin forðist ekki þessar tegundir og að stóru þarategundirnar hafi raunverulegt aðdráttarafli fyrir skollakoppinn.

Skollakoppur sækir í þær tegundir sem eru ríkjandi í þaraskóginum, beltisþara og stórþara. Dýrin virðast einnig borða mest af þessum sömu tegundum. Athuganir á beit ígulkeranna í jaðri þaraskógarins benda til að ígulkerin klári rauða ásætubörunga eins og fiðurþara fyrst, áður en þau ráðast til atlögu við þarann sjálfan. Það kemur því talsvert á óvart að fiðurþari skuli vera svo neðarlega á óska-matseðli skollakoppss sem raun ber vitni. Athuganir í Kanada, þar sem tegund skyld fiðurþara, *Ptilota serrata* Kütz., var athuguð, ber að sama brunn. Í tilraununum þar var hún síður étin en flestar aðrar tegundir (Himmelman og Nédélec 1990).

Fæðuvalstilraunir í Kanada hafa sýnt að skollakoppur sækir í alla þá þörunga sem eru algengir í þaraskóginum nema að þau forðast fiðurþara (*Ptilota serrata*) og kerlingarhár (Himmelman og Nédélec 1990). Ríkjandi tegund í þaraskóginum á austurströnd Kanada er hrossapari og beltisþari (Mann 1972).

Við Noreg, þar sem stórþari er ríkjandi, horfir öðru vísi við, þar étur skollakoppurinn ekki fullvaxinn þara (Hagen 1983). Fæðuvalstilraunir í Noregi sýndu að skollakoppur étur gjarnan þann gróður sem er algengur í þaraskóginum, að öðru leyti en því að stórar stórþaraplöntur voru ekki snertar í tilrauninni (Leinaas og Christie munnl. uppl.).

Kerlingarhár, sem er fjölær þörungur, er mest áberandi af uppréttum þörungategundum á berangrinum sem myndast í kjölfar ofbeitar skollakoppss í Eyjafirði. Vitað er að tegundir af ættkvíslinni *Desmarestia*, sem kerlingarhár tilheyrir, hafa brennisteinsýru í frumunum sem talið er fæla plöntuætur frá því að éta þær (Tompson 1988). Það er hugsanlegt að þetta sé skýring á því að skollakoppurinn í tilraununum át lítið af kerlingarhári og að mest verður eftir af þeirri tegund þegar skollakoppurinn étur upp aðrar tegundir þaraskógarins.

Ósamræmi kom fram í niðurstöðum tilraunanna varðandi marinkjarna. Marinkjarni laðaði að sér langflest ígulker í fæðuvalstilraununum en var sáralítið étinn í fæðunámstilraununum. Hugsanleg skýring á þessu misræmi er að marinkjarninn sé ekki mjög aðgengilegur fyrir ígulkerin að éta hann þó að hann gefi góða "lykt". Efnasamsetning marinkjarna er svipuð og annars þara en bygging hans er nokkuð frábrugðin. Blað marinkjarnans er þunnt, nánast himnukennt. Um sumarið þegar tilraunin var gerð var vaxtartímabili þarans lokið. Blað marinkjarnans brotnar hraðar niður en blöð annarra þarategunda vegna þess hve þunnt það er. Það hefur hugsanlega áhrif á það hversu erfitt

ígulkerin eiga með að borða það. Fróðlegt væri að athuga át skollakopps á marinkjarna á vorin meðan hann er í fullum vexti og blaðið er stinnara. Svipaðar niðurstöður varðandi marinkjarna hafa fengist við austurströnd Kanada þar sem ígulkerin löðuðust að marinkjarna meira en að öðrum tegundum en átu lítið af honum miðað við aðrar tegundir (Himmelman og Nédélec 1990).

Í tilraununum sem gerðar voru í Eyjafirði át hver skollakoppur 0,4 til 1,9 g af þörungum á sólarhring. Í tilraunum sem voru gerðar á vesturströnd Bandaríkjanna át hver skollakoppur á bilinu 0,4 til 4,97 g af þörungum á sólarhring (Larson o.fl. 1980).

Hér á landi varð fyrst vart við eyðingu þaraskógar af völdum ákafrar beitar skollakopps í Garðsvík í Eyjafirði á árinu 1993 (Einar Hjörleifsson o.fl. 1995). Líklegt er talið að ákóf beit hafi byrjað á svæðinu nokkrum árum áður. Síðan 1994 hefur verið fylgst með skollakoppnum í Garðsvík og eyðingu þaraskógarins þar. Þéttsetið er af skollakopp á þriggja til fimm metra breiðu beltí við ytri jaðar þaraskógarins og hefur þéttleiki hans mælst hæst um 120 dýrum á fermetra. Nær engin ígulker eru í skóginum, en utar á berangrinum er þéttleiki skollakopps um það bil 10 á hvern fermetra. Allt frá upphafi athugananna hefur hraði eyðingar á þaraskóginum verið á bilinu 2,5 til 3,0 m á mánuði (Einar Hjörleifsson o.fl. 1995). Lífmassi þara mældist að meðaltali 8,5 kg á hvern fermetra. Auk þess er nokkuð magn af öðrum þörungum sem vaxa innan um þarann, en samanlagt magn þeirra er að jafnaði um 0,5 kg á hvern fermetra (Karl Gunnarsson og Öivind Kaasa óbirtar niðurstöður). Má því gera ráð fyrir að 270 til 320 tonn af þörungum hverfi á ári vegna beitar skollakopps miðað við hvern kílómetra strandlengju.

Í ígulkerafylkingunni í þarajaðrinum eru um 400 - 500 dýr á hvern metra af ströndinni. Hvert ígulker gæti étið samkvæmt þeim útreikningum um 1,5 til 2,2 g af þörungum að meðaltali á sólarhring. Þetta er svipað át og niðurstöður úr tilraununum í eldisstöðinni sýna, en þar átu ígulkerin að meðaltali um 1,5 g af þara á sólarhring.

Þakkir

Einar Hjörleifsson tók þátt í undirbúningi þessara tilrauna. Einar las einnig greinina yfir í handriti og kom með gagnlegar ábendingar. Þökkum við honum fyrir aðstoðina. Við þökkum Gunnari Stefánssyni fyrir að lesa greinina yfir og koma með ábendingar. Hreiðar Valtýsson aðstoðaði á margan hátt við framkvæmd tilraunanna og er honum þakkað. Við þökkum einnig Erlendi Bogasyni fyrir aðstoð við söfnun ígulkeranna og Fiskeldi Eyjafjarðar h.f. fyrir aðstoðu til tilraunanna í eldisstöð fyrirtækisins á Dalvík. Rannsóknin var styrkt af Rannsóknaráði Íslands, Lýðveldissjóði og Rannsóknasjóði Háskólans á Akureyri. Sophie Hall-Aspland var styrkt af nemendaskiptasjóði "Socrates".

Heimildir

- Breen, P.A., K.H. Mann, 1976. Destructive grazing of kelp by sea urchins in eastern Canada. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33: 1278-1283.
- Briscoe, C.S., K.P. Sebens, 1988. Omnivory in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller) (Echinodermata : Echinoidea): predation on subtidal mussels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 115: 1-24.
- Chapman, A.R.O., 1981. Stability of sea urchin dominated barren grounds following destructive grazing of kelp in St. Margaret's Bay, eastern Canada. *Mar. Biol.* 62: 307-311.
- Einar Hjörleifsson, Öivind Kaasa, Karl Gunnarsson, 1995. Grazing of kelp by green sea urchin in Eyjafjörður, North Iceland. Í: H.R.Skjoldal, C. Hopkins, K.E. Erikstad, H.P. Leinaas (ritstj.) *Ecology of fjords and Coastal waters*. Elsevier, Haag, 593-597.
- Fuji, A., 1967. Ecological studies on the growth and food consumption of the Japanese common littoral sea urchin, *Stongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz). *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 15: 83-160.
- Hagen, N., 1983. Destructive grazing of kelp beds by sea urchins in Vestfjorden, northern Norway. *Sarsia* 68: 177-190.
- Harrold, C., D.C. Reed, 1985. Food availability, sea urchin grazing, and kelp forest community structure. *Ecology* 66: 1160-1169.
- Himmelman, J.H., H.Nédélec, 1990. Urchin foraging and algal survival strategies in intensely grazed communities in eastern Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47: 1011-1026.

- Larson, B.R., R.L. Vadas, M. Keser, 1980. Feeding and nutritional ecology of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* in Main, USA. *Mar.Biol.* 59: 49-62.
- Lawrence, J.M., 1975. On the relationship between marine plants and sea urchins. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 13: 213-286.
- Mann, K.H., 1972. Ecological energetics of the seaweed zone in a marine bay on the Atlantic Coast of Canada. I. Zonation and biomass of seaweeds. *Mar. Biol.* 12: 1-10.
- Scheibling, R.E., 1986. Increased macroalgal abundance following mass mortality of sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*) along the atlantic coast of Nova Scotia. *Oecologia* 68: 186-198.
- Sokal R.R., F.J. Rolf, 1995. *Biometri.* 3. útg., W.H. Freeman & Co., New York.
- Schiel, D.R., 1982. Selective feeding by the echinoid, *Evechinus chloroticus* and the removal of plants from subtidal algal stands in northern New Zealand. *Oecologia* 54: 378-388.
- Tompson, T.E., 1988. Acidic allomones in marine organisms. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 68: 499-517
- Vadas, R.L., 1977. Preferencial feeding: an optimization strategy in sea urchins. *Ecol. Monogr.* 47: 337-371.

Dægurbreytingar í fæðuháttum ýsu (*Melanogrammus aeglefinus* (L.)) í Melakrika, Faxaflóa

Sigmar Arnar Steingrímsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Rannsaðar voru dægurbreytingar í fæðuháttum ýsu í Melakrika við Akranes, í júní árið 1990. Botnsýni voru tekin til að meta samsetningu og þéttleika botndýra og magainnihaldi úr ýsu var safnað á fjögurra tíma fresti í einn sólarhring svo fylgjast mætti með dægurbreytingum í fæðuháttum. Ýsu var skipt í þrjá stærðarflokka: smáýsa (10-29 cm), milliýsa (30-39 cm) og stórýsa (40-59 cm). Algengustu safnhópar botndýra voru samlokur (*Bivalvia*, 31,1% af heildarfjölda), þráðormar (*Nematoda*, 10%), tvær ættir burstaorma (*Oweniidae*, 7,2%; *Sabellidae* 5,8%) og marflær (*Amphipoda*, 4,7%). Auðnuskel (*Crenella decussata*), trönuskel (*Nuculana pernula*) og rataskel (*Hiatella arctica*) voru algengustu samlokurnar (372, 238 og 114 einstaklingar/ m²) og algengustu burstaormar voru *Sabella crassicornis*, *Myriochele oculata* og *Owenia fusiformis* (220, 168 og 108 einstaklingar/m²). Samlokur voru mikilvægt æti fyrir ýsu af öllum stærðum, einkum ýsuskel (*Abra prismatica*) sem var langmikilvægasta fæðan hjá smáýsu og milliýsu. Smáýsur átu um morguninn og kvöldið og sömu hegðun mátti sjá hjá milliýsu. Á hinn bóginn var magafylli stórýsu minnst árla morguns en jókst jafnt og þétt allan daginn og fram yfir miðnætti. Mismunandi dægurbreytingar í áti eftir stærð fiska voru taldar stafa af mismunandi afkastagetu meltingarfæra hjá ýsu. Litlar dægurbreytingar voru í samsetningu fæðu smáýsu og ýsuskeljar voru ráðandi í æti fiskanna á öllum tímum sólarhringsins. Fæðusamsetning hjá milliýsu var breytileg um nóttina og morguninn en frá miðdegi og fram á næstu nótt var ýsuskel veigamesta æti milliýsu. Burstaormar ýmiss konar voru helsta æti stórýsu síðla nætur og fram á morgun en ýsuskel og *Oweniidae* ormar mikilvægur hluti fæðunnar það sem eftir var dags. Ekkert benti til þess að smá- og milliýsur kepptu um æti í Melakrika. Þó svo að bæði milli- og stórýsur hafi verið í sams konar æti benti mismunandi vægi fæðunnar innan stærðarflokka til þess að fiskarnir hafi deilt með sér ætinu í Melakrika á þann hátt að samkeppni um æti væri sem minnst. Smáýsur leituðu sérstaklega eftir ýsuskel og pungrækjum ($E^* \gg 0$) en milliýsur völdu ýsuskel, pungrækjur og *Oweniidae* orma. Stórýsur sóttu sterkt í ýsuskel, *Oweniidae* orma og *Pectinariidae* orma. Ýsan í Melakrika virtist sérhæfa sig í áti á dýrum sem grafa sig grunnt niður í botninn og leituðu fiskarnir einungis í fáar tegundir af þeim botndýrum sem til staðar voru.

Inngangur

Botndýr eru meginfæða flestra tegunda botnfiska við landið og á íslenskum hafsvæðum almennt eru burstaormar og skrápdyr mest áberandi í æti ýsunnar (Ólafur K. Pálsson 1983). Staðbundnar rannsóknir á fæðuháttum ýsu leiddu í ljós að vægi einstakra hópa botndýra í æti hennar er þó mismunandi frá einu svæði til annars (Hermann Einarsson 1941, Bogi Ingimarsson 1974, Jörundur Svavarsson 1980) og því má ætla að samsetning fæðunnar sé háð framboði ætis á hverjum stað. Í þeim tilfellum þar sem samtímis voru gerðar rannsóknir á fæðu ýsunnar og botndýralífi nærliggjandi svæðis bentu niðurstöður til þess að ýsan væri að einhverju leyti sérhæfð í fæðunámi (Hermann Einarsson 1941, Bogi Ingimarsson 1974, Jörundur Svavarsson 1980).

Rándýr eru talin afla sér fæðu á þann hátt að þau kosti til sem minnstri orku til þess að hámarka vöxt á hverjum tíma (MacArthur og Pianka 1966, Gerking 1994). Þetta getur skýrt hvers vegna fiskar éta sífellt stærri bráð eftir því sem þeir stækka og að fiskar skipti um fæðuprep á lífsleiðinni, t.d. lifir þorskur að miklu leyti á botndýrum sem ungfiskur en étur einkum fiska þegar hann eldist (Ólafur K. Pálsson 1983). Ólíkt þorskinum verða litlar breytingar í fæðu ýsu þegar hún verður stærri og eru botndýr helsta fæða hennar á öllum aldurskeiðum. Dýr sem nýta sama búsvæði og hafa jafnframt sömu fæðuvænjur deila oftast með sér gæðum búsvæðisins á þann hátt að samkeppni sé sem minnst (Hacunda 1981, Macdonald og Green 1986, Gibson og Ezzi 1987, Carter o.fl. 1991). Álitid er að fiskar sem lifa á sams konar æti, líkt og ýsan gerir, geti á ýmsan hátt minnkað áhrif samkeppni um fæðu með því t.d. að éta á mismunandi tímum sólarhringsins (Gibson og Ezzi 1987).

Markmið rannsókna sem hér eru kynntar var að kanna dægurbreytingar í fæðuháttum ýsu á takmörkuðu hafsvæði (“búsvæði”) og með því að bera æti hennar saman við fæðuframboð, að skýra hversu sérhæfð ýsa er í fæðuvali og hvort val á æti sé bundið stærð fiskanna. Niðurstöður verða ræddar í ljósi hugmynda um það hvernig fiskar nýta sameiginlegt búsvæði og á þann hátt verður reynt að meta hvernig ýsur af mismunandi stærð deila með sér gæðum búsvæðisins, en þar er fæðan hvað mikilvægust.

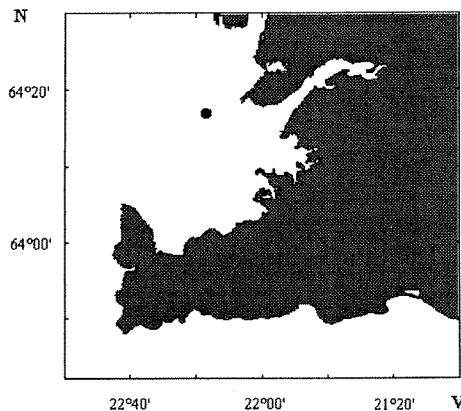
Aðferðir

Söfnun og úrvinnsla á sýnum

Gagnasöfnun fór fram í Melakrika (dýpi 53 m, malarbotn, flatarmál rannsóknasvæðis 2,8 sjómílu²), suðvestur af Skipaskaga, dagana 7. til 8. júní árið 1990 (1. mynd).

Fimm botnsýni voru tekin með greip (van Veen, flatarmál 0,1 m²) og þau sigtuð (minnsti möskvi 0,5 mm) og síðan varðveitt í formalínlausn (4%). Í rannsóknastofu voru dýrin tínd úr sýnunum og þau greind til tegunda eða safnhópa.

Á fjögurra tíma fresti yfir rúman sólarhring (klukkan: 4, 8, 12, 16, 20, 24, 4) var ýsu safnað með klæddri rækjuvörpu (135 mm möskvar, 40 mm möskvar í poka). Allur fiskur sem veiddist var mældur (mesta lengd, ± 1 cm). Ýsu var skipt í þrjá stærðarflokka: smáýsa (10-29 cm, fiskar 1 og 2 ára samkvæmt aldurs-lengdar lykli), milliýsa (30-39 cm, fiskar 3 og 4 ára) og stórýsa (40-59 cm, fiskar 4-6 ára). Á hverjum tíma voru tekin magasýni úr tuttuðu smá- og stórýsum og tíu milliýsum, ef það reyndist mögulegt. Hver magi var merktur tíma söfnunar, stærð fisks (mesta lengd í cm) og þyngd (± 1 g) og maginn varðveittur í ísóprópanóli (70%). Í rannsóknastofu voru dýr úr mögum greind til tegunda eða safnhópa, þau talin og vegin blaut (± 0,001 g) eftir að hafa verið þerruð á bréfpurrku.



1. mynd. Staðsetning rannsóknasvæðisins í Melakrika, Faxaflóa.

Úrvinnsla gagna

Fjöldi einstaklinga í hverju greiparsýni var notaður til þess að áætla þéttleika botndýra í Melakrika og reiknaður meðalfjöldi dýra á m².

Fyrir hvern stærðarflokk var reiknuð meðalmagafylli fiska (heildarþyngd ætis/þyngd fisks x 100) á hverjum tíma sólarhrings. Breytingar í meðalmagafylli yfir daginn voru metnar með einþátta ferveikagreiningu (ANOVA) og með því að bera saman meðalmagafylli frá einum tíma dags til annars (Newman-Keuls próf, $p = 0,05$ (SAS 1988)).

Mikilvægi fæðu í æti ýsu var áætlað fyrir hvern stærðarflokk með aðferð Pinkas o.fl. (1971): $IRI = (\%N + \%W)\%F$, þar sem IRI = vísitala um vægi fæðu (index of relative importance), %F = hlutfall fiska með tiltekna fæðu, %N = hlutfall fæðu af heildarfjölda dýra í

æti og %W = hlutfall fæðu af heildarþyngd ætis (Hyslop 1980). Eftir því sem gildið á IRI er hærra því mikilvægari er fæðan fyrir ýsuna.

Könnuð var sérhæfni ýsu í fæðunámi með því að bera þéttleika botndýra saman við hlutdeild þeirra í æti ýsunnar og þannig metið hvort fiskar átu dýrin tilviljanakennt eða völdu fæðuna. Í þessum tilgangi var notaður eftirfarandi valvísir (Vanderploeg og Scavia 1979, Lechowicz 1982):

$$E_i^* = \frac{[W_i - (1/n)]}{[W_i + (1/n)]}$$

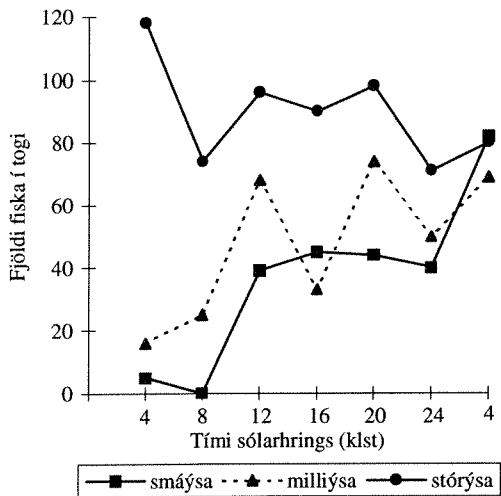
þar sem W_i er

$$W_i = \frac{r_i / p_i}{\sum_i r_i / p_i}$$

E_i^* = valvísir (selection index) fyrir fæðu i , W_i = valstuðull (selective coefficient) fyrir fæðu i , n = fjöldi fæðuhópa, p_i = fjöldi dýra af gerðinni i í sjávarbotni sem hlutfall af heildarfjölda, r_i = fjöldi dýra af gerðinni i í maga fisks sem hlutfall af heildarfjölda. Gildi á E_i^* getur verið frá -1 til 1 þar sem -1 = ætinu algerlega hafnað, 1 = ætið valið sérstaklega, 0 = fæða étin í réttu hlutfalli við þéttleika hennar í umhverfinu, át tilviljanakennt.

Niðurstöður

Úr botnsýnunum voru greindar 117 tegundir botndýra og 51 safnhópur. Algengustu safnhóparnir voru samlokur (*Bivalvia*, 31,1% af heildarfjölda, 1. tafla), þráðormar (*Nematoda*, 10%), tvær ættir burstaorma (*Oweniidae*, 7,2% ; *Sabellidae* 5,8%) og marflær (*Amphipoda*, 4,7%). Flestar tegundir voru af burstaormum og skeldýrum, 66 og 41 tegund. Af einstökum tegundum samloka voru auðnuskel (*Crenella decussata*), trönuskel (*Nuculana pernula*) og rataskel (*Hiatella arctica*) í mestum þéttleika (372, 238 og 114 einstaklingar/m²) og algengustu burstaormar voru *Sabella crassicornis*, *Myriochele oculata* og *Owenia fusiformis* (220, 168 og 108 einstaklingar/m²).



2. mynd. Afli ýsu (fjöldi fiska í togi) í Melakrika eftir stærðarflokkum og tíma sólarhrings (klst). Smáýsa (10-29 cm), milliýsa (30-39 cm), stórýsa (40-59 cm).

Fiskgengd í Melakrika var mismunandi frá einum tíma sólarhrings til annars. Seinnihluta nætur og snemma morguns var stórýsa ríkjandi á svæðinu, lítið var af milliýsu og smáýsa nánast engin (2. mynd). Meðallengd ýsu var marktækt hæst á þessum tíma (2. tafla). Um hádegið veiddist mun meira af smáýsu og milliýsu en áður, með tilsvareandi lækkun í meðallengd, en frá hádegi fram að miðnætti var afli smáýsu jafn. Fjöldi milliýsu í afla var breytilegur allt tímabilið en afli stórýsu var lengst af tiltölulega jafn. Upp úr miðnætti jókst afli smáýsu skyndilega og á þeim tíma var meðallengd ýsu minnst.

1. tafla. Botndýr í Melakrika, Faxaflóa. Taflan sýnir hópa/tegundir sem höfðu meiri þéttleika en 1% af heildarfjölda botndýra, meðalfjölda dýra á m² (fj./ m²), staðalfrávik (± SD) og hlutfall þeirra af heildarfjölda dýra (%).

Hópur / tegund	Fj./ m ²	SD	%	Hópur / tegund	Fj./ m ²	SD	%
Nematoda	398	17,2	10,0	Cumacea	102	9,0	2,6
Aphroditidae	58	7,3	1,5	Amphipoda	186	13,4	4,7
Glyceridae	92	10,8	2,3	Gammaridea	44	4,0	1,1
<i>Glycera capitata</i>	46	6,1	1,2	<i>Haploops tubicola</i>	56	12,0	1,4
Maldanidae	112	14,5	2,8	Polyplacophora	62	4,7	1,6
Oweniidae	286	19,8	7,2	<i>Leptochiton asellus</i>	46	2,9	1,2
<i>Owenia fusiformis</i>	108	8,7	2,7	Prosobranchia	154	10,2	3,9
<i>Myriochele oculata</i>	168	11,2	4,2	<i>Lepeta caeca</i>	70	6,0	1,8
Ampharetidae	48	3,0	1,2	Bivalvia	1240	54,1	31,1
<i>Amphicteis gunneri</i>	42	3,0	1,1	<i>Nucula tenuis</i>	80	4,0	2,0
Spionidae	54	4,9	1,4	<i>Nuculana pernula</i>	238	18,1	6,0
Sabellidae	230	49,8	5,8	<i>Crenella decussata</i>	372	13,3	9,3
<i>Sabella crassicornis</i>	220	49,2	5,5	<i>Modiolula phaseolina</i>	56	8,1	1,4
Serpulidae	62	8,8	1,6	<i>Arctica islandica</i>	40	2,5	1,0
<i>Hydroides norvegica</i>	56	8,0	1,4	<i>Hiatella arctica</i>	114	16,4	2,9
Sipuncula	90	3,5	2,3	<i>Thracia myopsis</i>	52	3,3	1,3
Cirripedia	76	15,9	1,9	Ophiuroidea	84	11,6	2,1
Ostracoda	138	10,7	3,5	Holothurioidea	60	4,0	1,5

Alls tókst að safna sýnum af innihaldi 296 ýsumaga (3. tafla). Síðla nætur og fram að hádegi var hlutfall fiska með tóman maga lágt (5 til 10%, 3. tafla) en síðdegis var hlutfall

tómra maga hæst (25%). Um kvöldið lækkaði hlutfallið jafnt og þétt og fyrri hluta nætur, þegar rannsókn lauk, voru allar ýsur með fæðu í maga.

2. tafla. Samanburður á meðallengd (cm) ýsu í Melakrika eftir tíma sólarhrings (klst). SE = standard error. Meðallengdum er raðað í hópa samkvæmt Newman-Keuls prófi (að lokinni fervikagreiningu, ANOVA: F= 23,15; p = 0,0001; frítölur = 6,1211). Röðun meðallengda er táknuð með bókstöfum. Tímar sólarhrings með eins bókstaf höfðu ekki marktækan mun í meðallengd en marktækur munur táknður með mismunandi bókstöfum (a,b,c). Söfnunartímar merktir tveimur bókstöfum var ekki hægt að raða ákveðið í einn hóp.

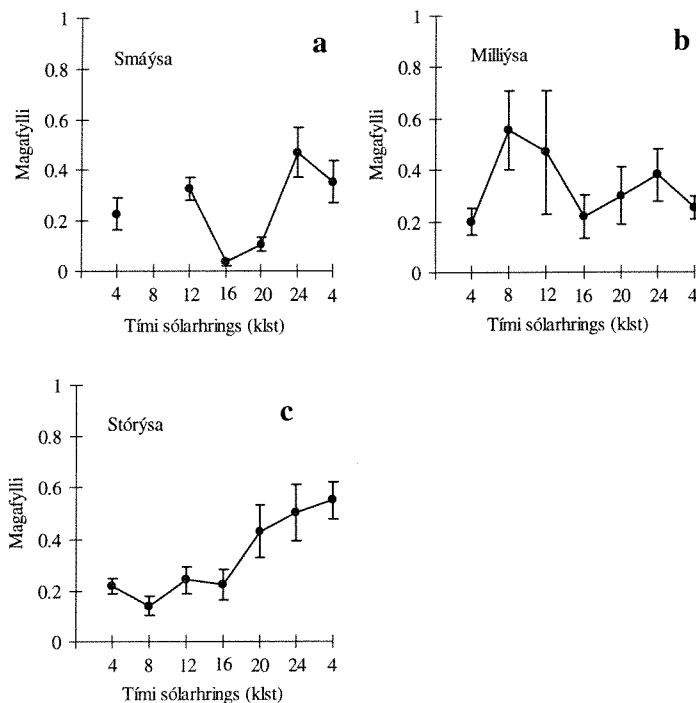
Tími sólarhrings (klst)	Meðallengd ± SE	Newman- Keuls röðun
4	43,9 ± 0,44	a
8	43,4 ± 0,49	a
12	37,2 ± 0,70	b
16	37,0 ± 0,91	bc
20	37,5 ± 0,61	b
24	35,8 ± 0,83	bc
4	33,8 ± 0,71	c

Magafylli var misjöfn eftir því á hvaða tíma sólarhrings magasýnin voru tekin. Þróun í magafylli smáýsu er ekki ljós frá því um nóttina og fram að hádegi þar sem engir fiskar af þeirri stærð veiddust um morguninn (3. mynd a). Fylli smáýsu minnkaði seinni part dags og klukkan 16 var þyngd maga að meðaltali 0,03% af þyngd fisks og var marktækt minnst á þeim tíma (ANOVA: F = 6,92, p = 0,0001, frítölur = 5,86 og Newman-Keuls próf, p < 0,05). Um kvöldið jókst magafylli á ný og náði hámarki um og eftir miðnætti, en þá var fylling marktækt meiri en að deginum (0,4-0,5% af þyngd fisks, 3. mynd a). Hjá milliýsu óx magafylling síðla nætur og var í hámarki um morguninn (0,6% af þyngd fisks, 3. mynd b) minnkaði seinni hluta morguns og fram eftir degi. Magafylli var í lágmarki seinni part dags (0,2%) en virtist aukast aftur um kvöldið. Munur á

3. tafla. Heildarfjöldi ýsumaga sem rannsakaðir voru skipt eftir stærðarflokkum og tíma sólarhrings (klst). Tölur innan sviga sýna hlutfall tómrá maga (%). Smáýsa 10-29 cm, milliýsa 30-39 cm, stórýsa 40-59 cm.

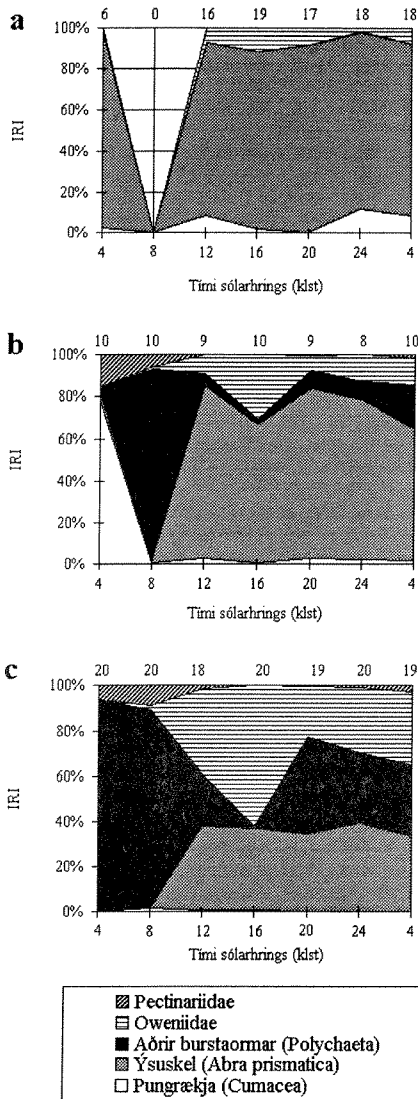
Stærðarflokkur	Tími sólarhrings (klst)							Magar alls
	4	8	12	16	20	24	4	
Smáýsa	6 (17)	0	16 (0)	19 (21)	17 (12)	18 (0)	18 (0)	94 (8)
Milliýsa	10 (10)	10 (0)	9 (22)	10 (30)	9 (11)	8 (0)	10 (0)	66 (11)
Stórýsa	20 (0)	20 (15)	18 (0)	20 (25)	19 (11)	20 (5)	19 (0)	136 (8)
Magar alls	36 (6)	30 (10)	43 (5)	49 (25)	45 (11)	46 (2)	47 (0)	296 (9)

magafylli frá einu tímabili til annars reyndist ekki marktækur (ANOVA: $F = 1,26$, $p = 0,291$, frítölur = 6, 57). Hjá stórýsu var magafylli marktækt minnst kl 8 um morguninn (0,1%, 3. mynd c, ANOVA: $F = 4,97$, $p = 0,0001$, frítölur = 6, 130) en upp frá því jókst æti jafnt og þétt allan rannsóknatímann. Náði magafylling hámarki upp úr miðnætti (0,6%) og þá var magafylling marktækt hærri en hún var fyrr um morguninn.

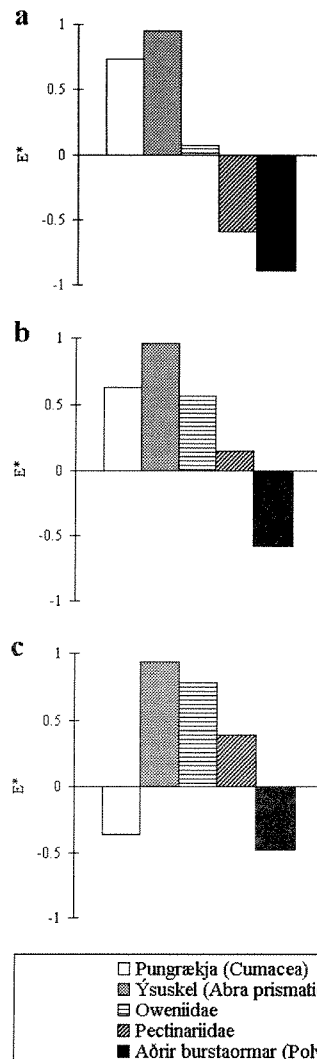


3. mynd. Meðalmagafylli ((þyngd maga/þyngd fisks)x100) ýsu í Melakrika (\pm standard error) eftir stærðarflokkum og tíma sólarhrings (klst). a) smáýsa (10-29 cm), b) milliýsa (30-39 cm), c) stórýsa (40-59 cm).

Alls greindust 74 fæðuhópar í ýsumögum frá Melakrika (4. tafla). Af einstökum safnhópum botndýra voru samlokur (Bivalvia) og burstaormar (Polychaeta) langmikilvægasta fæðan (IRI-vísitala 2550,6 og 1389,9) en mikilvægi krabbadýra (Crustacea) í ætinu var mun minna (IRI 614,1). Vægi annara safnhópa var lítið. Ýsuskel (*Abra prismatica*) var langsamlega mikilvægasta samlokan í æti ýsunnar (IRI 361,5) og af burstaormum voru ormar af ættinni Oweniidae þeir mikilvægustu (IRI 140,0).



4. mynd. Hlutfallslegt vægi (% IRI) mikilvægustu fæðuhópa ýsu í Melakrika eftir tíma sólarhrings (klst) og stærðarflokkuma. a) smáýsa (10-29 cm), b) milliýsa (30-39 cm), c) stórýsa (40-59 cm). Tölur efst á myndinni sýna fjölda magasýna sem voru rannsökuð í hverjum stærðarflokki. Aðrir burstaormar = allir burstaormar að undanskildum Oweniidae og Pectinariidae.



5. mynd. Val (selection index, E*) á mikilvægustu fæðuhópum ýsu í Melakrika skipt eftir stærðarflokkum. a) smáýsa (10-29 cm), b) milliýsa (30-39 cm), c) stórýsa (40-59 cm). Aðrir burstaormar = allir burstaormar að undanskildum Oweniidae og Pectinariidae.

Eins og áður sagði var æti ýsu sett saman úr rúmlega sjötú fæðuhópum en innan hvers stærðarflokks voru einungis tíu hópar sem töldust mikilvægir í æti fiskanna, með 63% til 90% af öllum IRI-vísitölunum (5. tafla). Pungrækjur (Cumacea) og þvengrækjur (Tanaidacea) voru einungis mikilvægar í fæðu smáýsu og vægi burstaorma var mest í æti stórýsu, einkum ormar af ættinni Oweniidae (IRI 682,5). Samlokur voru mikilvægt æti fyrir ýsu af öllum stærðum, einkum ýsuskel sem var langmikilvægasta fæðan hjá smáýsu og milliýsu (IRI 3378,5 og 552,4). Fiskmeti var lítið en slíkt æti kom einungis fyrir í mögum stórýsu og reyndist að mestu leyti vera síli (Ammodytidae).

Dægurbreytingar í fæðunámi smáýsu voru litlar og hlutur ýsuskeljar var ráðandi í æti fiskanna á öllum tímum sólarhringsins (4. mynd a). Seinni hluta morguns átu fiskarnir Oweniidae burstaorma, í litlum mæli þó, og vægi ormannanna var lítið allan rannsóknatímann. Aðrir bustaormar greindust ekki í æti smáýsu. Vægi pungrækju í æti smáýsu var sömuleiðis

lítilfjörlegt og gætti hennar helst í ætinu um hádegis og miðnættið. Fyrri hluta dags voru miklar sviptingar í fæðusamsetningu milliýsu (4. mynd b). Um nóttina átu fiskarnir helst pungrækju og Pectinariidae orma en snemma morguns hafði ýsan söðlað um og át þá nær eingöngu burstaorma af ýmsum gerðum. Seinnihluta morguns urðu enn breytingar í fæðusamsetningu milliýsu. Ýsuskel var þá orðin fyrirferðamesta ætið og mikilvægi hennar í æti milliýsu var yfirgnæfandi það sem eftir lifði dags. Oweniidae burstaormar voru einnig áberandi í æti fiskanna, einkum síðdegis, og í kringum miðnættið var hlutur burstaorma í ætinu vaxandi á kostnað ýsuskeljar. Síðla nætur og fram á morgun át stórýsa eingöngu ýmsar gerðir burstaorma (4. mynd c). Seint um morguninn breyttist fæðusamsetning stórýsu á þann hátt að ýsuskel var þá orðin mikilvægur hluti fæðunnar ásamt Oweniidae ormum, sem voru nánast einu burstaormarnir í æti stórýsu seinnipart dags. Frá því að stórýsa hóf að éta ýsuskel var hlutur hennar í ætinu jafn allan daginn en ásókn stórýsu í Oweniidae orma og aðra burstaorma var hins vegar mismunandi eftir tíma sólarhrings.

4. tafla. Yfirlit yfir fæðu allra stærðarflokka ýsu í Melakrika. Fæðuhópur sem hlutfall af heildarfjölda fæðudýra (%N), fæðuhópur sem hlutfall af heildarþyngd fæðudýra (%W), tíðni fiska með fæðuhóp í maga (%F) og vísitala um mikilvægi fæðuhóps (IRI, index of relative importance). - táknar IRI < 0,3. Ógr. = ógreinanlegt.

Fæðuhópur	%N	%W	%F	IRI	Fæðuhópur	%N	%W	%F	IRI
Hydrozoa	2,2	0,1	2,8	6,4	Prosobranchia	0,1	1,0	0,3	0,3
Polychaeta (alls)	37,9	9,7	29,2	1389,9	Opisthobranchia	0,9	0,3	2,2	2,6
Polychaeta (ógr.)	4,5	1,4	5,2	30,7	Bivalvia (alls)	38,9	59,2	26	2550,6
Sabellidae	0,3	0,2	0,5	0,3	Bivalvia (ógr.)	0,2	17,8	5,6	100,8
Cirratulidae	0,3	0	1,1	0,3	<i>Nuculana minuta</i>	0,4	0,2	0,8	0,5
Nephtyidae	0,2	0,3	0,8	0,4	<i>Crenella decussata</i>	0,4	-	1,3	0,5
Opheliidae	0,6	0,1	1,6	1,1	<i>Thracia</i> sp.	0,7	0,1	1,9	1,5
Aphroditidae	0,9	0,2	2	2,2	<i>Nucula tenuis</i>	0,8	0,4	1,3	1,6
Glyceridae	1,1	0,2	2,6	3,4	<i>Macoma calcaria</i>	2,0	0,3	2,6	6,0
Phyllococidae	1,8	0,1	3	5,7	<i>Arctica islandica</i>	2,2	0,5	2,6	7,0
Orbinidae	3	0,2	2,2	7,0	<i>Spisula</i> sp.	2,0	1,0	2,6	7,8
Pectinariidae	1,7	1,4	2,7	8,4	<i>Abra prismatica</i>	29,6	38,6	5,3	361,5
Oweniidae	22,9	5,1	5,0	140,0	Ophiuroidea (alls)	1,9	3,5	5,7	30,8
Nematoda	0,3	0,1	1,0	0,4	Ophiuroidea (ógr.)	0,7	1,7	2,7	6,5
Sipunculoidea	0,7	0,1	1,5	1,2	<i>Ophiura albida</i>	0,4	0,2	1,1	0,7
Crustacea (alls)	21,0	2,0	26,7	614,1	<i>Ophiopholis aculeata</i>	0,3	1,4	0,6	1,0
Cirripedia	2,7	1,1	1,5	5,7	Echinoidea	0,1	4,1	1,1	4,6
Cumacea (alls)	4,1	-	4,3	17,6	Ascidiacea	0,6	0,9	1,5	2,3
Tanaidacea	1,2	-	1,7	2,0	Teleostei	-	1,0	0,5	0,5
Amphipoda (alls)	3,8	0,3	6,1	25,0	Ammodytidae	0,2	7,1	0,6	4,4
Gammaridea	2,4	0,2	3,4	8,8	Ógreint	0,5	0,9	1,3	1,8
<i>Haploops tubicola</i>	0,5	0,1	0,6	0,4	Rest	-	7,4	3,7	27,4
Corophiidae	0,5	-	1,0	0,5					

Ýsa af öllum stærðum leitaði sérstaklega eftir ýsuskel þar sem hlutfall hennar í mögum var langt umfram það sem fannst í botninum ($E^* \gg 0$, 5. mynd) og burstaormar, aðrir en Oweniidae og Pectinariidae ormar, voru étnir í minna mæli en búast mátti við út frá þéttleika þeirra ($E^* \ll 0$). Auk ýsuskeljar sóttu smáýsur í pungrækjur en burstaorma át hún tilviljanakennt (Oweniidae ($E^* \cong 0$), 5. mynd a) eða forðaðist algerlega ($E^* \ll 0$). Milliýsur völdu sérstaklega ýsuskel, pungrækjur og Oweniidae orma en Pectinariidae ormar átu þær tilviljanakennt (5. mynd b). Öðrum burstaormum var hafnað. Stórýsur sóttu sterkt í ýsuskel og Oweniidae orma en minna í Pectinariidae orma (5. mynd c). Pungrækjur og aðrir burstaormar en þeir sem fyrr eru nefndir, voru ekki eftirsótt æti fyrir stórýsu.

Umræða

Afli stórýsu var nokkuð jafn allan rannsóknatímann en afli smá- og milliýsu breytilegur (2. mynd). Stórýsa var allsráðandi í Melakrika um nóttina og morguninn en á sama tíma veiddist nánast ekkert af smá- og milliýsu. Smáýsa kom inn á svæðið um hádegið og á þeim tíma voru fiskarnir að melta fæðuna en lítið að éta, enda minnkaði magafylli þeirra síðdegis (3. mynd a). Þetta bendir til þess að um morguninn hafi smáýsa verið í æti utan rannsóknasvæðisins í Melakrika. Smáýsan hélt sig á svæðinu meðan næsta áttímabil varði sem endaði um miðnætti þegar magafylli var í hámarki. Minnkandi magafylli um nóttina benti hins vegar til þess að nýtt tímabil meltingar væri hafið en á þeim tíma jókst afli smáýsu á ný með tilsvarendi lækkun í meðallengd (2. tafla). Breytilegt hlutfall smáýsu eftir tíma sólarhrings gaf

5. tafla. Tíu mikilvægustu fæðuhópar hjá þremur stærðarflokkum ýsu í Melakrika. Taflan sýnir IRI-vísitölu fæðuhóps í hverjum stærðarflokki og innan sviga sést hlutfall þeirra af samanlögðum IRI-vísitölum (% af heild). Smáýsa 10-29 cm, milliýsa 30-39 cm, stórýsa 40-59 cm að lengd. Ógr. = ógreinanlegt.

Fæðuhópur	Smáýsa	Milliýsa	Stórýsa
Copepoda	29,3 (0,5)	-	-
Cirripedia	-	-	41,4 (1,6)
Cumacea	238,1 (4,4)	6,2 (0,8)	-
Tanaidacea	166,3 (3,1)	-	-
Gammaridea	40,4 (0,7)	15,4 (2,0)	29,4 (1,1)
<i>Abra prismatica</i>	3378,5 (62,1)	552,4 (70,5)	500,4 (19,3)
<i>Macoma calcarea</i>	76,9 (1,4)	6,9 (0,9)	-
<i>Spisula</i> sp.	-	-	46,7 (1,8)
<i>Arctica islandica</i>	43,2 (0,8)	-	31,3 (1,2)
Polychaeta (ógr.)	22,3 (0,4)	25,2 (3,2)	175,9 (6,8)
Oweniidae	310,1 (5,7)	72,7 (9,3)	682,5 (26,3)
Pectinariidae	-	5,2 (0,7)	58,9 (2,3)
Phyllodocidae	-	8,2 (1,0)	-
Glyceridae	-	4,2 (0,5)	-
Orbinidae	-	-	49,4 (1,9)
Ophiuroidea	26,5 (0,5)	8,4 (1,1)	-
Ammodytidae	-	-	29,7 (1,2)
% af heild	79,6	89,9	63,4

til kynna að smáfiskur hafi verið hreyfanlegur til og frá Melakrika og þá einkum þegar fiskarnir voru að melta fæðuna. Jafn afli á stórýsu benti hins vegar til þess að hún hafi haldið sig á rannsóknasvæðinu við ætisleit allan tímann.

Takmarkaðar upplýsingar fengust um fæðuástand smáýsu snemma um morguninn en vísbending er um að meðal smáýsu skiptist sólarhringurinn í tvö tímabil meltingar (um nóttina og síðdegis, 3. mynd a) og tvö tímabil fæðunáms (um morguninn og kvöldið). Þróunin virtist vera sú sama hjá milliýsu (3. mynd b) þó ekki hafi verið marktækur munur á magafylli eftir tíma sólarhrings. Á hinn bóginn jókst magafylli stórýsu jafnt og þétt frá því árla morguns og fram á næstu nótt án þess að hámarki virtist vera náð (3. mynd c). Þetta gefur til kynna að hjá stórýsu skiptist sólarhringurinn í tvö tímabil, meltingu (frá því seinni hluta nætur og fram á morgun) og át (frá síðdegi og fram á kvöld). Dægurbreytingar í fæðunámi eru þekktar meðal fiska (t.d. Brodeur og Pearcy 1987, Corcobado Oñate 1991, Tanasichuk o.fl. 1991) og

niðurstöður tilrauna í búrum benda til þess að ýsan noti sjónina við ætisleit sína og éti fyrst og fremst þegar birtu nýtur, einkum síðdegis og fram í ljósaskipti (Hall 1987). Rannsóknin í Melakrika fór fram þegar bjart var allan sólarhringinn (sólarupprás kl. 03:07, sólarlag kl. 23:48, Anon. 1989) og myrkurs gætti ekki við botn, enda dýpi í Melakrika lítið. Skilyrði voru því góð til fæðuleitar fyrir ýsuna allan sólarhringinn og búast mátti við litlum dægursveiflum í fæðunámi ýsunnar. Engu að síður voru dægurbreytingar í átinu hjá ýsunni, þó með misjöfnum hætti væru. Aðrar athuganir á atferli ýsu benda til þess að hún noti ekki sjónina við ætisleit heldur fyrst og fremst sneringu og bragð. Við fæðunám tekur ýsan upp í sig botnset og síar setið út um tálknin og spýtir jafnframt út úr sér stærri óætum hlutum áður en bráðin er gleypt (Tseeb 1962, sjá tilvísun hjá Mattson 1992). Líklegra er að ýsan hafi þennan hátt á við fæðunám frekar en að hún noti sjón við leit að æti þar sem ýsuskel og Oweniidae burstaormar, helsta fæða ýsu í Melakrika (5. tafla), eru grafin niður í setið og því ósennilegt að augu ýsunnar hafi getað greint bráðina. Orsakir dægurbreytinga í fæðunámi ýsu í Melakrika voru því aðrar en birtuskilyrði til fæðunáms. Hraði fæðunnar um maga fisks er háð stærð hans og jafnstór máltíð getur verið um fjórum sinnum lengur að tæmast úr maga smáýsu en úr maga stórýsu (Jones 1974). Líklegt er að smáýsa í Melakrika hafi orðið að liggja á meltunni meðan maginn var að tæmast áður en hún gat byrjað að éta á ný og að þessi takmörkun hafi orsakað umskiptin milli meltingarfasa og fæðunáms meðal smáýsunnar. Hjá stórum fiskum er melting hins vegar afkastamikil og mögulegt er fyrir þá að innbyrða mikið æti áður en afkastamarki meltingar er náð og fiskarnir þurfa að hætta að éta. Stöðug aukning í magafylli hjá stórýsu í Melakrika allt rannsóknatímabilið bendir til þess að stórýsu hafi nýst lengri tími til áts en smáýsu og orsakað lengri dægursveiflu í magafylli stórýsu en smáýsu. Því er líklegt að dægurbreytingar í fæðunámi ýsu í Melakrika hafi orsakast af mismunandi afkastagetu meltingar hjá fiskunum.

Hugsanlegt er að fæða fiska endurspegli hvaða dýr eru algeng á búsvæði þeirra og því sé mikilvægi ætis í réttu hlutfalli við það hversu oft fiskar rekast á bráðina, þ.e. tilviljanakennt át. Einnig er hugsanlegt að fæðunám sé sérhæft og lýsi sér í því að fæða er í öfugu hlutfalli við þéttleika bráðarinnar á ætisslóð fiskanna. Ef þannig háttar til geta fiskar annað hvort verið að velja ætið (mergð fæðuhóps meiri í maga en í umhverfinu) eða forðast hana (mergð fæðuhóps minni í maga en í umhverfinu). Ýsuskel var mjög mikilvæg fæða fyrir ýsu af öllum stærðum, einkum þó smáýsu, en þéttleiki skeljanna var hins vegar lítill í Melakrika (< 1% af heildarfjölda dýra). Lítið framboð af ýsuskel en jafnframt sterkt val fyrir henni hjá öllum stærðarflokkum ýsu (5. mynd) gefur tilefni til að ætla að í Melakrika hafi verið samkeppni milli fiskanna um ætið. Þó er líklegt að valvísirinn ofmeti val fiskanna fyrir ýsuskel (E^* um 0,95) þar sem hann er viðkvæmur fyrir dýrum sem hafa lítinn þéttleika (Lechowicz 1982, Confer og Moore 1987) og þéttleiki ýsuskelja var reyndar mjög lítill í Melakrika. Þó raunverulegt val fyrir ýsuskel hafi verið minna en hér mældist er ósennilegt að það breyti þeirri mynd að ýsan í Melakrika sótti sérstaklega eftir skeljunum eða líkum á því að fiskarnir hafi verið í samkeppni um fæðuna. Álitnið er að fiskar sem keppa um fæðu éti á mismunandi tímum sólarhringsins og með þeim hætti verði áhrif samkeppninnar á viðgang fiskanna sem minnst (t.d. Gibson og Ezzi 1987). Ætla má að smá- og milliýsur í Melakrika hafi verið í ætisleit á sama tíma þar sem dægurbreytingar í magafylli voru áþekkar, enda þótt upplýsingar um smáýsu hafi vantað um morguninn (3. mynd a og b). Ýsuskel var langmikilvægasta fæðan í báðum þessum stærðarflokkum (5. tafla) en um morguninn át milliýsa pungrækjur og burstaorma á sama tíma og smáýsa var að mestu leyti í ýsuskel (4. mynd a og b). Sókn fiskanna í mismunandi æti þá um morguninn gerir samkeppni milli fiska í þessum stærðarflokkum ólíklega og jafnframt sýna aflatölur að smáýsa var að mestu leyti utan rannsóknasvæðisins (2. mynd), sem minnkar enn frekar líkur á samkeppni milli þessara stærðarflokka. Ef samkeppni milli fiska um æti var raunveruleg mun hún einungis hafa getað átt sér stað um kvöldið því þá voru ýsur af öllum stærðum í fæðuleit (3. mynd) og ýsuskel var mikilvæg í æti þeirra allra. Bæði milli- og stórýsur leituðu ákveðið að ýsuskel og burstaormum (5. mynd b og c) en þó svo að val á þessu æti hafi verið sterkt sótti stórýsa meira

í burstaorma á sama tíma og milliýsur átu frekar ýsuskel (4. mynd b og c). Báðir þessir stærðarflokkar ýsu átu því sams konar fæðu en mismunandi vægi fæðunnar, og sú staðreynd að át fiskanna fór fram á mismunandi tímum sólarhrings, bendir hins vegar til þess að milli- og stórýsa hafi deilt með sér ætinu í Melakrika á þann hátt að samkeppni væri sem minnst.

Fyrri athuganir á fæðuháttum ýsu gerðar við Vestfirði (Bogi Ingimarsson 1974) og á Selvogsbanka (Jörundur Svavarsson 1980) gáfu vísbendingu um að ýsa væri að einhverju leyti sérhæfð í fæðuvali sínu þar sem sum fæðudýr, einkum burstaormar og samlokur, voru algengari í fiskmögum en í botni. Í þessum rannsóknum var þó ekki gerð tilraun til þess að setja mælikvarða á fæðuval, með því að reikna út valvísa líkt og hér var gert. Því er erfitt að gera beinan samanburð á ýsu í Melakrika og öðrum hafsvæðum við Ísland varðandi fæðuval. Þessi rannsókn sýnir að í Melakrika voru fá botndýr veigamikil fæða fyrir ýsuna (5. tafla) og að fiskarnir leituðu sérstaklega að ætinu innan búsvæðisins. Ýsan hefur sérhæft sig í áti á dýrum sem grafa sig grunnt niður í botninn en slíkt gera ýsuskel og Oweniidae ormar (Jumars og Fauchald 1978) svo og aðrir burstaormar sem fundust í æti milli- og stórýsu (4. mynd), einkum Aphroditidae og Orbiniidae ormar. Í æti ýsunnar var hins vegar lítið af ásætum eða dýrum sem hreyfa sig um á botninum. Þessar niðurstöður eru í samræmi við fyrri rannsóknir á fæðuháttum ýsu (Hermann Einarsson 1941, Bogi Ingimarsson 1974, Jörundur Svavarsson 1980 og Mattson 1992) og er í takt við athuganir á atferli hennar sem sýndu að ýsan gleypir botnset og síar fæðuna frá setinu áður en bráðin er étin (Tseeb 1962, sjá tilvísun hjá Mattson 1992).

Þakkarorð

Þakkir sendi ég Vísindaráði fyrir fjárstuðning til þessara rannsókna og öllum þeim sem aðstoðuðu við rannsóknina. Sérstakar þakkir vil ég færa Ragnhildi Ólafsdóttur, starfsmanni á Rannsóknastöðinni í Sandgerði, fyrir greiningu á magasýnum sem hún vann af vandvirkni og samviskusemi. Einnig vil ég færa þeim Antoni Galan, Guðmundi Víði Helgasyni og Jóni Bogasyni bestu þakkir fyrir hjálp þeirra við greiningu á botndýrum og áhöfninni á rannsóknaskipinu Dröfn þakka ég fyrir aðstoð við söfnun á sýnum. Stefán Áki Ragnarsson og Ólafur S. Ástþórsson lásu handritið yfir og færðu margt til betri vegar og kann ég þeim bestu þakkir fyrir.

Heimildir

- Anon., 1989. Almanak Hins íslenska Þjóðvínafélags 1990. 116. árgangur, Reykjavík, 214 s.
- Bogi Ingimarsson, 1974. Fæða ýsu (*Melanogrammus aeglefinus* (L.)) í Djúpál og Víkurál. Könnun í desember 1973. Líffræðiskor Háskóla Íslands, Reykjavík, handrit. 30 s.
- Brodeur, R.D., W.G. Pearcy, 1987. Diel feeding chronology, gastric evacuation and estimated daily ration of juvenile coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum), in the coastal marine environment. *J. Fish. Biol.*, 31: 465-477.
- Carter, C.G., D.J. Grove, D.M. Carter, 1991. Trophic resource partitioning between two coexisting flatfish species off the north coast of Anglesey, North Wales. *Neth. J. Sea Res.*, 27: 325-335.
- Confer, J.L., M.V. Moore, 1987. Interpreting selectivity indices calculated from field data or conditions of prey replacement. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 44: 1529-1533.
- Corcobado Oñate, F., 1991. Food and daily ration of the rock sole *Lepidopsetta bilineata* (Pleuronectidae) in the eastern Bering Sea. *Mar. Biol.*, 108: 185-191.
- Gerking, S.D., 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press, San Diego, 416 s.
- Gibson, R.N., I.A. Ezzi, 1987. Feeding relationships of a demersal fish assemblage on the west coast of Scotland. *J. Fish. Biol.* 31: 55-69.
- Hacunda, J.S., 1981. Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. *Fish. Bull.*, 79: 775-788.
- Hall, S.J., 1987. Maximum daily ration and the pattern of food consumption in haddock, *Melanogrammus aeglefinus* (L.), and dab, *Limanda limanda* (L.). *J. Fish. Biol.* 31: 479-491.
- Hermann Einarsson, 1941. Survey of the benthonic animal communities of Faxa Bay (Iceland). *Medd. Komm. Danm. Fisk. Havunders.*, 11: 1-46.
- Hyslop, E.J., 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17: 411-429.

- Jones, R., 1974. The rate of elimination of food from the stomachs of haddock *Melanogrammus aeglefinus*, cod *Gadus morhua* and whiting *Merlangius merlangus*. J. Cons. int. Explor. Mer., 35: 225-243.
- Jumars, P.A., K. Fauchald, 1978. Between-community contrasts in successful Polychaete feeding strategies. in: Ecology of marine benthos (B.C. Coull ed.), University of south Carolina Press, Columbia, 1-20.
- Jörundur Svavarsson, 1980. Botndýralíff á Selvogsbanka. Líffræðiskor Háskóla Íslands, Reykjavík, fjölrít.
- Lechowicz, M.J., 1982. The sampling characteristics of electivity indices. Oecologia, 52: 22-30.
- MacArthur, R.H., E.R. Pianka, 1966. On optimal use of a patchy environment. Am. Nat., 100: 603-609.
- Macdonald, J.S., R.H. Green, 1986. Food resource utilization by five species of benthic feeding fish in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43: 1534-1546.
- Mattson, S., 1992. Food and feeding habits of fish species over a soft sublittoral bottom in the northeast Atlantic. 3. Haddock (*Melanogrammus aeglefinus* (L.)) (Gadidae). Sarsia, 77: 33-45.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar, 7: 1-60.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant, I.L.K. Iverson, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Calif. Dep. Fish Bull. 152, 105 s.
- SAS 1988. SAS/STAT User's Guide, Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, 1028 s.
- Tanasichuk, R.W., D.M. Ware, W. Shaw, G.A. McFarlane, 1991. Variations in diet, daily ration, feeding periodicity of pacific hake (*Merluccius productus*) and spiny dogfish (*Squalus acanthias*) off the lower west coast of Vancouver Island. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 2118-2128.
- Tseeb, R.I., 1962. On the mode of haddock feeding on benthos. Zoologicheskii Zhurnal 41: 110-115. (á rússnesku, enskur údráttur).
- Vanderploeg, H.A., D. Scavia, 1979. Calculation and use of selectivity coefficients of feeding: zooplankton grazing. Ecol. Modelling, 7: 135-149.

Fæðuhættir og atferli þorsks

Fæðunám þorsks

Ólafur Karvel Pálsson

Hafrannsóknastofnunin

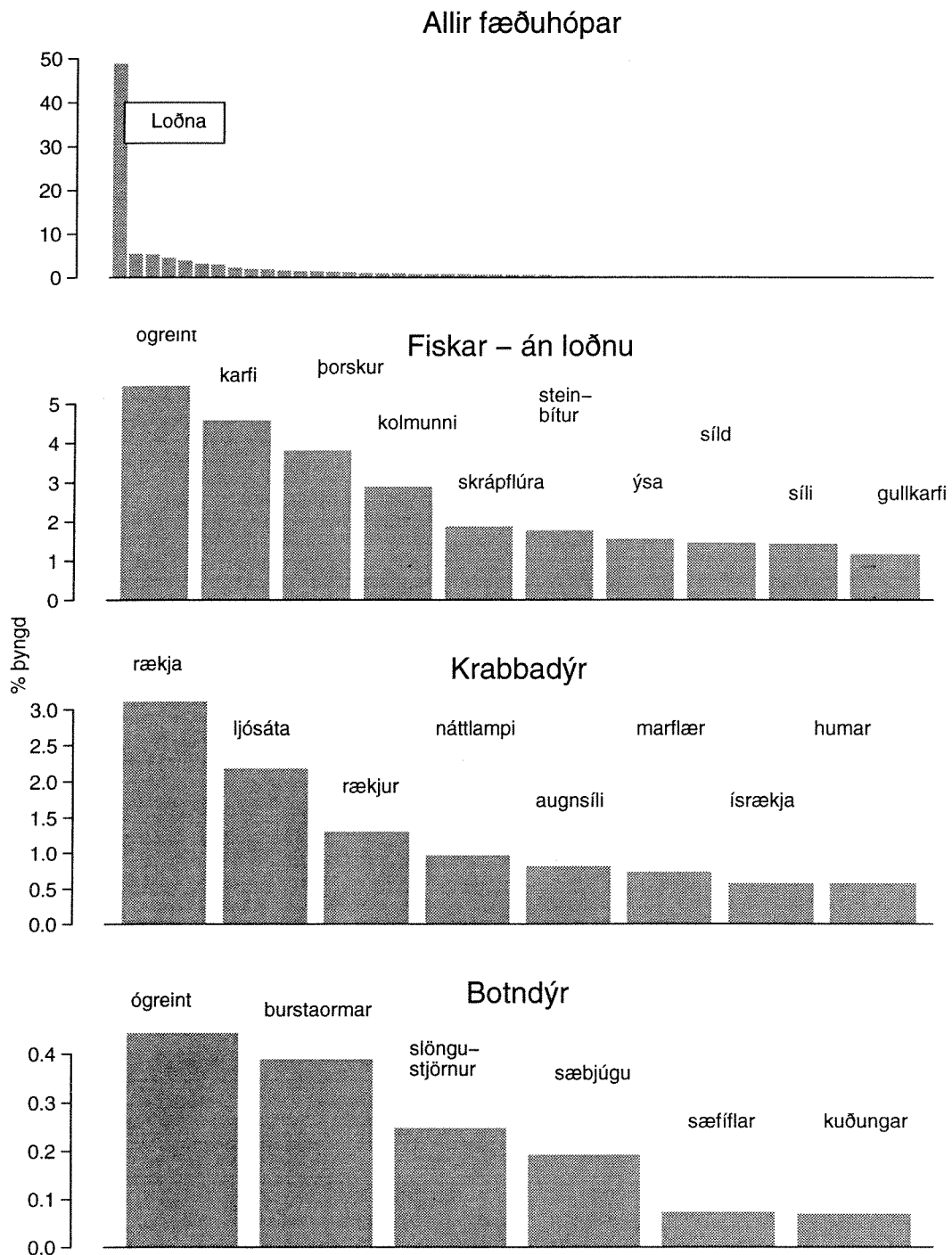
Ágrip

Eitt af stærstu verkefnum fjölstofnaáætlunar lýtur að rannsóknum á fæðu botnfiska, þar á meðal þorsks. Gögnum til rannsókna á fæðu þorsks hefur verið safnað árlega allt frá árinu 1979. Heildargagnasöfnun á tímabilinu 1979-95 er tæplega 78 þúsund magar. Vægi loðnu í fæðu þorsks er ótvírætt þegar þessi gögn eru skoðuð. Hlutdeild loðnu í magainnihaldi (% þyngd) á grundvelli allra gagna (1979-95) er 49%. Vægi annarra fiska er næstmest. Þar er um að ræða karfa (4.6%), þorsk (3.8%), kolmunna (2.9%), skrápflúra (1.9%), steinbít (1.8%), ýsu (1.6%), síld (1.4%), síli (1.4%) og fleiri tegundir. Af krabbadýrum hafa aðeins rækja (3.1%) og ljósáta (2.2%) nokkurt vægi. Vægi einstakra hópa botndýra er lítið í fæðu þorsks eða minna en 0.4%. Enda þótt vægi loðnu sé mikið er það þó breytilegt eftir lengd þorsks. Allra smæsti þorskurinn étur lítið af loðnu en þó er vægi hennar orðið verulegt hjá 20 cm þorski samkvæmt gögnum frá 1992. Botnfiskar eins og karfi, þorskur, ýsa og skrápflúra eru lítið étnir af minni þorski en 60 cm. Rækja er einkum étin af 20-50 cm þorski og ljósáta er mest étin af þorski minni en 20 cm. Breytileiki eftir árstíma er mikill miðað við gögn frá 1992. Loðna er yfirgnæfandi fæða í mars og er um 70% magainnihalds hjá 30-89 cm þorski. Vægi loðnu er minnst í júlí en miðlungs í nóv.-des. 1992. Vægi botnfiska er yfirleitt minnst í mars, næstmest að sumarlagi (júlí) og mest að hausti (nóv.-des.). Vægi sílis er einna mest að sumarlagi og sama á við um rækju. Vægi ljósátu (náttlampa) er áberandi mest að sumarlagi. Mælingar á stærð bráðar sýna talsverðan breytileika eftir árstíma og/eða stærð ránfisks. Smáþorskur (20-29 cm) étur einkum loðnuseiði, en með vaxandi lengd velur þorskurinn stærri loðnu og þorskur stærri en 80 cm étur nánast eingöngu loðnu > 12 cm. Mælingar á stærð rækju í þorskmögum sýna sambærilega þróun í stærð bráðar. Botnfiskar sem bráð þorsks, svo sem þorskur, ýsa, skrápflúra, steinbítur og gullkarfi, eru yfirleitt minni en 40 cm, og mest er af bráð minni en 15 cm. Uppsjávarfiskar eins og síld, kolmunni og síli eru yfirleitt minni en 20 cm sem bráð þorsks. Athugun á magafylli þorsks af loðnu, rækju og heildarfæðu yfir tímabilið 1979-95 sýnir að nokkrar sveiflur hafa átt sér stað. Loðnumagn er í lægð upp úr 1980, þegar loðnustofninn var í mikill lægð, en nær síðan hámarki 1984 og 1988. Frá 1989 hefur loðnumagn í maga verið mun jafnara. Rækjumagn í maga var nánast óbreytt 1983 til 1992 en hefur aukist nokkuð síðustu ár. Heildarmagafylli hefur þróast í meginráttum eins og loðnumagn, en aukist nokkuð síðustu ár í takt við vaxandi rækjumagn.

Inngangur

Fæða þorsks hefur verið rannsóknarefni allt frá upphafi fiskirannsókna hér við land. Í bók sinni "Fiskarnir" lýsir Bjarni Sæmundsson (1926) fæðuvekjum þorsksins ítarlega og kemst m.a. að eftirfarandi niðurstöðu um þorskinn: "Hann er mjög gráðugur fiskur 'etur alt sem að kjafti kemur', ætt og óætt mætti nærri segja". Þessi túlkun er að því leyti rétt að fæðuval þorsksins er mjög fjölbreytt. Þó er ljóst að fæða hans er að mörgu leyti frábrugðin fæðu annarra fiska, svo sem ýsu eða steinbíts. Enda þótt fjölbreytni fæðunnar sé mikil, velur hann tiltekna fæðu umfram aðra. Þessi megineinkenni hafa komið fram í fyrri rannsóknum hér við land, sbr. Rae (1966) og Ólafur K. Pálsson (1983). Einnig hafa rannsóknir á öðrum hafsvæðum leitt hliðstæðar niðurstöður í ljós fyrir þorsk í Norðursjó (Daan 1980), í Barentshafi (Mehl 1989) og við Nýfundnaland (Lilly 1991). Í reynd er fæðuval regla meðal fiska sem þannig afmarka sér ákveðna fæðuvistfræðilega hillu.

Tilgangur þessarar greinar er að lýsa nokkrum þáttum í fæðuvekjum þorsks og er einkum stuðst við gögn sem safnað var árið 1992 í umfangsmiklu fjölstofnaverkefni Hafrannsóknastofnunarinnar. Samfelldar rannsóknir hafa verið gerðar á fæðu þorsks mun lengur eða allt frá árinu 1979 og verða þau gögn nýtt í nokkrum tilvikum.



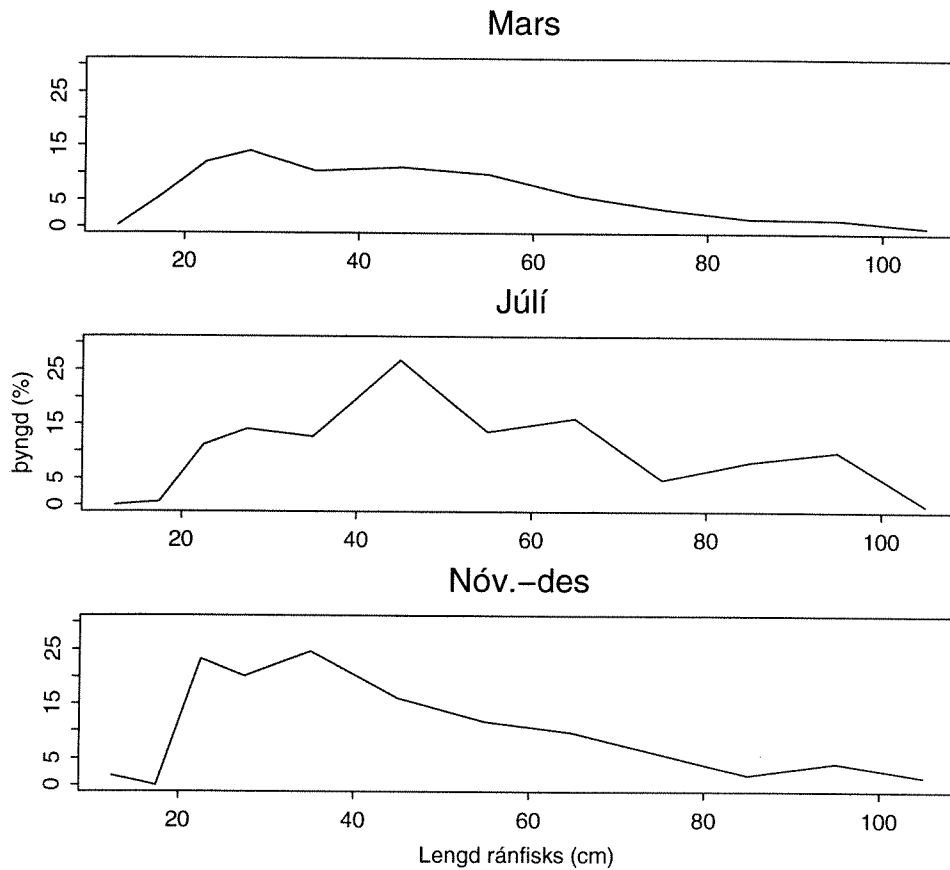
1. mynd. Helsta bráð þorsks (% þyngd) skv. gögnum 1979-95.

Gögn og aðferðir

Heildarumfang gagna tímabilið 1979-95 er tæplega 78 þúsund þorskmagar, þar af 8373 magar árið 1992, þar af 4410 í mars, 1885 í júlí og 2078 magar í nóvember-desember. Á umræddu tímabili hefur gögnum yfirleitt verið safnað þrisvar sinnum á ári og hefur umfang þeirra yfirleitt verið mest í mars, en svipað að sumarlagi (júní-ágúst) og að haustlagi (september-desember).

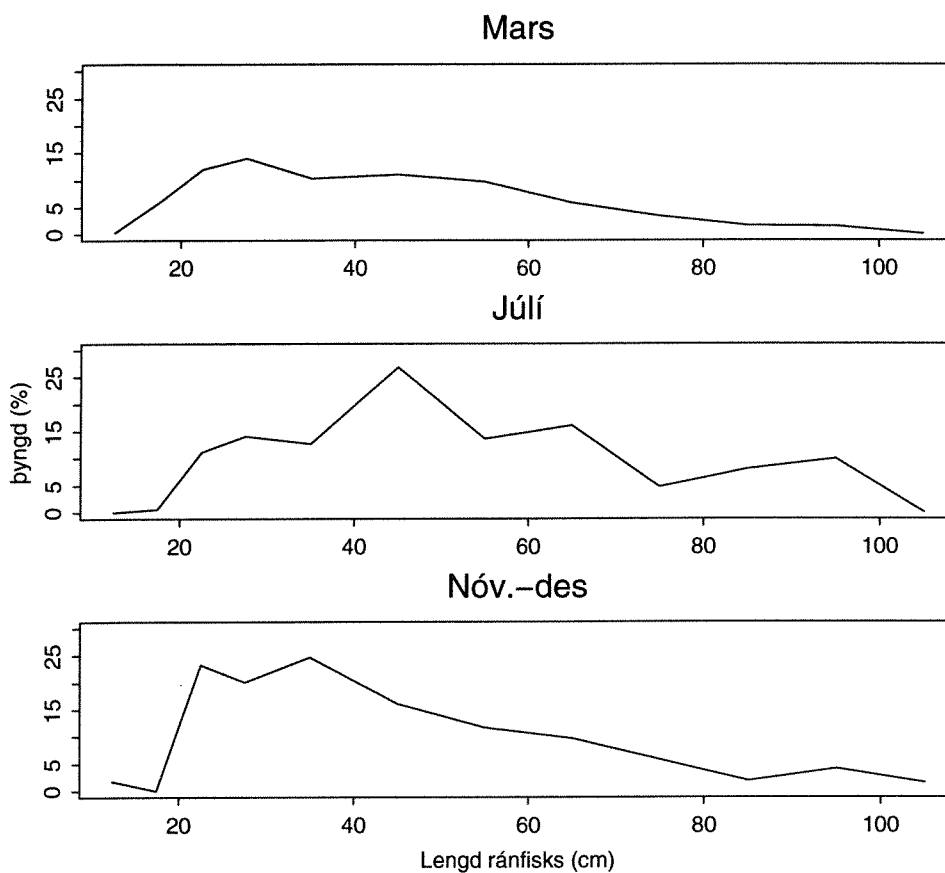
Tímabilið 1979-92 var gagnasöfnun hagað þannig að allt að 10 mögum var safnað í hverjum lengdarflokki þorsks og voru magarnir settir saman í ílát og greindir á rannsóknastofu í landi. Þessi aðferð réðst einkum af þeirri “hagkvæmni” sem felst í því að sameina innihald

nokkurra maga við söfnun og úrvinnslu. Á hinn bóginn hefur aðferðin þann anmarka að torveldi greiningu gagna með tilliti til einstakra fæðugerða svo og varðandi tölfræðilega greiningu á niðurstöðum. Frá árinu 1993 hafa gögn því verið greind á hafi úti um borð í rannsóknaskipunum og hefur úrvinnsla beinst að hverjum einstökum maga frá þeim tíma.



2. mynd. Meðalmagn loðnu (% þyngd) í maga þorsks á ýmsum árstímum 1992.

Greining og úrvinnsla magainnihalds felst í talningu á fjölda fæðudýra af hverri tegund sem nokkuð algeng reynist í fæðunni, að því gefnu að unnt sé að greina fæðuna vegna meltingar. Þyngd hverrar tegundar eða fæðuhóps er síðan fundin. Ennfremur er lengd fiska af hverri tegund og algengra hryggleysingja, svo sem rækju, skráð. Stærð annarra hryggleysingja hefur einnig verið skráð á síðari árum eða allt frá 1992. Einnig var meltingarstig bráðar metið á þriggja stiga kvarða (0=ómelt, 1=melting hafin, 2=ómeltanleg leif) hvað varðar gögn frá 1992.



3. mynd. Meðalmagn rækju (% þyngd) í maga þorsks á ýmsum árstímum 1992.

Niðurstöður eru hér settar fram með nokkrum einföldum aðferðum. Útbreiðsla helstu bráða er reiknuð sem hlutfall meðalþyngdar magainnihalds af meðalheildarþyngd þess. Hlutfallið er reiknað sérstaklega fyrir hvern lengdarflokk þorsks á hverri stöð og síðan reiknað meðalhlutfall yfir alla lengdarflokka á hverri stöð. Það gildi er sýnt sem hringur og er flatarmál hringins í réttu hlutfalli við umrætt hlutfall.

Hlutdeild bráðar eftir lengd þorsks er sýnd með sambærilegum hætti reiknað fyrir hvern lengdarflokk. Lengdarbreifing bráðar er einfaldlega sýnd sem fjöldi bráðar í hverri lengdareiningu, þ.e. lengd fiska í cm, skjaldarlengd rækju í mm og heildarlengd náttlampa í mm.

Magafylli loðnu (PFI^{cap}) og heildarmagafylli (TFI) er reiknað skv. eftirfarandi,

$$PFI^{cap} = \frac{1}{S} \sum_s \left(W^{cap} / L^3 \cdot 10^4 \right)_s$$

$$TFI = \frac{1}{S} \sum_s \left(W^{tot} / L^3 \cdot 10^4 \right)_s$$

w^{cap} = magn loðnu í maga

w^{tot} = heildarmagn í maga

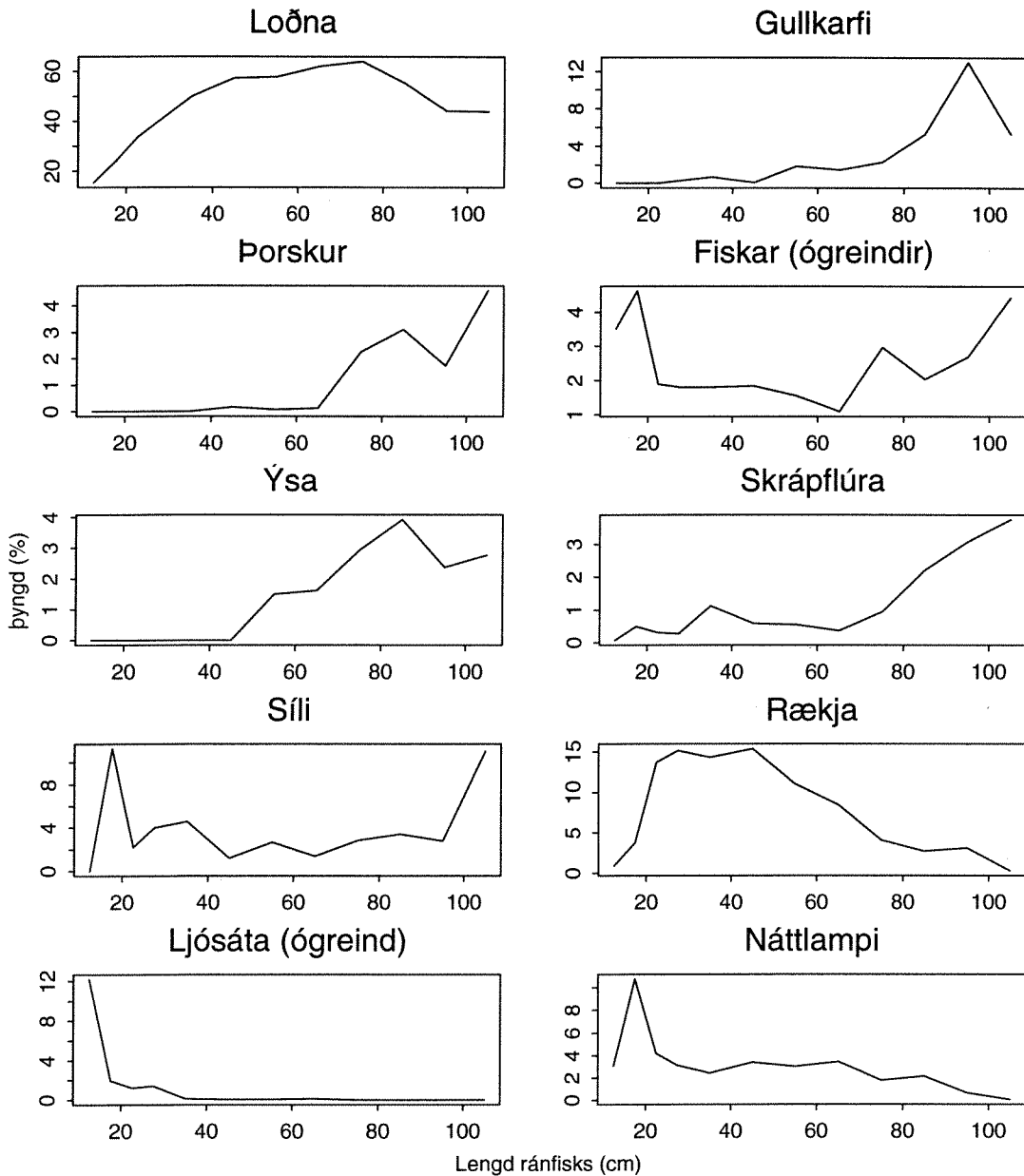
L = lengd þorsks

s = sýni

S = Fjöldi sýna

Niðurstöður

Hlutfall bráðar



4. mynd. Meðalmagn nokkurra bráða þorsks 1992 (% þyngd)

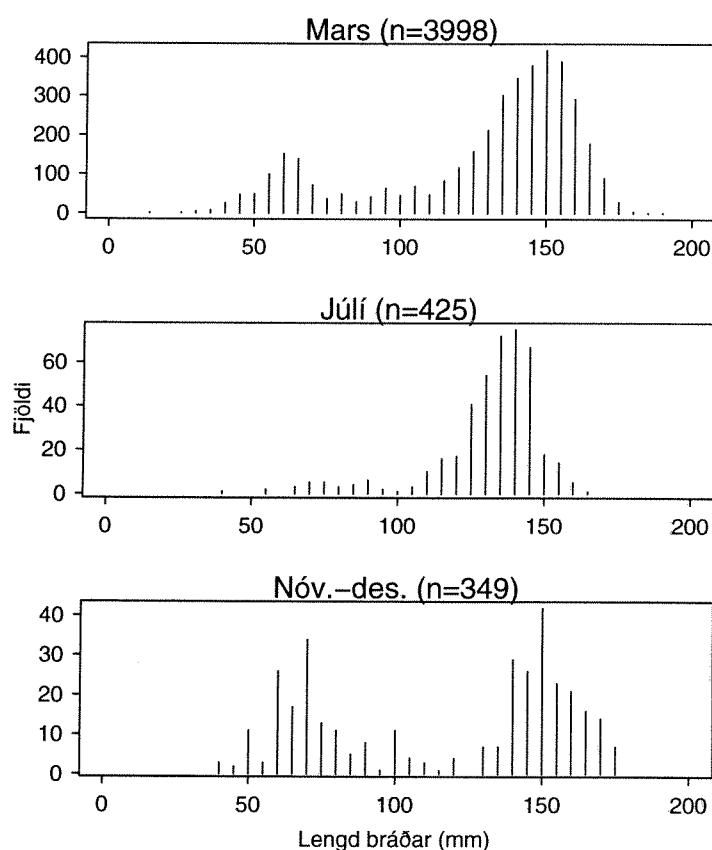
loðnu skýrt í ljós (1. mynd) þar sem hún er um 49% af þunga fæðu úr öllum sýnum á þessu tímabili. Hér er aðeins um grófa niðurstöðu að ræða þar sem gögn frá einstökum árum eða árstímum eru ekki vegin með tilliti til umfangs sýna. Engu að síður er hér um svo afgerandi þegar hlutfall bráðar (% þyngd) er kannað í öllum gögnum 1979-95 kemur yfirgnæfandi vægi vægi loðnu að ræða að ekki fer á milli mála hvaða bráð skiptir þorskinn mestu máli. Önnur bráð verður nánast léttvæg í samanburði við loðnu. Ýmsar tegundir fiska hafa nokkurt vægi sem fæða, þar á meðal karfi, þorskur, kolmunnur og ýmsir aðrir nytjafiskar og nemur hlutdeild hvers þeirra nokkrum prósentustigum. Af krabbadýrum er rækja (*Pandalus borealis*) og ljósáta mikilvægust. Botnlægir hryggleysingar eru á hinn bóginn óverulegur hluti fæðunnar.

Fæða fiska einkennist af verulegum breytingum með tilliti til lengdar ránfisks. Slíkar breytingar má glögglega sjá á 2.-4. mynd fyrir loðnu, rækju og ýmsa aðra bráð samkvæmt

gögnum safnað árið 1992. Hlutfall loðnu er mjög hátt í mars hjá þorski 30 cm að lengd og stærri (2. mynd). Í júlí er hlutfallið mun lægra en hækkar aftur í nóvember-desember. Smæsti og stærsti þorskurinn étur þó lítið af loðnu á þessum árstímum.

Hlutfall rækju er mun lægra en hlutfall loðnu 1992 og með öðrum hætti hvað varðar lengd þorsks (3. mynd). Þorskur minni en 20 cm étur nánast enga rækju, en vægi hennar í magainnihaldi tekur hinsvegar mikið stökk hjá stærri fiski og er yfirleitt í hámarki hjá 20-40 cm fiski, en fer síðan minnkandi með lengd ránfisksins. Ekki er mikill munur á vægi rækju í heild eftir árstíma en þó er það einna minnst í mars.

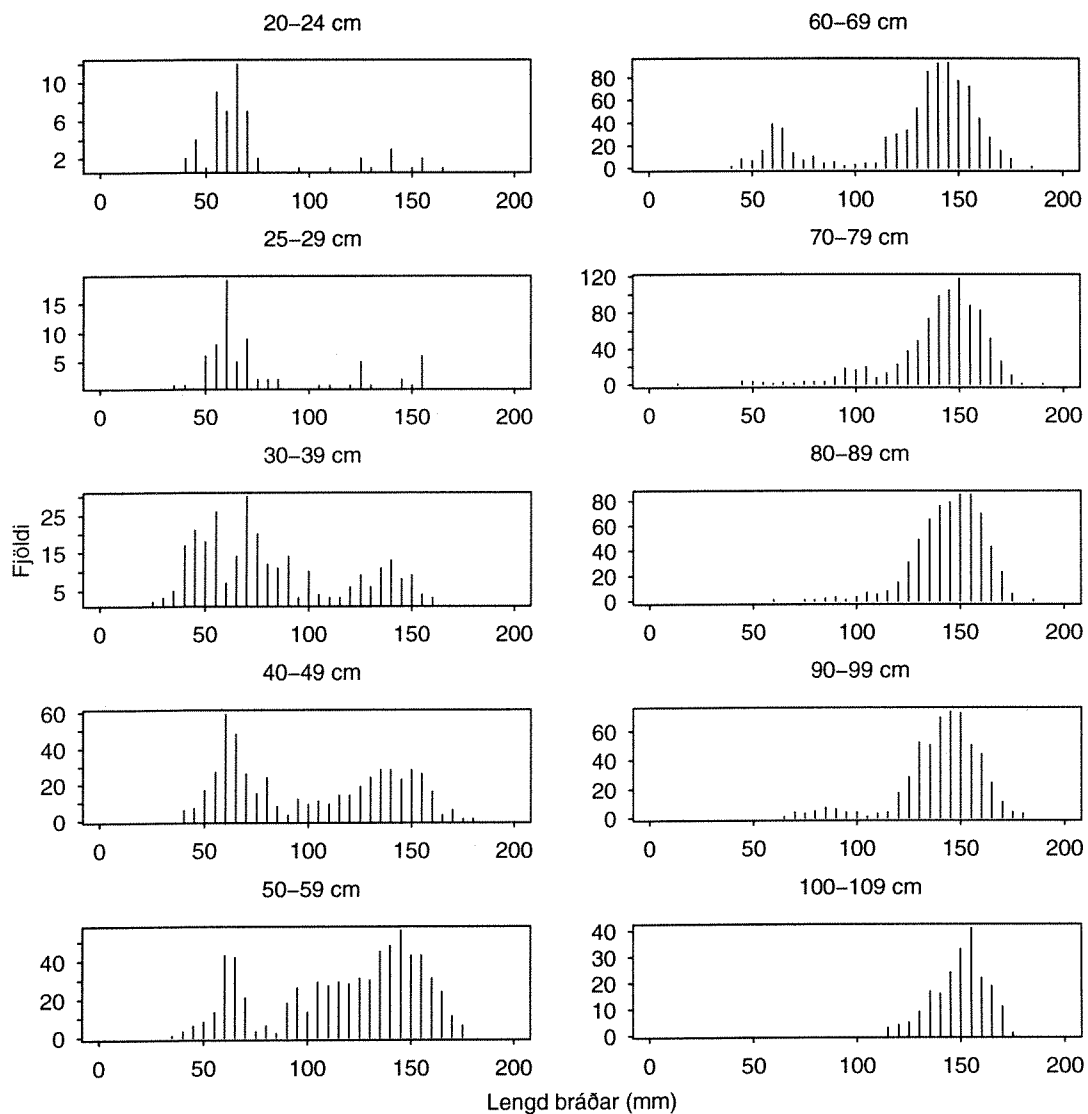
Hlutfall helstu bráðar eftir lengd ránfisks er sýnd á 4. mynd byggt á gögnum árið 1992 þar sem mismunandi árstímar hafa jafnt vægi. Hlutur loðnu er augljós í þessu tilliti nema hjá smæsta fiskinum. Um ýmsa botnlæga fiska sem bráð, svo sem gullkarfa, þorsk, ýsu og skrápflúru, gildir að vægi þeirra er takmarkað hjá smæsta þorskinum en vex mjög ört hjá þorski um og yfir 50 cm. Vægi rækju er mest hjá 20-49 cm þorski en minnkar stöðugt eftir það. Ljósáta er á hinn bóginn nokkuð mikilvæg hjá þorski minni en 20 cm.



5. mynd. Lengdardreifing loðnu (fjöldi mældra fiska) í þorskmögum eftir árstíma 1992.

Lengdardreifing bráðar

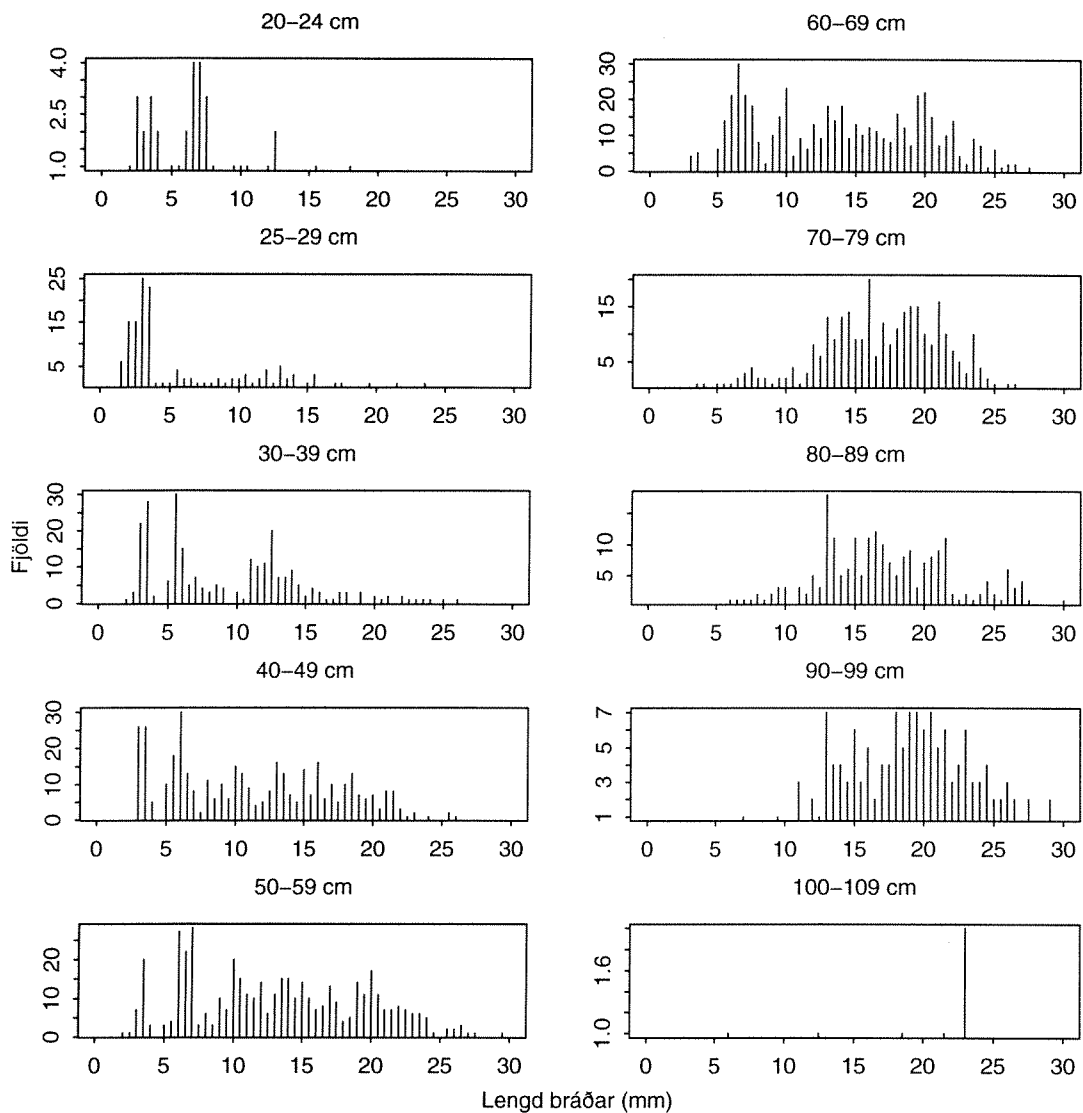
Lengdardreifing loðnu í þorskmögum á mismunandi árstímum er sýnd á 5. mynd. Loðna um og yfir 15 cm (þriggja ára og eldri) er algengust í þessu tilliti einkum í mars og júlí. Toppur eins árs loðnu (um 6 cm) er greinilegur í mars og með góðum vilja má greina tveggja ára loðnu um 10 cm lengd. Í júlí er lengdardreifingin tiltölulega einhæf og einkennist af bráð um og yfir 12 cm (tveggja ára og eldri). En í nóvember-desember er loðna á fyrsta ári talsvert áberandi auk stærri bráðar.



6. mynd. Lengdardreifing loðnu í þorskmögum eftir lengdarflokki þorsks.

Umfangsmiklar mælingar á stærð loðnu í þorskmögum gera kleift að skoða breytingar með tilliti til lengdar ránfisksins (6. mynd). Í ljóst kemur að minnsti þorskurinn (minni en 30 cm) étur einkum smæstu loðnuna. Hjá þorski á lengdarbilinu 30-69 cm minnkar hlutur smæstu loðnunnar smám saman en stærri loðna er étin í hennar stað. Þorskur stærri en 70 cm étur nánast eingöngu stærstu loðnuna um og yfir 15 cm.

Áþekka þróun má einnig sjá í lengdardreifingu rækju með tilliti til lengdar ránfisks (7. mynd). Þar er áberandi að minnsti þorskurinn étur mikið af smárækju minni en 10 mm að skjaldarlengd. Þorskur á bilinu 30-69 cm étur í vaxandi mæli stærri rækju en étur þó jafnframt smárækjuna í nokkrum mæli. Það er ekki fyrri en þorskurinn en orðinn 70 cm og lengri að át hans á smárækju minnkar verulega.

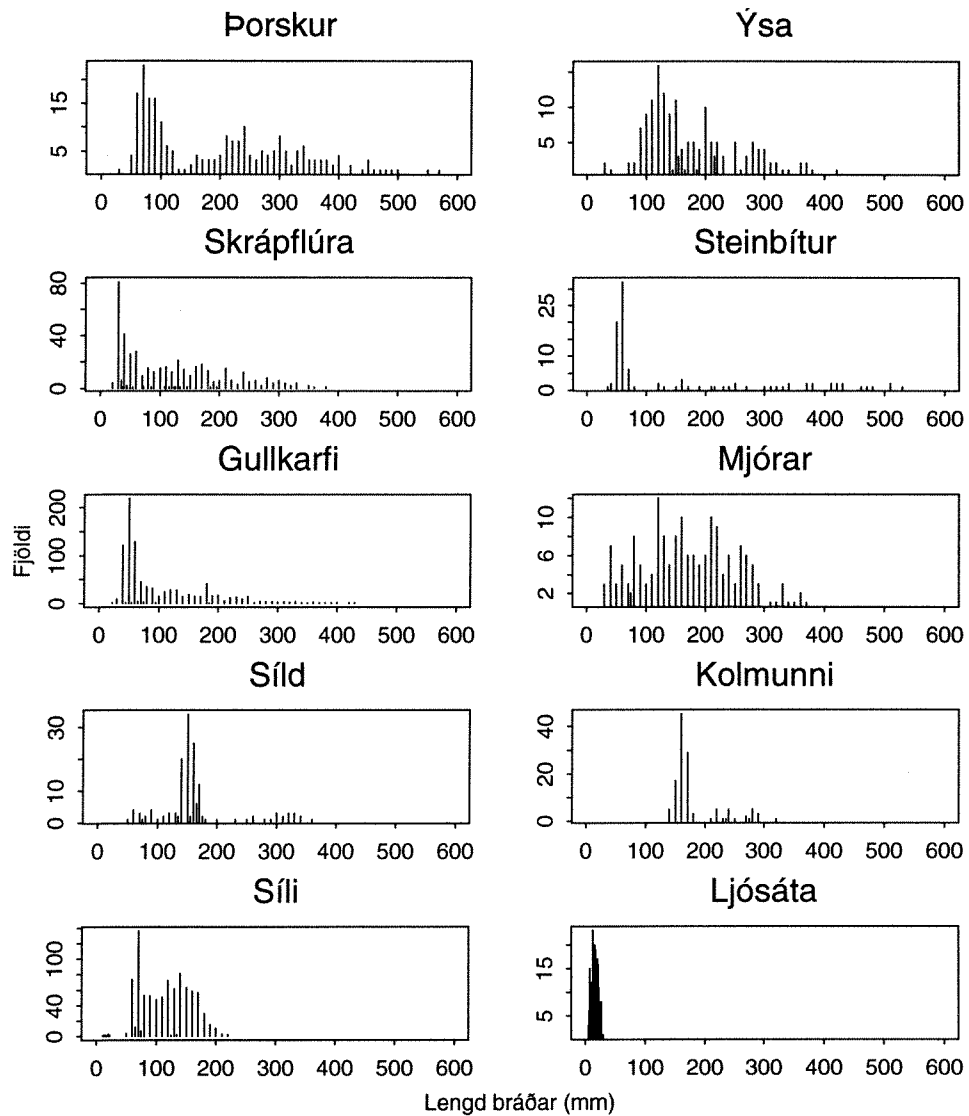


7. mynd. Lengdardreifing rækju í þorskmögum 1992 eftir lengdarflokki þorsks.

Lengdardreifing annarrar bráðar er sýnd á grundvelli tiltækra gagna (8. mynd). Lengdardreifing bráðar úr hópi botnfiska eins og þorsks, ýsu, skrápflúru, steinbíts og gullkarfa, er allt að 50 cm. Þó er greinilegt að smæsta bráðin, um og undir 10 cm, er algengust, en fækkar síðan meira eða minna með vaxandi lengd hennar. Lengdardreifing uppsjávarfiska eins og síldar, kolmunna og sílis, er eðlilega mun þrengri. Áberandi er að bæði síld og kolmunni eru algengust sem bráð á lengdarbilinu 15-20 cm. Síli 5-20 cm að lengd er hins vegar algengast í fæðu þorsks.

Útbreiðsla helstu bráða

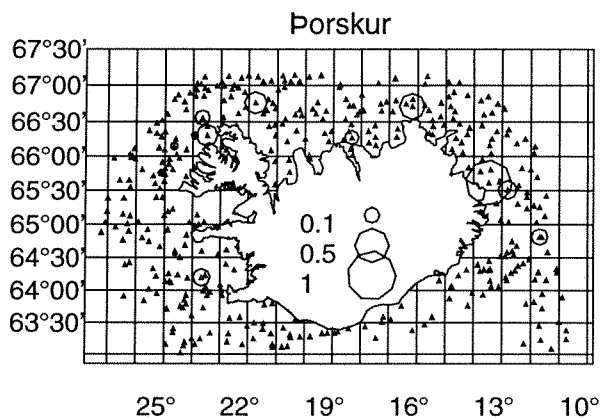
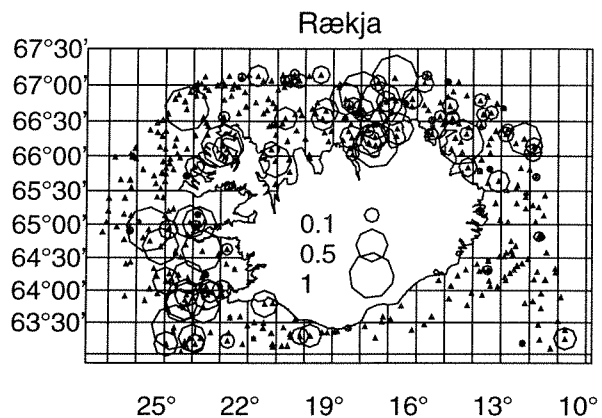
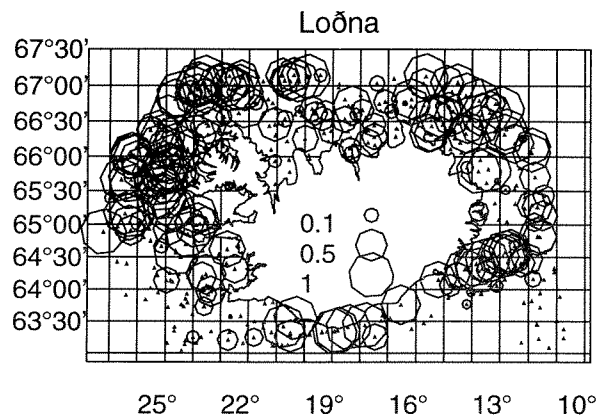
Landfræðileg útbreiðsla bráðar eftir árstímum 1992 sýnir talsverðan breytileika. Í mars er loðna yfirgnæfandi nánast allt umhverfis land (9. mynd). Á einstaka svæðum, eins og á Eldeyjarbanka og úti fyrir Öxarfirði, er rækja þó í meira magni í þorskmögum. Þorskur fannst í þorskmögum á nokkrum stöðum einkum á uppeldisstöðvunum norðan lands og austan.



8. mynd. Lengdardreifing nokkurra bráða í þorsmögum 1992.

Í júlí var loðna einkum í miklu magni á afmörkuðum svæðum djúpt út af Húnaflóa og Norðausturlandi (10. mynd). Rækja var einkum í miklu magni norðan og norðaustan lands. Karfi var helst áberandi út af Breiðafirði og Vestfjörðum og ljósátutegundin náttlampi var allmikilvæg bráð djúpt út af Vesturlandi og fyrir suðaustan land.

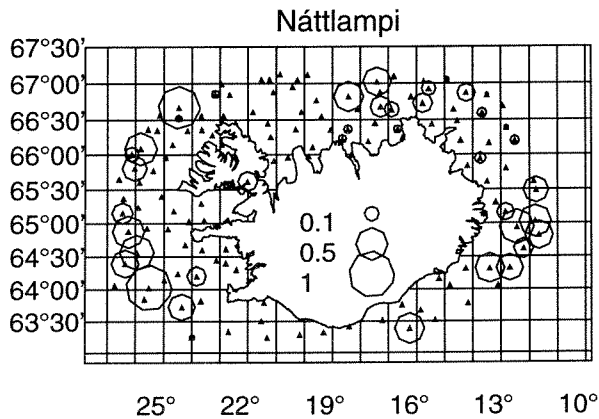
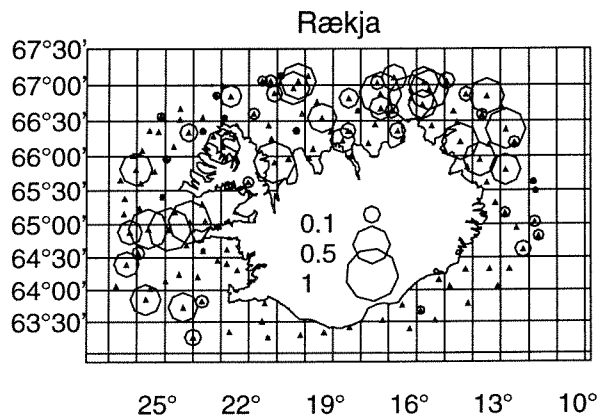
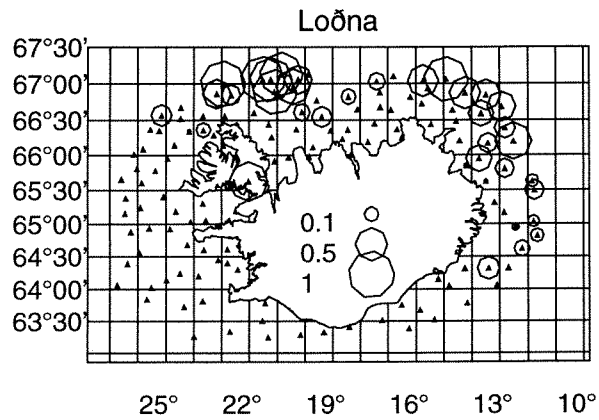
Í nóvember-desember var loðna mikilvæg bráð á talsvert stóru svæði meðfram landgrunnsbrúninni norðan og norðaustan lands (11. mynd). Rækja var hinsvegar dreifð nánast allt umhverfis land, en þó í einna mestu magni vestan lands. Gullkarfi fékkst á nokkrum stöðum norðan lands og út af Vestfjörðum.



9. mynd. Útbreiðsla helstu bráða í þorski í mars 1992 (hlutfall af heildarmagainnihaldi).

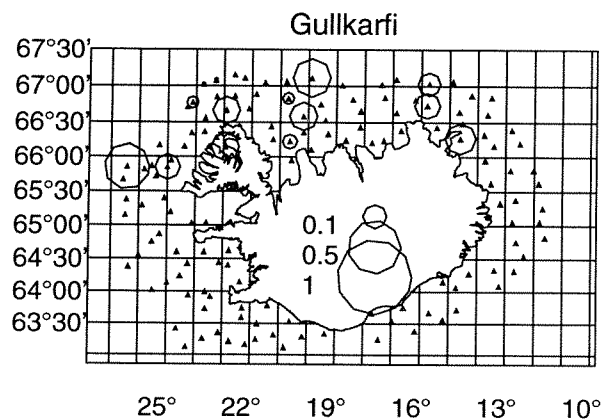
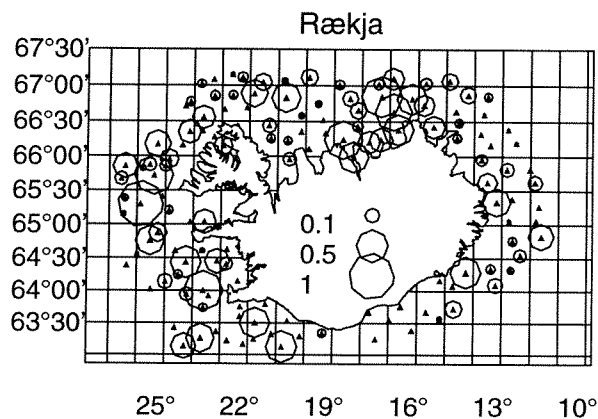
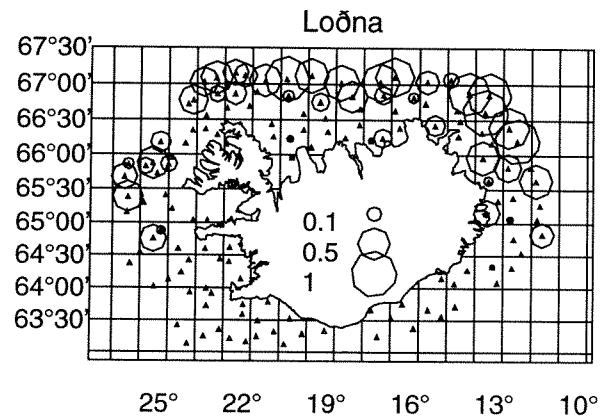
Magafylli af loðnu og rækju

Athugun á magafylli þorsks af loðnu, rækju og heildarmagafylli yfir tímabilið 1979-95 sýnir að nokkrar sveiflur hafa átt sér stað (12. mynd). Loðnumagafylli var í lægð upp úr 1980, á þeim tíma sem loðnustofninn var í mikilli lægð, en nær síðan hámarki 1984 og 1988. Frá 1989 hefur loðnumagafylli verið mun jafnari. Rækjumagafylli var nánast óbreytt 1983 til 1992, en hefur aukist nokkuð síðustu ár. Heildarmagafylli hefur í megindráttum þróast eins og loðnumagafylli, en aukist nokkuð síðustu ár í takt við vaxandi magafylli af rækju.



10. mynd. Útbreiðsla helstu bráða í þorski í júlí 1992 (hlutfall af heildarmagainnihaldi).

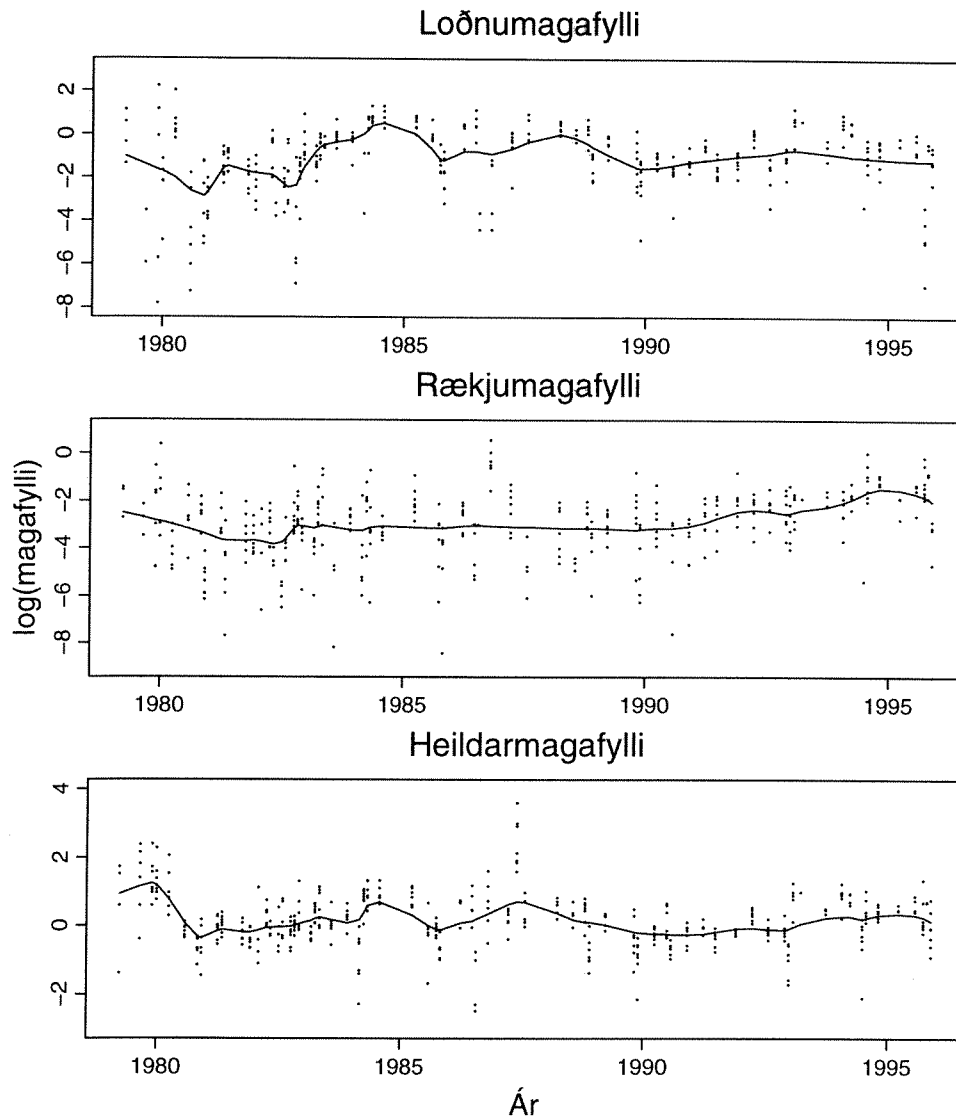
Þegar magafylli þorsks af loðnu er skoðað með tilliti til heildarmagafylli kemur í ljós marktækur munur eftir árstíma (13. mynd). Í mars er um hámarktækt jákvætt samband milli þessara þátta að ræða sem sýnir að heildarmagafylli ræðst mjög af áti á loðnu. Á öðrum árstímum er ekki samband milli þessara þátta og heildarmagafylli er mun minni en í mars. Einnig má sjá að heildarmagafylli í mars við lágmarks magafylli loðnu er svipuð (ca. 0.8) og heildarmagafylli á öðrum árstímum.



11. mynd. Útbreiðsla helstu bráða í þorski í nóv.-des. 1992 (hlutfall af heildarmagainnihaldi)

Helstu niðurstöður og umræða

Fyrirliggjandi rannsókn staðfestir mikilvægi loðnu sem fæðu þorsks hér við land, hvort heldur er að vetrar- sumar- eða haustlagi. Breytileiki í fæðuvali er þó mikill, ekki aðeins eftir árstíma heldur einnig eftir lengd ránfisks. M.a. kemur í ljós að val þorsks á loðnu af mismunandi stærð tekur umtalsverðum breytingum með stærð ránfisks.



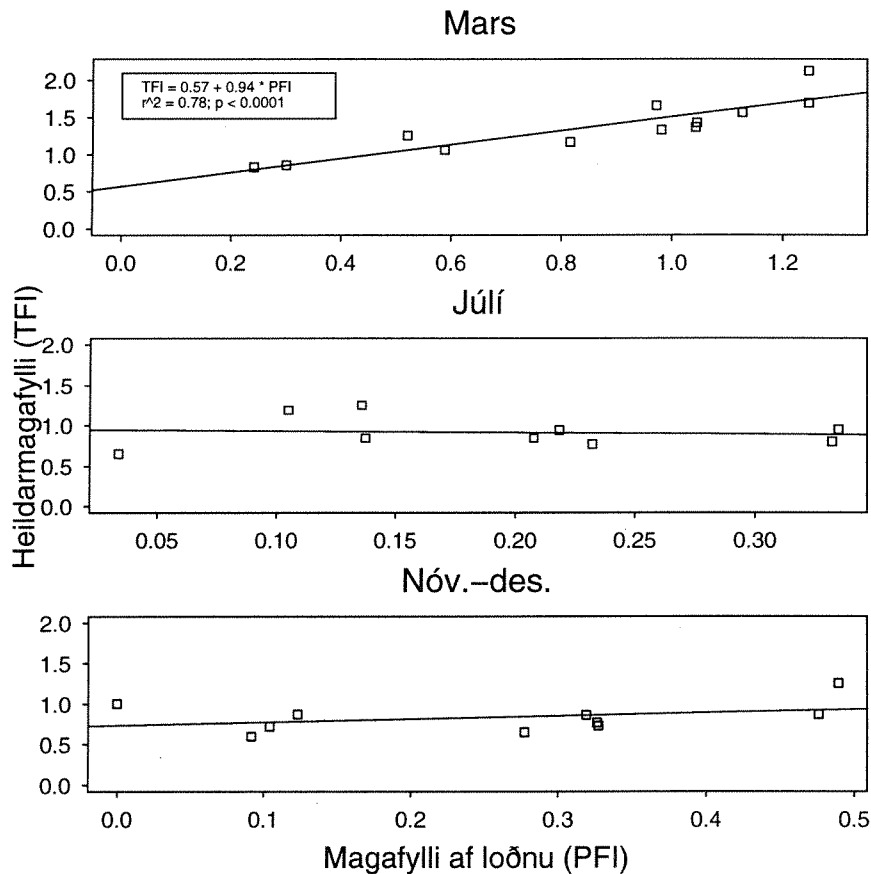
12. mynd. Breytingar á magafylli af loðnu, rækju (PFI) og heildarmagafylli (TFI) 1979-95.

Ekki er unnt að fullyrða að hér sé um markvisst val ránfisksins að ræða eftir stærð þar sem ekki eru tiltækar samtímis upplýsingar um framboð bráðar eftir stærð hennar. Á hinn bóginn má telja líklegt að svo afgerandi breyting á stærð bráðar með tilliti til stærðar ránfisks byggist að einhverju leyti á vali. Slíkt val gæti t.a.m. komið fram með þeim hætti að smæsti þorskurinn haldi sig einkum þar sem smáloðnu er að finna og stærri þorskurinn sé fremur að finna þar sem stærri loðnan er í mestu magni. Þannig má hugsa sér að ránfiskurinn velji tiltekna stærð bráðar með því að halda sig á búsvæði hennar, fremur en að hann tíni ákveðna stærð loðnu út úr blandaðri torfu eða dreif. Sá möguleiki er þó engan veginn útilokaður.

Landfræðleg útbreiðsla bráðar í þorsknögum er breytileg eftir árstíma. Sá breytileiki ræðst eðlilega af skörun í útbreiðslu ránfisks og bráðar, sem er einna mestum breytileika undirorpin hvað varðar loðnu. Hrygningarganga loðnu í byrjun árs réttis umhverfis land frá norðurmiðum til hrygningarstöðvanna suðvestan lands veldur ríkulegu framboði á þessari bráð á þessum árstíma. Á öðrum árstímum fer át á loðnu einkum fram við suðurjaðar útbreiðslusvæðis hennar norður af landinu.

Ríkulegt framboð loðnu í mars veldur meiri heildarmagafylli þá en á öðrum árstímum og vex heildarmagafylli með magafylli af loðnu. Þetta má ef til vill túlka þannig að loðnubráð sé auðtekin viðbótarfæða í mars. Líklegt má telja að hrygningarástand loðunnar leiði til þess að þessi bráð sé auðveldari viðfangs á þessum ártíma en síðar á árinu. Þar kemur einkum til að

vaxandi hrognafylli loðnunnar fyrstu mánuði árs, upp í allt að 25% af líkamsþyngd (Hjálmar Vilhjálmsson 1994), dragi úr getu hennar til að forðast ránfiska. Auk þess mun hluti loðnunnar sem étin er hafa lokið hrygningu og gæti því verið í andarslitrunum og því næsta auðveld bráð hvaða fiski sem er.



13. mynd. Samband magafylli af loðnu (PFI) og heildarmagafylli (TFI) á mismunandi árstíma 1992. Hver punktur sýnir meðalgildi í tilteknum lengdarflokki þorsks.

Enda þótt loðna sé mikilvæg bráð er hlutur annarrar fæðu þó umtalsverður, einkum hjá minnsta og stærsta þorskinum. Rækja og ýmis bráð úr hópi hryggleysingja er stór hluti magainnihalds hjá smáþorski. Hjá þorski stærri en um það bil 60 cm vex hlutdeild annarra fiska en loðnu verulega í fæðunni. Þó er augljóst að þorskurinn velur einkum minnsta fiskinn af þessari bráð, enda þó bráð um og yfir 50 cm sé einnig á matseðlinum.

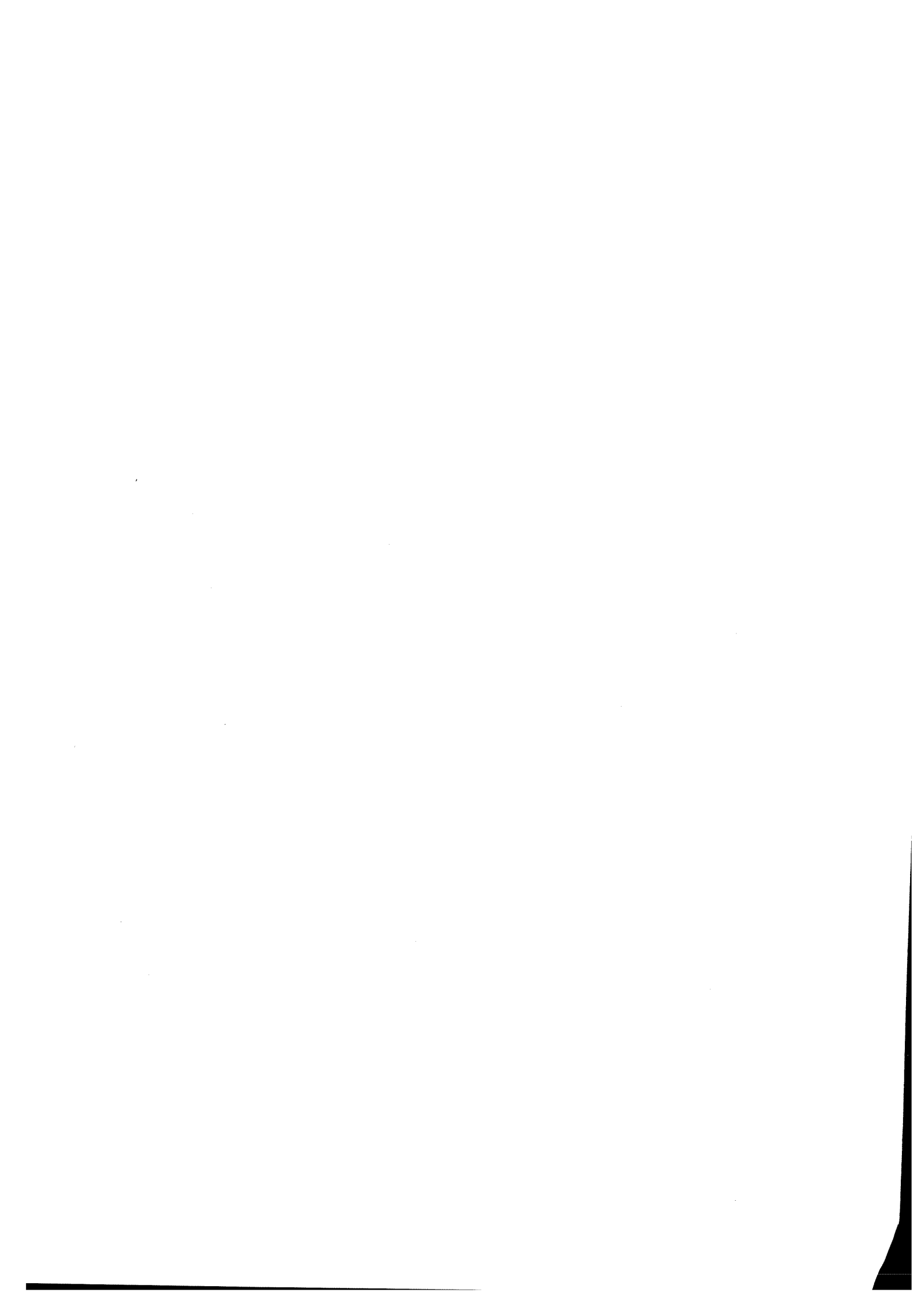
Í heild einkennist fæða þorsks af fjölbreytileika, sem þó beinist að fiski af ýmsu tagi, einkum fremur smáum fiski. Krabbadýr eru mikilvæg fyrir smáþorsk en hlutur botndýra, eins og burstaorma og skrápýra, er hverfandi.

Þakkir

Höfundur þakkar þeim fjölmörgu starfsmönnum Hafrannsóknarstofnunarinnar sem tekið hafa þátt í rannsóknum á fæðu þorsks undanfarin ár, bæði til sjós og lands. Einkum vil ég þakka Antoni Galan fyrir samvirkusamlega greiningu þorskmagasýna um árabíl. Um tíma tóku Jón Sólmundsson og Haraldur A. Einarsson þátt í þeirri vinnu og er þeirra framlag þakkað. Þá vil ég þakka Höskuldi Björnssyni og Jóhönnu Erlingsdóttur fyrir margvíslega aðstoð varðandi tölvuvinnslu og tölvuvæðingu gagnanna.

Heimildir

- Bjarni Sæmundsson, 1926. Fiskarnir. Bókaverslun Sigfúsar Eymundssonar, Reykjavík. 583 s.
- Daan, N., 1973. A quantitative analysis of the food intake of North Sea cod *Gadus morhua*. Neth. J. Sea Res., 6: 479-517.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock: Capelin, *Mallotus villosus* (Müeller) in the Iceland - Greenland - Jan Mayen area. Rit Fiskideildar, 13(1): 1-281.
- Lilly, G.R., 1991. Interannual variability in predation by cod (*Gadus morhua*) on capelin (*Mallotus villosus*) and other prey off southern Labrador and northeastern Newfoundland. ICES mar. Sci. Symp., 193: 133-146.
- Mehl, S., 1989. The Northeast Arctic cod stock's consumption of commercially exploited prey species in 1984-1986. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 188: 185-205.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar, 7(1): 1-60.
- Rae, B.B., 1968. The food of cod in Icelandic waters. Mar. Res. 6: 3-19.



Fæðutengsl þorsks og loðnu með hliðsjón af útbreiðslu og magni ránfisks og bráðar

Ólafur Karvel Pálsson Hjálmar Vilhjálmsson og Höskuldur Björnsson
Hafrannsóknastofnunin

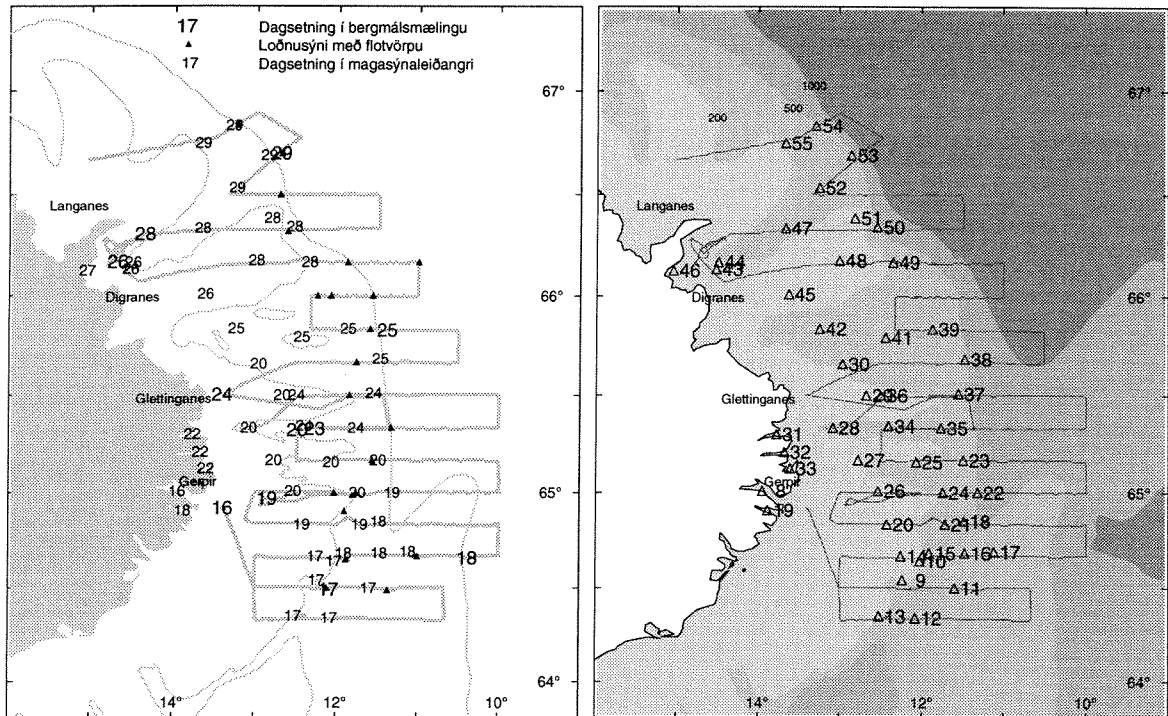
Ágrip

Tilraunir til samtímis rannsókna á þorski sem ránfiski og loðnu sem bráð voru gerðar í janúar 1993 og 1994 á austur- og austfjarðamiðum og beindust að útbreiðslu og magni loðnu og þorsks og magni og samsetningu loðnu í þorskmögum. Hér er gerð grein fyrir efnistöfum og helstu niðurstöðum rannsóknar sem fór fram í janúar 1994. Gagnasöfnun fór fram 16.-29. janúar 1994 fyrir austan land, nánar tiltekið á svæðinu frá Breiðdalsgrunni að Langanesgrunni. Bergmálmæling og önnur gagnasöfnun á loðnustofninum fór fram á r/s Bjarna Sæmundssyni, og voru teknar 22 togstöðvar með flotvörpu til líffræðilegrar gagnasöfnunar. Á r/s Árna Friðrikssyni var gögnum safnað með botnvörpu, alls á 48 stöðvum, og beindist sá þáttur að þorski og fæðu hans. Mikill munur er á magafylli hjá þorski eftir því hvort hann er að éta loðnu eða ekki. Þorskur sem ekki var í loðnuæti, það er rúmlega helmingur rannsakaðra fiska, var í mjög takmörkuðu æti. Í heild má álykta að útbreiðsla þorsks og loðnu hafi skarast að verulegu leiti. Þorskur inni á fjörðum virðist hins vegar ekki í beinum tengslum við loðnugönguna úti á landgrunninu heldur étur það sem til fellur á sínu búsvæði. Loðna var greind í þorskmögum á flestum stöðvum utan fjarða. Í stórum dráttum fer þorskmagn vaxandi með magni og tíðni loðnu í þorskmögum. Svo virðist sem skörun loðnustofns og loðnu í þorskmögum sé breytileg með tilliti til þess hversu langt er liðið síðan loðnan var étin. Því lengra sem liðið er frá afráðinu því minni er skörunin. Lengdardreifingar loðnu í þorskmögum og í loðnustofni eru mjög sambærilegar varðandi megin dreifinguna um og yfir 15 cm að lengd, en síður varðandi minni loðnu.

Inngangur

Lengi hefur verið vitað að loðna er mikilvæg fæða þorsks á Íslandsmiðum. Þetta hefur verið staðfest og kannað nánar með rannsóknum á síðustu árum og áratugum, sbr. t.d. Meschkat (1936), Rae (1968), Ólafur K. Pálsson (1983). Áhrif breytilegrar stærðar loðnustofnsins á vöxt og afrakstur þorskstofnsins hafa einnig verið rannsökuð (Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1991, Björn Æ. Steinarsson og Gunnar Stefánsson 1991) og leitt í ljós að vaxtarhraði og þar með afrakstur þorskstofnsins er mjög háður framboði loðnu. Þessar rannsóknir eiga það sameiginlegt að þær beinast einkum að afleiðingum afráns þorsks á loðnu í einni eða annarri mynd, svo sem magainnihaldi, heildaráti eða vaxtarhraða þorsks. Rannsóknir hafa síður beinst að eiginlegu samspili ránfisks og bráðar, svo sem skörun í útbreiðslu eða með hvaða hætti afrán þorsks fer fram í návígi ránfisks og bráðar.

Fyrirliggjandi gögn hafa þó verið könnuð með tilliti til útbreiðslu þorsks sem ránfisks og loðnu og rækju sem bráðar (Ólafur K. Pálsson og Höskuldur Björnsson 1993). Þau gögn sýna að át þorsks á loðnu fer fram víða umhverfis landið í mars, en þó í mestum mæli út af Breiðafirði og Vestfjörðum. Á öðrum árstímum er átið einkum djúpt út af norðanverðum Vestfjörðum að sumarlagi og á norðurmiðum að hausti og í byrjun vetrar (september-desember). Skörun ránfisks og bráðar er því mjög breytileg eftir árstíma. Ennfremur hafa Kjartan G. Magnússon og Thor Aspelund (þetta rit) kannað tíðni máltíða og máltíðastærð hjá þorski á grundvelli sömu gagna og byggt er á í þessari grein.



1. mynd. Leiðarlínur í bergmálmælingu loðnu, tog með flotvörpu og framvinda beggja leiðangra (dagsetningar) í janúar 1994.

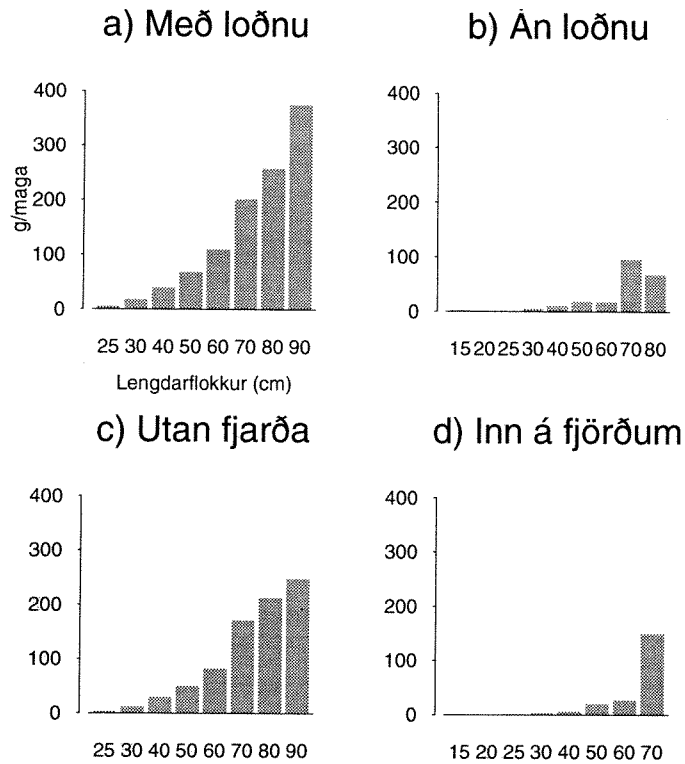
2. mynd. Leiðarlínur í bergmálmælingu loðnu og tog (númer) með botnvörpu í janúar 1994

Tilraunir til samtímarannsóknna á þorski sem ránfiski og loðnu sem bráð voru gerðar í janúar 1993 og 1994 og fóru þær fram á austurmiðum og austfjarðamiðum. Þær fólust annars vegar í rannsókn á útbreiðslu loðnu og hins vegar útbreiðslu þorsks og magni og samsetningu loðnu í þorskmögum. Niðurstöður leiðangurs í janúar 1993 sýndu í stórum dráttum fylgni milli loðnumagns og tíðni loðnuáts þorsks. Þessi rannsókn var þó ekki fyllilega samtímis hvað varðar bergmálmælingu og magasýnatöku, þar sem sama skipið sinnti báðum verkefnum. Ennfremur var yfirferðin fremur takmörkuð og verður niðurstöðum ekki lýst frekar hér.

Hér verður hins vegar gerð grein fyrir efnistöfum og helstu niðurstöðum þeirrar rannsóknar sem fór fram í janúar 1994.

Gagnasöfnun og aðferðir

Gagnasöfnun fór fram á r/s Árna Friðrikssyni og r/s Bjarna Sæmundssyni 16.-29. janúar 1994 fyrir austan land (1. og 2. mynd), nánar tiltekið á svæðinu frá Breiðdalsgrunni að Langanesgrunni. Bergmálmæling og önnur gagnasöfnun á loðnustofninum, svo sem mælingar á lengd og þyngd og greining á aldri og kynþroska loðnu, fór fram á r/s Bjarna Sæmundssyni, og voru teknar 22 togstöðvar með flotvörpu til líffræðilegrar gagnasöfnunar. Á r/s Árna Friðrikssyni var gögnum safnað með botnvörpu, alls á 48 stöðvum, og beindist sá þáttur að þorski og fæðu hans, en aðrar fisktegundir voru einnig lengdarmældar. Gagnasöfnun fólst í mælingum á lengd fisksins og greiningu og mælingu á fæðu hans. Einnig var fjöldi fiska talinn og sýni tekin til aldursgreininga. Gagnasöfnun með flotvörpu



3. mynd. Fæðumagn per maga (g) eftir lengd þorsks í jan. 1994

og botnvörpu skarast að mestu landfræðilega og í tíma (1. mynd). Þó kom veður í veg fyrir gagnasöfnun með botnvörpu í landgrunnskantinum austur af Digranesi en þar reyndist vera talsvert af loðnu.

Mæling á magni og útbreiðslu loðnu felst í venjulegri bergmálmælingu (sbr. Páll Reynisson 1991), en mæling á magni og útbreiðslu þorsks byggist á fjölda fiska í hverju togi. Mæling á magni loðnu í þorskmögum byggist á fjölda loðna og heildarþyngd í hverjum einstökum maga. Loðna úr þorskmögum var einnig lengdarmæld, vegin og kyngreind og meltingarstig hennar ákvarðað. Um loðnu verður fjallað frá tveimur sjónarhornum: Annars vegar sem stofnloðnu, þ.e. þá loðnu sem syndir í sjónum sem loðnustofn og mæld var með bergmálmælingu og sýnatöku með flotvörpu, og hins vegar sem magaloðnu, þ.e. þá loðnu sem hefur verið étin af þorski og er greind sem slík í magasýnum.

Áhersla var lögð á að gagnasöfnun þorsks og loðnu færi fram á svipuðum tíma. Í flestum tilvikum var tímamunur innan við 24 klst. Nokkrir sólarhringar liðu þó milli gagnasöfnunar út af Glettinganesi þar sem þriggja daga bræla varð milli bergmálmælingar/flotvörputoga og botnvörputoga (1. mynd).

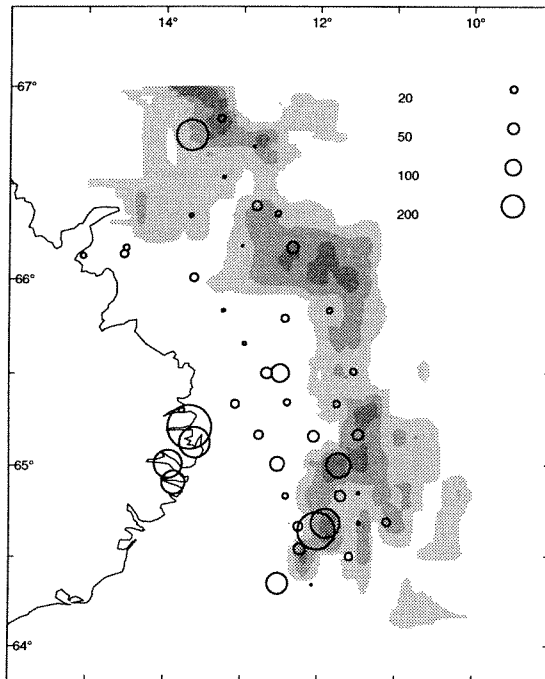
Niðurstöður

Fæðunám

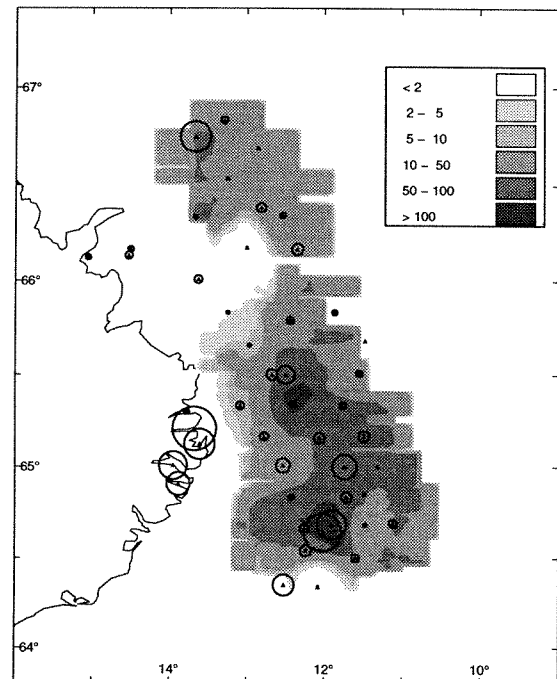
Nokkrir þættir í fæðunámi þorsks á umræddum tíma og svæði eru sýndir á 3. mynd.

Samanburður á 3. mynd a) og b) sýnir ljóslega að afar mikill munur er á magafylli þorsks eftir því hvort hann er að éta loðnu (a) eða ekki (b). Segja má að sá þorskur sem ekki er í loðnuæti, það er rúmlega helmingur rannsakaðra fiska, sé í mjög takmörkuðu æti. Ennfremur var mjög lítið æti í þorski inni á fjörðum (3. mynd d) enda var sá fiskur ekki að éta kynþroska loðnu.

Útbreiðsla þorsks og stofnloðnu



4. mynd. Útbreiðsla þorsks í fjölda fiska í togi (hringir) og útbreiðsla loðnustofns skv. bergmálmælingum (skyggt svæði) í janúar 1994

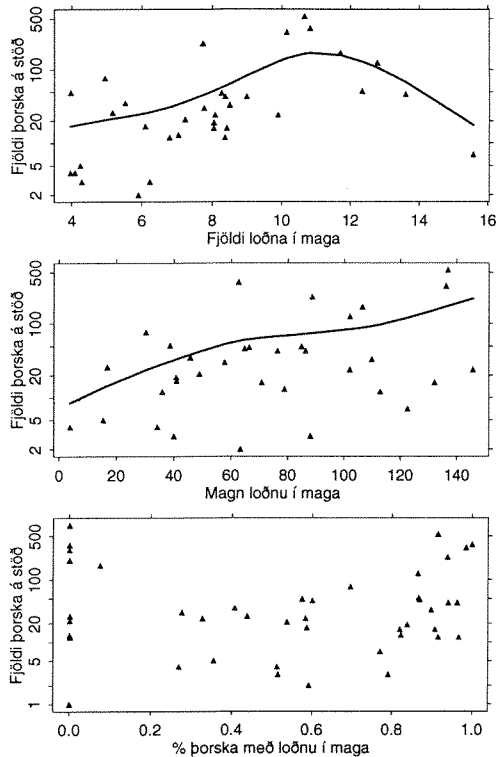


5. mynd. Meðalmagn loðnu í maga í g/þorsk (skyggt svæði) og fjöldi þorska í togi (hringir). Meðalmagn loðnu í grómmum miðast við 60 cm þorsk

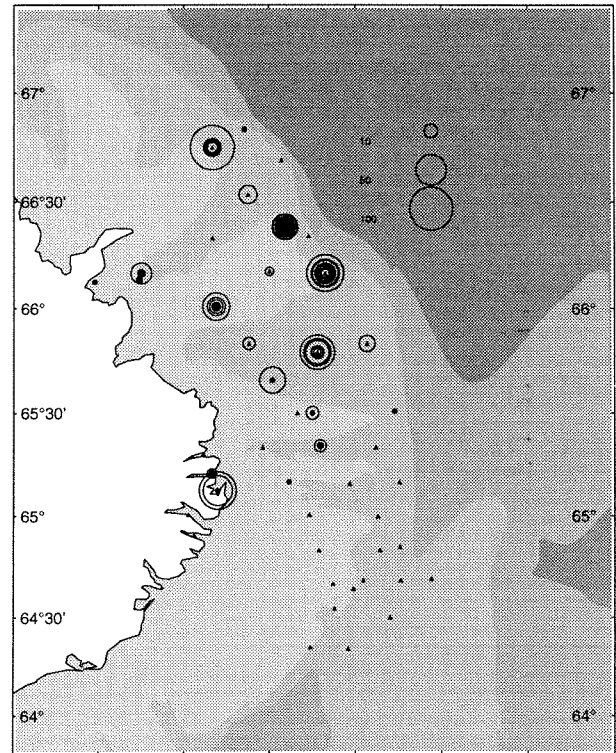
Útbreiðsla þorsks og loðnustofns sést á 4. og 5. mynd. Mest fékkst af þorski út af Mjóafirði en einnig tiltölulega mikið í Norðfjarðarflóa, Reyðarfirði og Fáskrúðsfirði. Á þessum stöðum var engin kynþroska loðna í þorskmögum. Þorskur fékkst á öllum botnvörpustöðvum nema tveimur, það er á stöð 22 og 38 (2. mynd). Mjög lítið (1-10 fiskar) fékkst af þorski á 10 stöðvum, þ.e. stöðvum 12, 16, 18, 30, 40, 42, 47, 48, 52 og 53.

Utan fjarða fékkst mest af þorski í námunda við landgrunnsbrúnina út af sunnanverðum Austfjörðum, en þar var einnig tiltölulega mikið af loðnu. Einnig fékkst talsvert af þorski á einni stöð norðaustur af Langanesi í námunda við loðnuflekk. Utan útbreiðslusvæðis loðnunnar var tiltölulega lítið af þorski og í heild því minna sem fjær dró loðnusvæðinu - að innfjarðasvæðum undanskildum. Í heild má því álykta að útbreiðsla þorsks og loðnu hafi skarast að verulegu leyti.

Útbreiðsla þorsks og magaloðnu



6. mynd. Fjöldi þorska á stöð með tilliti til magns og tíðni loðnu í maga

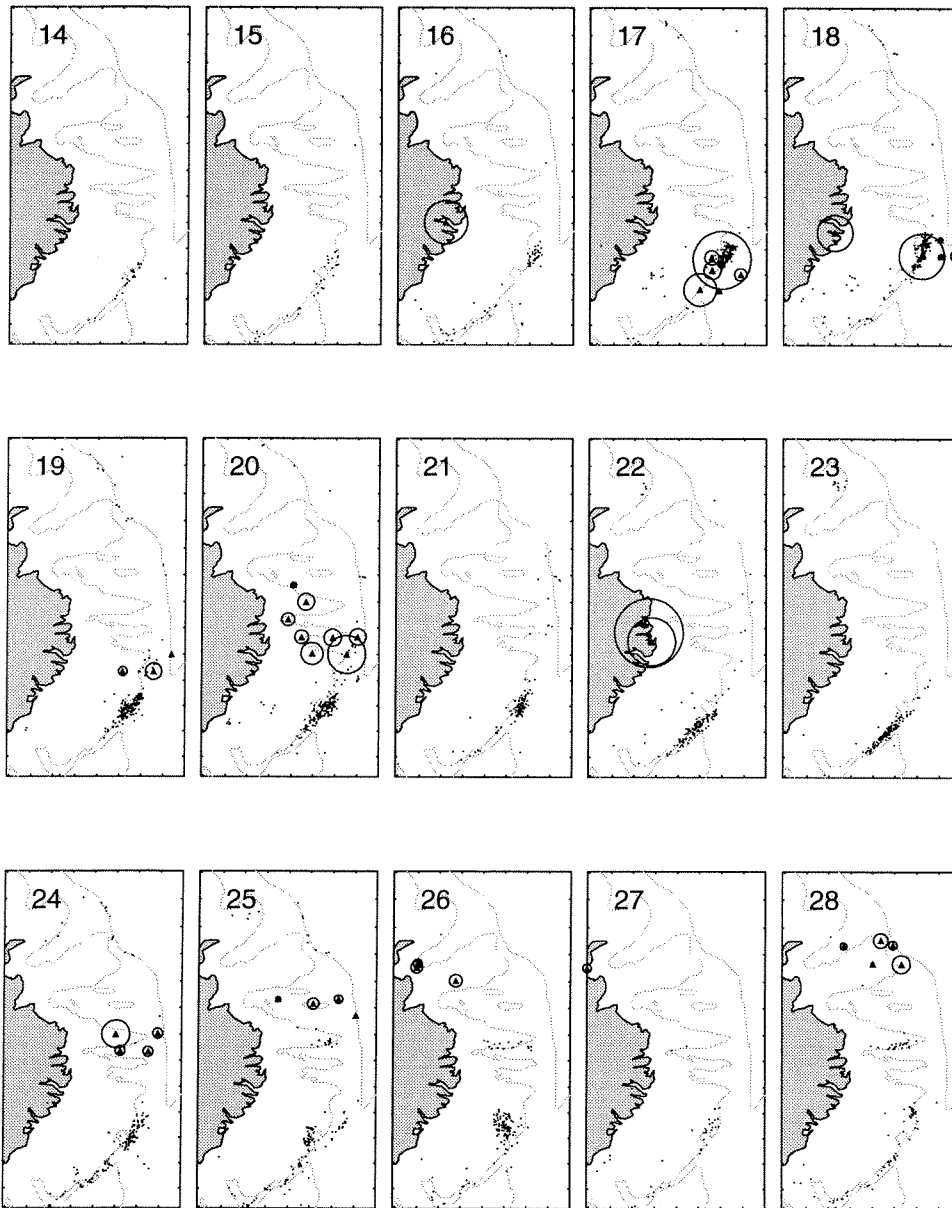


7. mynd. Útbreiðsla ókynþorska loðnu í þorskmögum (fjöldi/þorskmaga)

Loðna var greind í þorskmögum á öllum stöðvum utan fjarða nema stöð 43 (Bakkafloi) og stöð 48 (Vopnafjarðargrunn). Magn kynþorska loðnu (þriggja ára og eldri) í þorskmögum reyndist einna mest fyrir sunnanverðum Austfjörðum þar sem mest var af þorski (5. mynd). Mun minna var af loðnu í þorskmögum norðaustur af Langanesi enda þótt tiltölulega mikið væri af loðnu á þeim slóðum skv. bergmálsmælingu. Tengsl loðnumagns í maga og þorskmagns eru sýnd nánar á 6. mynd. Loðnumagn í maga er greinilega mjög breytilegt en þorskmagn fremur lítið (< 100 fiskar) á flestum stöðvum. Á nokkrum stöðvum var þó meira af þorski og var loðnumagn í maga í hærra lagi á þeim flestum og tíðni loðnuáts hjá þorski mjög há eða 90-100%. Í stórum dráttum fer þorskmagn vaxandi með magni og tíðni loðnu í þorskmögum (6. mynd).

Ókynþorska loðna í magasýnum er sýnd á 7. mynd. Er mest af henni úti fyrir Norðausturlandi á slóð þar sem lítið var tekið af flotvörpusýnum.

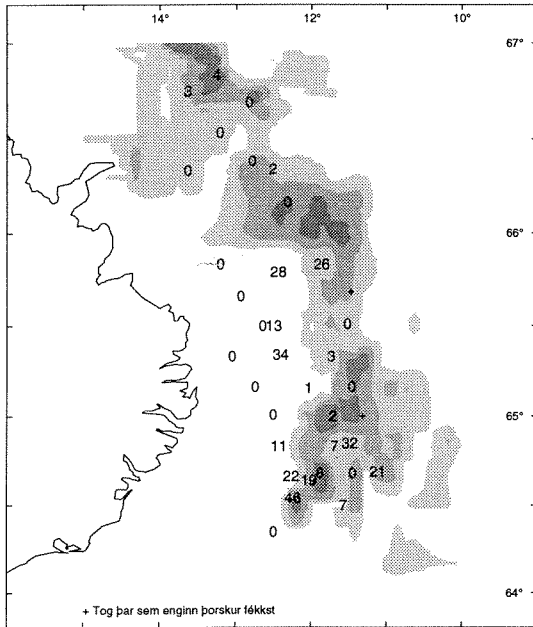
Fróðlegt er að fylgjast með "hegðun" togaraflotans úti fyrir Austfjörðum á rannsóknatímanum, sbr. 8. mynd. Dagana fyrir miðjan janúar var flotinn dreifður í útkanti Breiðdalsgrunns, en safnaðist saman 16.-18. janúar í kantinum norðan við "Fótinn". Afli togaranna var góður á þessum tíma eða upp í 4-5 tonn í hali. Rannsóknaskipin voru einmitt á sömu slóðum á þessum tíma og var afli í botnvörpu með mesta móti eða upp í um eitt tonn á klst. Meðalmagn loðnu í maga var > 100 g á þessum tíma (miðað við 60 cm þorsk). Dagana 19.-23. janúar hafði flotinn þokast sunnar og hefur væntanlega fylgt þorskgöngu, sem að líkindum hefur fylgt loðnugöngu. Eftir 24. janúar dreifðist togaraflotinn.



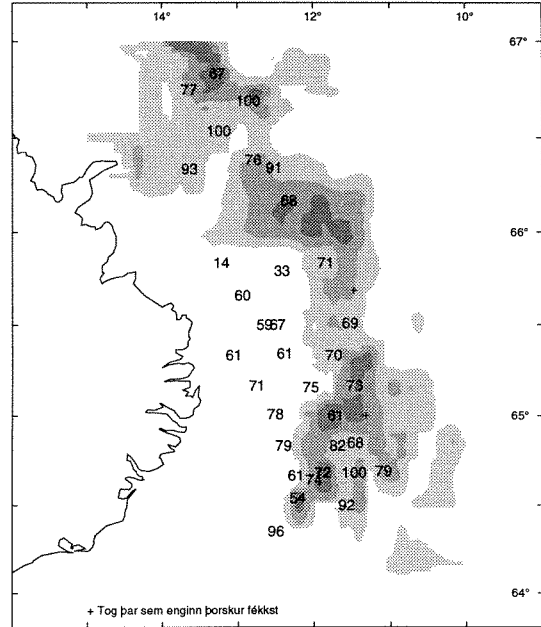
8. mynd. Staðsetning togaraflotans í janúar 1994 (punktar) og þorskmagn í leiðangri í fjölda fiska á togmílu (hringir)

Útbreiðsla stofnloðnu og magaloðnu

Við greiningu magasýna var loðnu skipt í 3 meltingarstig (0-2), þar sem stig 0 er ómelt loðna, stig 1 lítið melt og stig 2 mikið melt loðna. Fjöldi loðna á hverju meltingastigi gefur til kynna hvað langt er um liðið frá því þorskurinn var í loðnuæti. Loðna á stigi 0 fékkst að mestu innan útbreiðslusvæðis loðnu og í nokkrum tilvikum skammt frá jaðri útbreiðslusvæðisins (9. mynd). Loðna á meltingarstigi 1 var algengust í þessari flokkun eftir meltingarstigum. Oftast var hlutfall loðnu á stigi 1 yfir 70%. Utan útbreiðslusvæðis loðnu var hlutfallið heldur lægra. Greinilegt er þó að mun meira er af loðnu á stigi 1

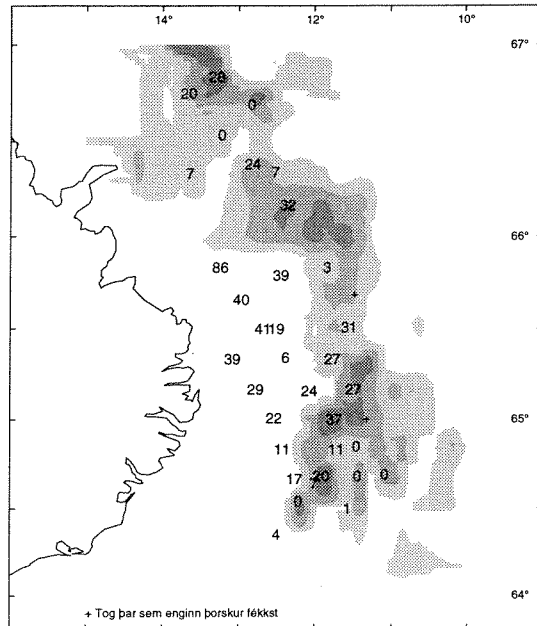


9. mynd. Magn stofnloðnu (skyggt svæði) og hlutfall loðnu af meltingarstigi 0 (tölur)



10. mynd. Magn stofnloðnu (skyggt svæði) og hlutfall loðnu af meltingarstigi 1 (tölur)

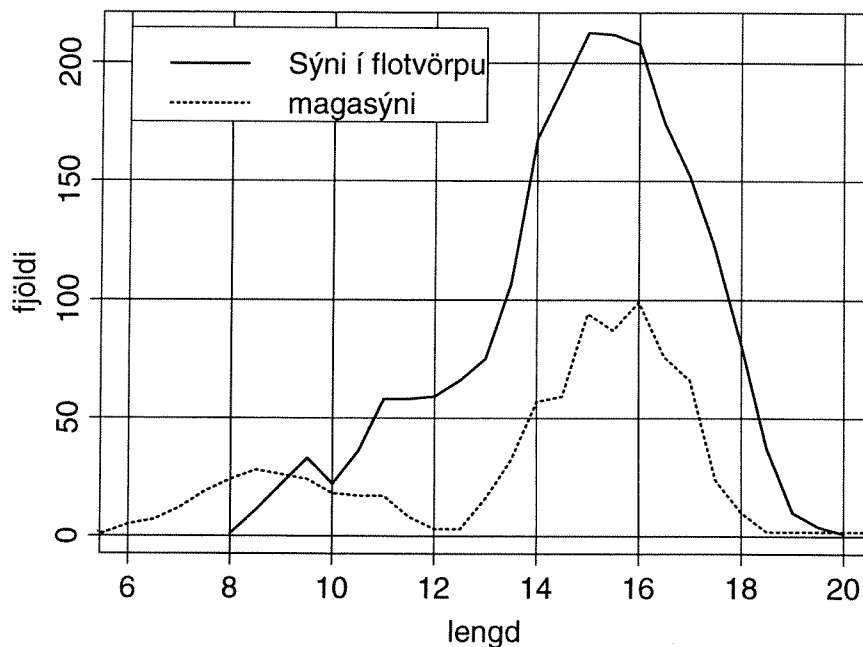
en stigi 0 utan útbreiðslusvæðis loðnunnar (10. mynd). Tiltölulega lítið var af loðnu á meltingarstigi 2 innan útbreiðslusvæðis loðnu en öllu meira utan þess (11. mynd). Svo virðist því sem skörun loðnustofns og loðnu í þorskmögum sé breytileg með tilliti til þess hvað langt er liðið síðan loðnan var étin. Eftir því sem lengra er liðið frá afráninu minnkar skörunin.



11. mynd. Magn stofnloðnu (skyggt svæði) og hlutfall loðnu af meltingarstigi 2 (tölur)

Samband stærðar þorsks og loðnu

Lengdardreifingar loðnu í þorskmögum og loðnustofni eru sýndar á 12. mynd. Lengdardreifingarnar eru mjög sambærilegar varðandi megin dreifinguna um og yfir 15 cm lengd. Loðna á bilinu 11-12 cm var talsvert sjaldgæfari í þorskmögum en loðnustofni. Þessi loðna veiddist einkum á afmörkuðu svæði þar sem lítið sem ekkert fékkst af þorski. Samkvæmt flotvörpusýnum var loðna minni en 10 cm á hinn bóginn mun sjaldséðari í loðnustofni en í þorskmögum. Þessi loðna fékkst einnig í þorskmögum á afmörkuðu svæði einkum austur af Langanesi og virðist hafa farið fram hjá flotvörpunni.

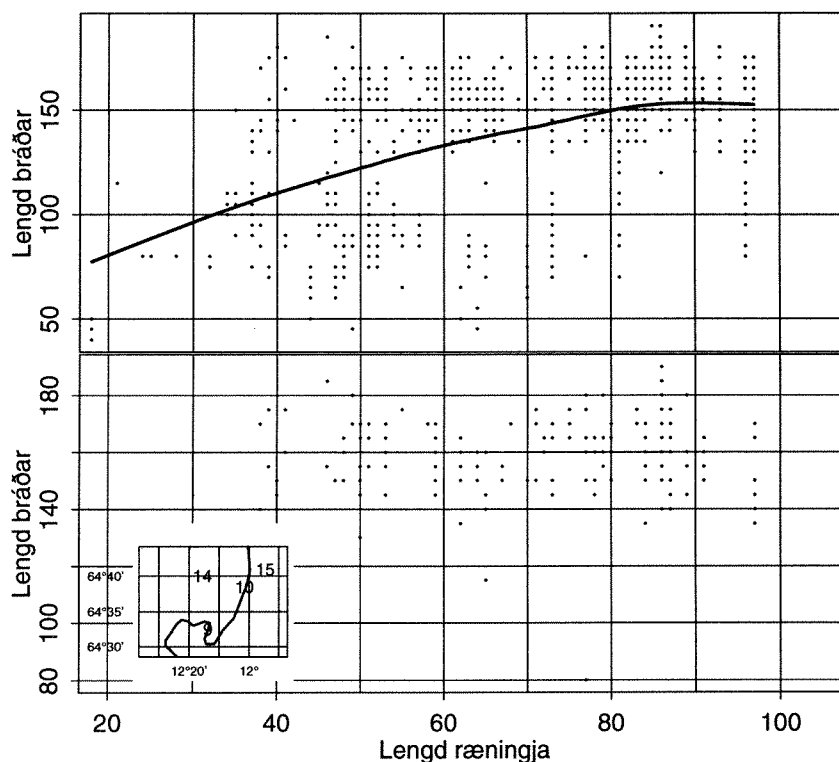


12. mynd. Lengdardreifingar loðnu í flotvörpusýnum og í þorskmögum

Samband milli meðallengdar loðnu í þorskmögum og lengdar þorsks er sýnt á 13. mynd. Á efri myndinni er byggt á mælingum á öllum stöðvum en á neðri myndinni á 4 stöðvum þar sem talsvert mikið var af þorski og loðnu. Á efri myndinni sést að smærri þorskur er almennt að éta smærri loðnu en stærri þorskur. Á neðri myndinni sést það samband ekki. Á neðri myndina vantar hins vegar smæsta þorskinn og smæstu loðuna sem gerir erfiðara að greina sambandið ef eitthvert er.

Umræða

Þær rannsóknir sem hér hefur verið lýst fóru fram við breytilegar aðstæður í mörgu tilliti eins og við er að búast þegar saman fer hreyfanlegt viðfangsefni á borð við þorski og loðnu og rannsóknasvæðið Íslandsmið um hávetur. Enda þótt leitast hafi verið við að framkvæma gagnasöfnun sem næst samtímis hvað varðar ránfisk og bráð leið þó jafnan nokkur tími milli sýnatöku með bergmálmælingu eða flotvörpu annars vegar og botnvörpu hins vegar. Ennfremur er ljóst að át þorsks á loðnu hefur átt sér stað ótilteknum klukkustundum eða dögum fyrir gagnasöfnun og þá við aðra útbreiðslu ránfisks og bráðar en ríkti við gagnasöfnun. Þessu til viðbótar má nefna ýmsa þætti sem áhrif hafa á



13. mynd. Lengd bráðar vs. lengd ræningja. Efri myndin byggir á öllum stöðvum en neðri á stöðvum 9, 10, 14 og 15

gagnasöfnun, svo sem veiðihæfni varpanna og hegðun fisksins gagnvart þeim, auk þess sem bergmálmæling er ekki talin algildur mælikvarði á fiskmagn. Því má ætla að eitthvað af loðnu hafi verið utan útbreiðslusvæðis loðnu skv. bergmálmælingu, enda þótt líklega sé þar ekki um mikinn þéttleika að ræða.

Heildarmyndin af útbreiðslu þorsks og loðnustofns einkennist af verulegri skörun ránfisks og bráðar, þar sem þorskurinn var að mestu innan útbreiðslusvæðis loðnunnar. Þorskur inni á fjörðum virðist hins vegar ekki í beinum tengslum við loðnugönguna úti á landgrunninu heldur étur það sem til fellur á sínu búsvæði. Þetta bendir til þess að meginhluti þorskstofnsins fylgi loðnugöngunni.

Skörun á útbreiðslu stofnloðnu og magaloðnu virðist á hinn bóginn vera talsvert breytileg eftir meltingarstigi loðnunnar, þ.e. eftir því hvað langt er um liðið frá áti þorsks á loðnunni. Því lengra sem liðið er þeim mun minni er skörun útbreiðslunnar. Þetta má skýra með göngum ránfisks eða bráðar á þeim tíma sem liðinn er frá afráni.

Ganga loðnunnar suður með landsgrunnsbrúninni á þessum árstíma er vel þekkt fyrirbæri. Ekki er ólíklegt að þorskur sem fengið hefur fylli sína af loðnu hætti að fylgja loðnugöngunni eftir og myndi það leiða til minnkandi skörunar með vaxandi meltingu bráðarinnar. Hér virðist hins vegar vera um tiltölulega lítinn hluta þorskstofnsins að ræða þar sem meginhlutinn fylgir loðnugöngunni. Slík skýring á samspili þorsks og loðnu styðst við nokkrar athuganir á öðrum fisktegundum. Þannig komst Clark (1986; tilvitnun í Hart 1993) að þeirra niðurstöðu að nýlega fódruð gedda (*Esox lucius*) sýndi um það bil 10 sinnum minni viðbrögð við bráð heldur en hungruð gedda. Ennfremur greindi Tugendhat

(1960; tilvitnun í Hart 1993) minnkandi tilburði hjá hornsíli (*Gasterosteus aculeatus*) til að ráðast á og gleypa bráð með vaxandi magafylli ránfisksins. Enda þótt göngur þorsks verði ekki útilokaðar sem skýring á minnkandi skörun ránfisks og loðnu sem bráðar verður að telja ólíklegt að slíkar göngur jafnist á við göngur loðnunnar á þessum árstíma.

Samkvæmt fyrirbyggjandi gögnum virðist þorskurinn ekki velja loðnu af sérstakri lengd sem bráð, þegar litið er á gögnin í heild, án tillits til stærðar ránfisks, heldur étur hann loðnuna í þeim stærðarhlutföllum sem eru í stofninum. Þegar át þorsks er skoðað með tilliti til lengdar hans kemur hins vegar í ljós að um nokkra fylgni er að ræða milli stærðar ránfisks og stærðar bráðar.

Heimildir

- Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Stefánsson, 1991. An attempt to explain cod growth variability. ICES C.M. 1991/G: 42.
- Hart, P.J.B., 1993. Teleost foraging: facts and theories. Í: Behavior of teleost fishes, T.J. Pitcher (ritstjóri). Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 7: 253-284.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Capelin, *Mallotus villosus* (Mueller) in the Iceland - Greenland - Jan Mayen area. Rit Fiskideildar, 12: 1-281.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1991. Predator-prey interactions of cod and capelin in Icelandic waters. ICES mar. Sci. Symp., 193: 153-170.
- Kjartan G. Magnússon, Thor Aspelund, 1997. Líkan um áttíðni og máltíðarstærð þorsks. Þetta rit.
- Meschkat, A., 1936. Untersuchungen ueber den Aufbau der Kabeljaunahrung im Bereich der Vestmannainseln. Rapp. P.-v. Reun., Cons. int. Explor. Mer, 99: 3-19.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar, 7: 1-60.
- Ólafur K. Pálsson, Höskuldur Björnsson, 1993. Spatial distributions of stomach content data of Icelandic cod. ICES 1993/CCC Symposium/No.33.
- Páll Reynisson, 1991. Um bergmálmælingar á stærð fiskistofna. Hafrannsóknastofnun. Fjölrít, nr. 26, 28s.
- Rae, B.B., 1968. The food of cod in Icelandic waters. Mar. Res. 6: 3-19.

Slembilíkan af fæðunámi þorsks - mat á tíðni og stærð máltíða

Kjartan G. Magnússon¹ og Thor Aspelund²

Raunvísindastofnun Háskólans¹, Hafrannsóknastofnunin²

Ágrip

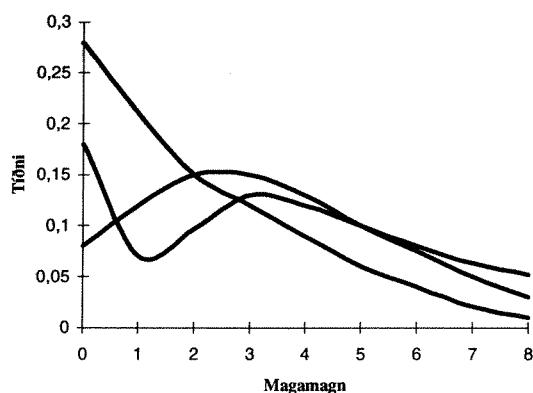
Áti ránfisks (þorsks) á bráð sem er í torfum (loðnu) er lýst með slembiferli, sem samanstendur af tveimur hendingum (þ.e. útkoman er háð tilviljun); annars vegar fjölda af torfum sem ránfiskurinn finnur á hverri tímaeiningu og hins vegar fjölda fiska sem hann étur í hvert sinn sem hann finnur torfu. Fjölda torfa á tímaeiningu er lýst með Poisson hendingu og fjöldi fiska er annað hvort Poisson hending eða (sem er almennara) neikvæð tvíkosta hending. Ef gert er ráð fyrir að fjöldi fiska, sem ránfiskurinn má eiga von á að fá í hvert sinn sem hann finnur torfu, sé einnig hending fæst neikvæð tvíkostadreifing. Þetta er eðlilegra vegna þess að torfur eru misstórar og misþéttar, hegðun fiskanna í torfunni er mismunandi o.s.fr. Helstu stíkar í þessu líkani eru meðalfjöldi máltíða á tímaeiningu og meðalstærð máltíða. Líkaninu er beitt á gögn úr sex lengdarflokke þorsks sem safnað var fyrir austan land í janúar 1994. Fjöldi loðna í hverjum þorskmaga var skráður. Stuðlarnir í slembilíkaninu eru metnir með sannileikaaðferð með því að bera saman raunverulega tíðnidreifingu á fjölda loðnu annars vegar og því sem líkanið spáir hins vegar. Líkanið fellur vel að gögnunum ef notuð er neikvæð tvíkostadreifing fyrir máltíðastærð, en síður ef Poisson dreifing er notuð. Meðaltíðni máltíða reynist vera óháð lengdarflokki, en sterkt veldisvísissamband er milli meðalstærðar máltíðar og lengdarflokks. Fækka má stuðlum verulega með því að gera ráð fyrir slíku veldissambandi milli máltíðastærðar og lengdar, en að lengd hafi ekki áhrif að öðru leyti. Því má sameina mælingar fyrir alla lengdarflokka og einungis þarf að meta fjóra stuðla. Því líkani er ekki hafnað. Metna stuðla má svo nota til að reikna meðalát á tímaeiningu ásamt staðalfrávikinu.

Inngangur

Gögn um magn fæðu í mögum ránfiska eru iðulega notuð til að meta hversu mikið er étið á tímaeiningu (sjá t.d. Jones 1974, Jobling 1981, Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1989, Mehl 1989, Bogstadt og Gjæsøter 1994). Við slíka útreikninga er aðeins notað meðalmagn í maga eða í stöku tilfellum meðaltal af einhverju veldi magamagnsins. Aðrar stærðir varðandi magamagn eru ekki nýttar, en ætla má að mikilvægar upplýsingar geti falist í tíðnidreifingunni. Hún hefur þó lítt verið notuð til að draga ályktanir um fæðunám eða fæðunámshæðun, en þó má nefna greinar eftir DeAngelis o.fl. (1984), Tjelmeland og Alvarez (1994) og Hall o.fl. (1995). Í þessari grein er sett fram líkan af fæðunámi ránfiska og aðferð fundin til að meta stuðla í líkaninu, s.s. meðaltíðni og meðalstærð máltíða, út frá tíðnideifingu magamagns. Líkanið er því næst prófað á gögnum um magainnihald þorska þar sem loðna var meginuppistaðan í fæðunni. Notuð var tíðnidreifing fyrir fjölda af loðnum í þorskmögum, í stað þyngdar. Það einfaldar mjög tengingu fæðunámslíkansins við tíðnidreifingu magamagns, því ef tíðnidreifing þyngdar í maga er notuð er óhjákvæmilegt að tekið sé tillit til meltingarhraða. Mat á stuðlum verður þá mun erfiðara.

Tíðnidreifingum fyrir magamagn má skipta gróflega í þrjá flokka (1. mynd). Í fyrsta flokknum er hámark í núlli og tíðnin fellur með vaxandi gildum, í öðrum flokknum er eitt hámark í núlli og annað fyrir jákvæð gildi og í þriðja flokknum er eitt hámark fyrir jákvæð gildi. Líkan af fæðunámi verður að vera nægjanlega sveigjanlegt til að geta gefið þessar þrjár gerðir tíðnidreifinga.

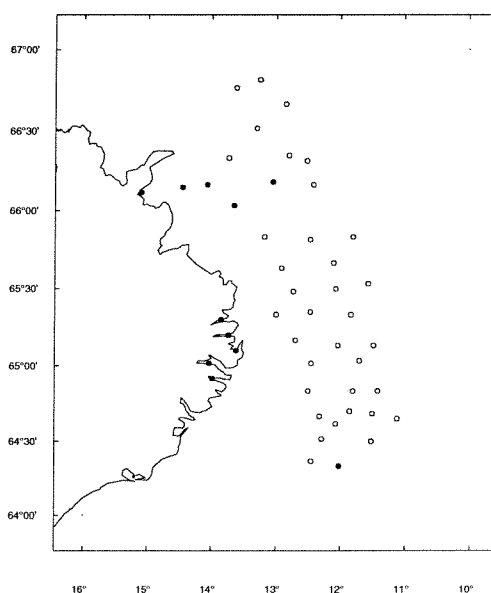
Fæðunámslíkanið sem hér er kynnt er almennt að því leyti að það lýsir áti ránfisks þar sem átið er mælt í fjölda einstaklinga. Hér er líkaninu beitt á þorsk sem étur einsleita bráð, þ.e. loðnu sem öll er í sama stærðarflokki. Loðna er meginfæða þorsks, á vissum árstímum getur hún verið allt að 90% af fæðunni. Fæðu þorsks og áti á hinum ýmsu tegundum bráðar ásamt fæðutengslum þorsks og loðnu er lýst í Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson (1989 og 1991). Öll tölfraeðivinnsla í grein þessari, þ.e. mat á stuðlum og prófanir á líkani, var gerð í S-PLUS (Statistical Sciences 1993). Útleiðslur á helstu aðferðum og formúlum, ásamt nánari umfjöllun um fæðunámslíkanið, gögn og niðurstöður er að finna í Kjartan G. Magnússon og Thor Aspelund (1997).



1. mynd. Þrjár megingerðir tíðnidreifinga magainnihalds.

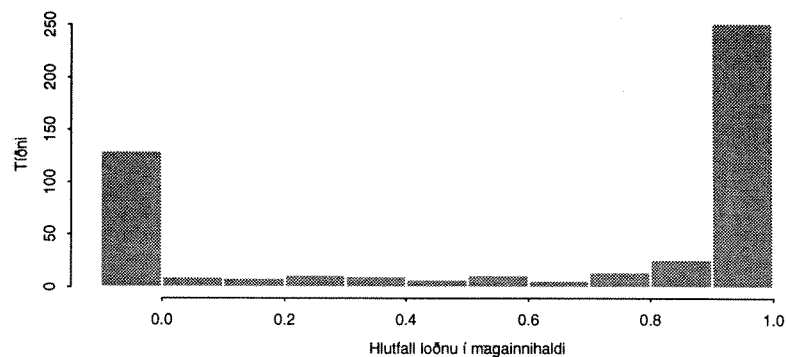
Gögn

Gögnum sem notuð eru í grein þessari var safnað út af Austurlandi í janúar 1994 í leiðangri sem farinn var gagnert til að kanna fæðunám þorsks á loðnu (Ólafur K. Pálsson o.fl., 1997). 2. mynd sýnir staðsetningu stöðva þar sem var safnað. Í janúar er meginhluti stofns kynþroska loðnu á þessum slóðum (Hjálmar Vilhjálmsson, 1994). Þar sem markmiðið hér er að kanna fæðunám þorsks á loðnu, er þeim stöðvum þar sem engin loðna fannst í þorskmögnum sleppt. Þær stöðvar voru nær allar inni á fjörðum eða við land að tveimur undanskildum. Fáir þorskar náðust á þessum tveimur stöðvum (aðeins einn á annarri) og því hefur það lítil áhrif þó þeim sé sleppt. Þorskunum er skipt í sex lengdarflokka, fjöldi sem safnað var í hverjum flokki er gefinn í 1.töflu.



2. mynd. Staðsetning söfnunarstöðva. Fylltir hringir sýna stöðvar þar sem loðna fannst ekki í þorskmögum

Gögnin sýna að þorskar höfðu annað hvort nær eingöngu étið loðnu eða eingöngu aðra fæðu (3. mynd). Þetta einfaldar líkanið og alla greiningu þess, þar sem líta má svo á að öll bráð sé eins, þ.e. loðna í sama stærðarflokki. Nær allar loðnur sem fundust í mögum voru á stærðarbilinu 13 - 19 sm.



3. mynd. Tíðnidreifing hlutfalls loðnu í þorskmögum. Súlan lengst til vinstri sýnir fjölda maga án nokkurra greinilegrar loðnu, (tómir magar ekki taldir með). Önnur súlan sýnir fjölda maga þar sem hlutfall loðnu er meira en núll og minna en 10% o.s.fr.

1. tafla. Fjöldi þorska safnað í hverjum lengdarflokki.

Lengdarfl.	Alls
31-40 sm	84
41-50 sm	94
51-60 sm	112
61-70 sm	97
71-80 sm	76
81-90 sm	59
Allar lengdir	522

Aðferðir

Fæðunámslíkan

Við lítum á fæðunám þorsks sem slembiferli. Þ.e. fjöldi máltíða og stærð hvernar máltíðar ræðst af tilviljunum. Fæðunáminu er lýst með tveimur hendingum; önnur lýsir því hversu oft bráð finnst og hin hversu stóra máltíð þorskurinn fær í hvert sinn sem bráð finnst. Hér ætlum við að skoða tilfellið þar sem þorskur leitar að loðnu; því táknar fyrri hendingin fjölda torfa sem finnast á tímaeiningu (tíðni máltíða) og sú síðari hversu margar loðnur nást úr hverri torfu (máltíðastærð). Við gerum ráð fyrir að loðnutorfur séu dreifðar á tilviljanakenndan hátt um leitarsvæði þorsksins. Markmiðið er að nota tíðnidreifingu fyrir fjölda af loðnum í þorskmögum til að draga ályktanir um þessar tvær hendingar sem lýsa fæðunáminu.

Látum T vera lengd þess tímabils sem loðna er greinanleg í maga. Fjöldi sem étinn er á tímabili T er því sá sami og fjöldinn sem finnst í maganum. Því er fjöldi loðnu sem étinn er á þessu tímabili - og jafnframt fjöldinn sem finnst í maganum - gefinn með hendingunni

$$Z = \sum_{i=1}^X Y_i$$

þar sem

X = fjöldi af loðnutorfum sem finnast á tíma T

Y_i = fjöldi af loðnum sem nást úr torfu nr. i , $i = 1, 2, 3, \dots, X$

Við gerum ráð fyrir að hendingarnar Y_i séu óháðar og eins dreifðar og að X sé óháð Y hendingunum.

Forsendan um að Y hendingarnar séu innbyrðis óháðar merkir að fjöldi loðna sem næst úr hverri torfu sé óháður því hversu margar náðust úr fyrri torfum. Forsendan að X og Y séu

óháð, felur í sér að tímalengd milli máltíða sé óháð máltíðastærð. Gera má athugasemdir við þessa forsendu þar sem ekki er óeðlilegt ef margar loðnur nást úr einni torfu að lengri tími líði að næstu máltíð. Þorskurinn þarf að melta stóra máltíð og kann að hvíla sig og liggja á meltunni áður en hafist er handa við að leita á ný. Þetta stangast á við forsenduna um að X og Y séu óháð. Við gerum þó ráð fyrir að þessi "hvíldartími" sé stuttur miðað við meðallengd tímabils milli máltíða og valdi því lítilli skekkju. Ekki er gert ráð fyrir mettun, þ.e. engin efri mörk eru á stærð máltíða. Þetta á ekki að koma að sök því mjög fáir þorskar eru í efsta hluta tíðnidreifinganna og því má ætla að fáir þeirra séu við mettunarmörkin

Ekki er heldur gert ráð fyrir dægursveiflu. Gögnin sem notuð eru í þessari grein gefa ekki neina vísbendingu um slíkt því áhrif frá tíma sólarhrings þegar safnað var reyndust ekki marktæk. Lengd þorsks er ríkjandi þáttur til að útskýra breytileika, en svæðaáhrif eru óveruleg.

Til að hægt sé að bera saman líkindadreifingu hendingarinnar Z og raunverulega tíðnidreifingu á fjölda loðnu í maga þarf að stíka líkanið, þ.e. tiltaka dreifingar hendinganna X og Y. Sem fyrsta nálgun fyrir hendinguna X (tíðni máltíða), er Poisson dreifingin nokkuð eðlilegur kostur. Sú dreifing á við þegar verið er að lýsa fjölda hluta (í þessu tilfelli torfa) sem finnast á tímaeiningu, þegar torfurnar eru ekki í þyrpingum, heldur eru dreiddar tilviljanakennt um allt svæðið. Poisson ferli hefur ekkert "minni", sem þýðir að líkur á að finna torfu á næsta tímabili eru óháðar því hversu langt er síðan síðasta torfa fannst.

Poisson - Poisson líkan.

Poisson dreifinguna má einnig nota fyrir Y hendingarnar. Réttlætning fyrir því er eftirfarandi. Hugsum okkur þorsk sem finnur loðnutorfu sem í eru n einstaklingar. Sérhver loðna í torfunni getur lent í kjafti þorsksins, líkur á því skulum við kalla p. Það má því líta á þetta sem svokallaða Bernoulli tilraun með líkur p, sem endurtekin er n sinnum. Fjöldi af loðnum sem þorskurinn nær hefur því tvíkostadreifingu með stíkana n og p. Meðaltalið er np. Nú er vitað að þegar n er stórt og p lítið, þá nálgast tvíkostadreifingin Poisson dreifingu með stíka $\mu = np$.

Nú má leiða út líkindadreifingu hendingarinnar Z. Sýna má fram á (sjá nánar í Kjartan G. Magnússon og Thor Aspelund 1997) að

$$P[Z=0] = e^{-\lambda} \exp(\lambda e^{-\mu})$$

$$P[Z=k] = \frac{\mu^k}{k!} \mu^* P[Z=0] \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

þar sem μ^* er k'ta vægi um meðaltal fyrir Poisson hendingu með stíka $\lambda e^{-\mu}$. 4. mynd sýnir þessa líkindadreifingu fyrir nokkur mismunandi gildi á λ og μ . Gildi λ er fast fyrir hverja mynd og líkindadreifingin er sýnd fyrir $\mu = 0.5, 1.0, 1.5, \dots, 3.5$. Fyrir $\mu = 0$ er dreifingin einfaldlega jöfn 1 fyrir $k=0$ og núll annars.

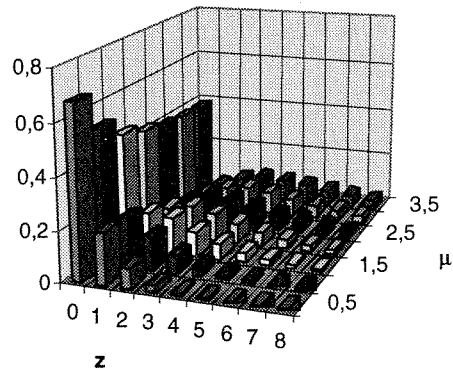
Samsett Poisson-Poisson líkan, þ.e. líkan þar sem bæði X og Y hafa Poisson dreifingu með stíka λ og μ reynist vera nægjanlega sveigjanlegt til að hægt sé að fá fram þær þrjár gerðir tíðnidreifinga sem lýst var hér að framan (1. mynd). Á 4. mynd má sjá að lág gildi á μ ásamt lágum λ -gildum gefa dreifingu af fyrstu gerð; þegar μ vex birtist annar toppur og toppurinn í núlli minnkar þegar λ vex. M.ö.o. ef bil milli máltíða er langt (lítið λ) er áberandi toppur í núlli. Þessi toppur fer minnkandi þegar bilið styttest (vaxandi λ). Greinilegur toppur fæst svo fyrir jákvæð gildi ef fjöldi í máltíð er mikill (stórt μ). Sá toppur hliðrast til hægri og toppurinn í núlli minnkar með vaxandi máltíðastærð, ásamt því að dreifingin verður flatari. Þetta einfalda Poisson-Poisson líkan, sem hefur einungis tvo stíka, getur því gefið allar þrjár gerðir dreifinga.

Poisson - neikvætt tvíkösta líkan.

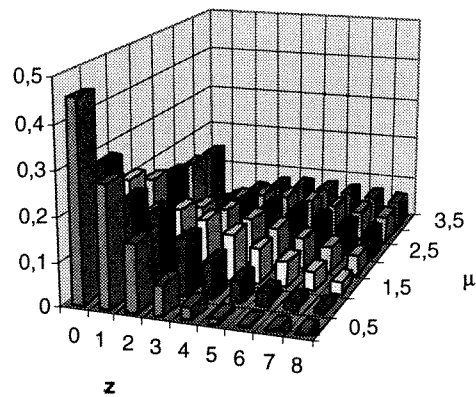
Gera má Poisson-Poisson líkanið heldur almennara og jafnframt sveigjanlegra með því að líta á stíkan μ í Poisson dreifingunni fyrir Y sem hendingu. Dreifing sem þannig fæst kallast blönduð dreifing. Það er að mörgu leyti eðlilegt að líta á μ sem hendingu; μ er sá fjöldi af

loðnum sem þorskur getur "vænst" að fá í hvert sinn sem hann finnur torfu. Nú eru loðnutorfur mismunandi, þéttleiki og stærð eru breytileg og hegðun torfanna einnig. Fjöldinn sem þorskur getur "vænst" að fá úr hverri torfu ætti því að vera breytilegur í samræmi við mismunandi gerð og eiginleika hvernar torfu.

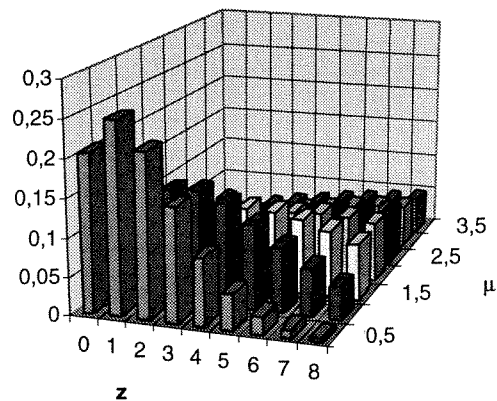
A



B



C



4. mynd. Líkindadreifing hendingarinnar Z með Poisson - Poisson líkani, þar sem tölunin er (a) $\lambda=1$, (b) $\lambda=2$, (c) $\lambda=4$

Látum nú T vera hendingu með gammadreifingu, þ.e. með þéttifall

$$f(t) = \frac{1}{\Gamma(\theta)t} \left(\frac{\theta t}{\mu}\right)^\theta \exp\left(-\frac{\theta t}{\mu}\right)$$

þar sem $E[T] = \mu$ og $\theta > 0$ er stiki, þ.a. dreifni T er μ^2/θ .

Gerum nú ráð fyrir að stikinn μ í Poisson dreifingunni fyrir Y hafi gammadreifingu, þ.e. Y ákvarðast af

$$P[Y = y | T = t] = \frac{t^y}{y!} e^{-t} \quad y = 0, 1, 2, \dots$$

Þá má sýna fram á (Johnson og Kotz 1969) að

$$P[Y = y] = \frac{\Gamma(y + \theta)}{\Gamma(\theta)y!} \left(\frac{\mu}{\mu + \theta}\right)^y \left(1 - \frac{\mu}{\mu + \theta}\right)^\theta$$

þ.e. Y hefur neikvæða tvíkostadreifingu. Meðalgildi og dreifni Y eru

$$E[Y] = \mu \quad \text{Var}[Y] = \mu + \mu^2 / \theta$$

Nú má sýna fram á að samsetta Poisson-ferlið gefið með hendingunni

$$Z = \sum_{i=1}^X Y_i$$

þar sem X er Poisson hending og Y hendingarnar hafa neikvæða tvíkostadreifingu, hefur líkindadreifingu

$$P[Z = 0] = \exp\left(-\lambda \left(1 - \left(\frac{\theta}{\mu + \theta}\right)^\theta\right)\right)$$

$$P[Z = k] = \lambda \sum_{i=0}^{k-1} \frac{k-i}{k} P[Z = i] P[Y = k-i] \quad \text{fyrir } k > 0.$$

(sjá nánar í Kjartan G. Magnússon og Thor Aspelund 1997). Þetta líkan hefur þrjá stuðla, λ , μ og θ . Athugið að stikinn μ í dreifingunni hefur sömu merkingu og fyrr, þ.e. meðalstærð máltíðar. Þó er rétt að hafa í huga þegar fjallað er um λ sem meðaltíðni máltíða og μ sem meðalstærð máltíða, að líkur á að Y taki gildið núll eru jákvæðar. Því eru "máltíðir" þar sem þorskurinn nær ekki neinni loðnu taldar með í þessum meðaltölum. Það er þó einfalt að leiðrétta fyrir þessu og reikna meðaltíðni og meðalstærð máltíða þar sem aðeins eru taldar raunverulegar máltíðir.

Niðurstöður

Mat á stuðlum og prófun líkans

Næsta skref er að meta stuðla í líkönunum. Þar sem hægt er að finna formúlu fyrir líkindadreifinguna, má nota sennileikaaðferð (maximum likelihood estimation) til að meta stuðlana. Til að prófa líkanið eru notuð tvö próf, annars vegar Pearson próf og hinsvegar próf sennileikahlutfalls (likelihood ratio test). Bæði prófin bera saman reiknaða tíðni og mældu tíðni í

hverju bili; bilin hér eru einfaldlega fjöldi loðnu, þ.e. 0,1,2,... Frítölur eru N-m-1 eða N-1 þar sem N er fjöldi bila og m er fjöldi metinna stuðla, þ.e. 2 eða 3 eftir því hvort líkanið er notað. Þetta þýðir að fyrir hvort líkan eru gefin fjögur p-gildi fyrir hvern lengdarflokk. Þessi próf byggja á χ^2 - nálgunum, ekki er hægt að segja að annað þeirra sé réttara og sömuleiðis er ekki hægt að gefa upp eina rétta frítölu. Höfnunargildið fyrir próf með marktæktarkröfu α , liggur einhvers staðar á milli höfnunargilda fyrir χ^2 próf með kröfu α , með N-m-1 og N-1 frítölu. Því eru gefin upp p-gildi fyrir öll fjögur prófin. Það er staðfesting á réttmæti χ^2 - nálgunarinnar ef p-gildin eru svipuð.

Núlltilgátan er sú að mælingarnar séu úr þýði með líkindadreifingu $p_Z(k) = P[Z=k]$ sem svarar til líkansins sem prófa skal, þ.e. annað hvort Poisson-Poisson eða Poisson neikvæð tvíkostadreifing. Tilgátunni er hafnað ef p-gildin eru lítil; há p-gildi merkja að ekki er hægt að hafna tilgátunni, þ.e. líkaninu er ekki hafnað.

Stuðlarnir voru metnir fyrir hvern lengdarflokk þannig að gögnum fyrir allt svæðið var skellt saman. Fjöldi athugana var ekki nægjanlega mikill til að hægt væri að framkvæma tilgátupróf ef skipt var niður í smærri svæði. Bæði líkönin voru felld að gögnunum og prófuð.

Niðurstöðu á mati stuðla fyrir Poisson-Poisson líkanið eru í 2. töflu. Að meðaltali er fjöldi máltíða ein til tvær á tímaeiningu (tímaeining er sá tími sem það tekur að melta loðnu) og meðalfjöldi loðnu í máltíð fer vaxandi með stærð þorsksins, eins og vænta mátti.

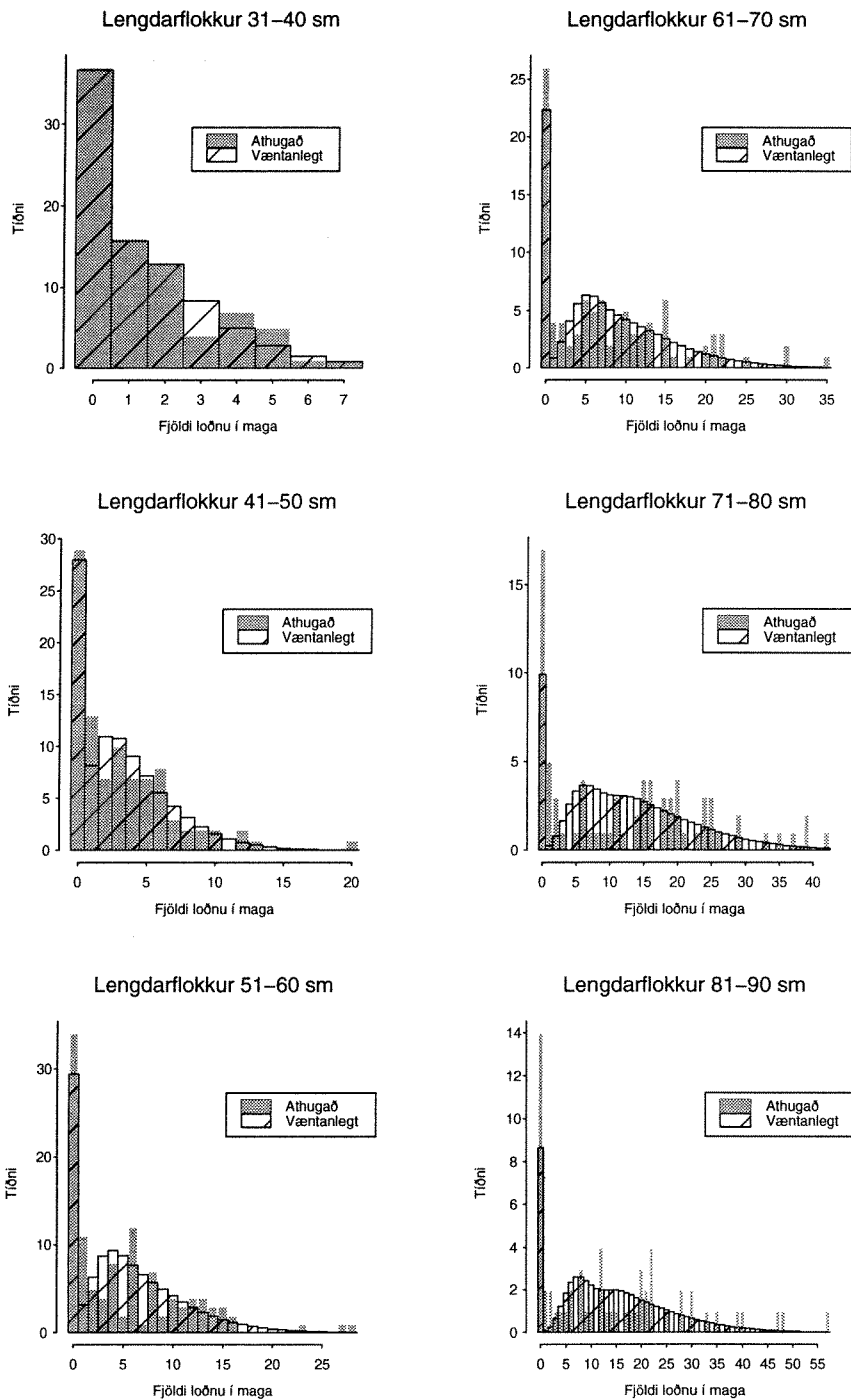
2. tafla. Sennileikamat á meðalfjölda máltíða á tímaeiningu (λ) og meðalstærð máltíða (μ) mæld í fjölda af loðnum, ásamt 95% öryggisbili fyrir Poisson - Poisson líkan.

Lengdarfl.	λ	Öryggisbil	μ	Öryggisbil
31-40 sm	1.18	[0.80,1.66]	1.21	[0.85,1.72]
41-50 sm	1.33	[0.99,1.75]	2.39	[1.86,3.07]
51-60 sm	1.34	[1.06,1.73]	3.91	[3.22,4.73]
61-70 sm	1.48	[1.14,1.87]	5.36	[4.45,6.45]
71-80 sm	2.04	[1.59,2.56]	6.22	[5.19,7.47]
81-90 sm	1.92	[1.44,2.50]	7.48	[6.10,9.27]

Minnsti fiskurinn étur rúmlega eina loðnu í mál að meðaltali og sá stærsti rúmlega sjö. 3. tafla sýnir p-gildi úr prófunum fjórum sem lýst var hér að framan. Líkaninu er ekki hafnað fyrir tvo minnstu lengdarflokkana (31-40 og 41-50 sm), það er á mörkunum að því sé hafnað fyrir 61-70 sm flokkinn, en því er örugglega hafnað fyrir hina þrjá flokkana. 5. mynd sýnir melda og metna tíðnidreifingu fyrir Poisson-Poisson líkanið. Þar má sjá að til að nálgast mældu tíðnina fyrir margar loðnur þarf að lækka metnu tíðnina fyrir núll og eina loðnu. Þetta líkan virðist því ekki hafa nægjanlegan sveigjanleika til að ráða við öll gögnin.

3. tafla. p-gildi fyrir mátgæði Poisson - Poisson líkans skv. sennileikahlutfalli og prófi Pearson. Frítölur eru N-m-1 og N-1 þar sem N er fjöldi bila og m er fjöldi metinna stika.

Lengdarfl.	Sennileikahlutfall		Pearson próf	
	N-m-1	N-1	M-m-1	N-1
31-40 sm	0.27	0.56	0.32	0.63
41-50 sm	0.56	0.75	0.53	0.72
51-60 sm	0.0005	0.0014	0.0002	0.0006
61-70 sm	0.073	0.13	0.021	0.045
71-80 sm	4.90×10^{-6}	1.67×10^{-5}	0.000	1.11×10^{-11}
81-90 sm	8.65×10^{-4}	2.19×10^{-3}	4.60×10^{-11}	2.33×10^{-10}



5. mynd. Mæld og metin tíðnidreifing fjölda loðnu í mögum fyrir lengdaflokkana sex, Poisson - Poisson líkan.

Líkanið með Poisson og neikvæða tvíkostadreifingu gefur mun betri raun. Mat á stuðlunum

λ , μ og θ er í 4. töflu. Tíðni máltíða er á bilinu 1.2 til 1.7 og er óháð lengdaflokki. Fjöldi loðnu í mál er frá rétt rúmlega einni að vel yfir níu og vex greinilega með stærð þorsksins. 5. tafla gefur p-gildin fyrir prófin fjögur. Líkaninu er ekki hafnað nema hugsanlega í einu tilfalli, þ.e. fyrir lengdaflokk 51-60 sm. Ástæða þess er eingöngu sú hversu margir þorskar hafa sex loðnur í maga. Líkaninu er ekki hafnað ef þeim er dreift yfir á næstu bil, þ.e. fimm og sjö. 6. mynd sýnir svo mælda og metna tíðnidreifingu fyrir þetta líkan. Hér gengur mun betur að fella metnu dreifinguna að toppnum í núlli og einum. Niðurstaðan er því sú að líkanið með Poisson og neikvæða tvíkostadreifingu fellur vel að gögnunum.

4. tafla. Sennileikamat á meðalfjölda máltíða á tímaeiningu (λ), meðalstærð máltíða (μ) mæld í fjölda af loðnum og θ - stikanum í gammadreifingu, ásamt 95% öryggisbili fyrir Poisson - neikvætt tvíkosta líkan.

Lengdarfl.	λ	Öryggisbil	μ	Öryggisbil	θ	Öryggisbil
31-40 sm	1.23	[0.83,1.73]	1.16	[0.81,1.67]	14.29	[0.74,∞]
41-50 sm	1.63	[1.18,2.17]	1.96	[1.45,2.69]	1.62	[0.53,∞]
51-60 sm	1.43	[1.06,1.86]	3.75	[2.87,5.00]	1.50	[0.59,7.93]
61-70 sm	1.38	[1.03,1.81]	5.72	[4.49,7.41]	2.98	[0.91,45.88]
71-80 sm	1.67	[1.22,2.25]	7.53	[5.69,10.28]	1.52	0.56,5.21]
81-90 sm	1.54	[1.05,2.14]	9.34	[6.82,13.29]	1.72	[0.54,7.05]

5. tafla. p-gildi fyrir mátgæði Poisson - neikvæðs tvíkosta líkans skv. sennileikahlutfalli og prófi Pearson. Frítölur eru N-m-1 og N-1 þar sem N er fjöldi bíla og m er fjöldi metinna stika.

Lengdarfl.	Sennileikahlutfall		Pearson próf	
	N-m-1	N-1	N-m-1	N-1
31-40 sm	0.157	0.593	0.189	0.649
41-50 sm	0.770	0.943	0.754	0.937
51-60 sm	0.015	0.046	0.020	0.061
61-70 sm	0.547	0.760	0.684	0.860
71-80 sm	0.039	0.100	0.107	0.227
81-90 sm	0.202	0.365	0.243	0.420

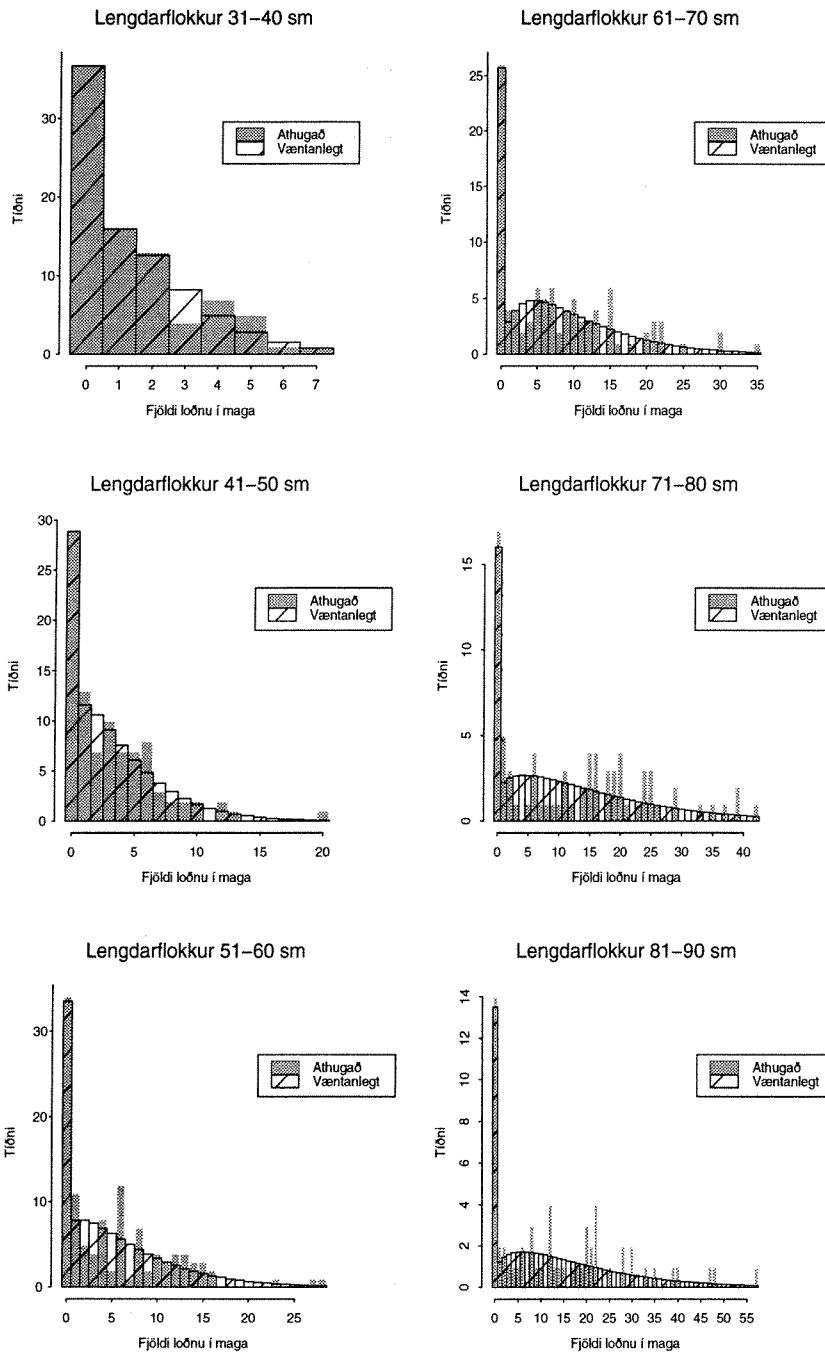
Öryggisbilin fyrir λ í 4. töflu sýna ljóslega að engin marktækur munur er á λ eftir stærð. Sama á við um stikann θ . Stærð máltíðar, μ , fylgir aftur á móti mjög stærð þorsksins (7. mynd). Það er því eðlilegt að reyna að fækka stuðlum nokkuð með því gera ráð fyrir að λ og θ séu óháð lengd og að máltíðastærðin sé háð lengd skv.

$$\ln \mu = \ln a + b \ln \text{lengd}$$

Það eru því aðeins fjórir stuðlar, λ , θ , a og b, í þessu líkani. Sennileikamat á þessum stuðlum, ásamt öryggisbili er gefið í 6. töflu og 8. mynd sýnir μ sem fall af lengd ásamt 95% öryggismörkum. Gildin á μ sem metin voru fyrir hvern lengdarflokk fyrir sig (4. tafla) liggja öll nálægt ferlinum sem tengir saman μ og lengd. Mátgæðapróf (goodness of fit test) fyrir þetta líkan gefur p-gildi 0.36 og 0.58 fyrir sennileikahlutfalls - og Pearson prófin. Það er því ljóst að líkaninu er alls ekki hafnað.

6. tafla. Sennileikamat á meðalfjölda máltíða á tímaeiningu (λ), θ -stikanum í gammadreifingu og stikunum í sambandinu $\mu = a(\text{lengd})^b$, þar sem λ og θ eru óháð lengd, ásamt 95% öryggisbilum.

Stiki	MLE	Öryggisbil
λ	1.517	[1.333,1.716]
θ	1.92	[1.161,3.497]
$\ln a$	-10.261	[-10.296,-10.228]
b	2.855	[2.788,2.923]



6. mynd. Mæld og metin tíðnidreifing fjölda loðnu í mögum fyrir lengdarflokkanna sex. Poisson - neikvætt tvíkosta líkan.

Gildið á λ er 1.52, sem þýðir að meðaltími (fyrir alla lengdarflokkanna) milli máltíða er 0.66, þ.e. um það bil $2/3$ af þeim tíma sem það tekur að melta loðnu. Hins vegar, eins og minnst var á hér að framan, eru núllmáltíðir taldar með í matinu á λ . Til að fá meðaltíðni raunverulegra máltíða þarf að leiðrétta fyrir þessar "núllmáltíðir":

$$\lambda_+ = E[X] - E[X]P[Y = 0] = \lambda(1 - P[Y = 0]).$$

Einnig má fá meðalstærð raunverulegra máltíða

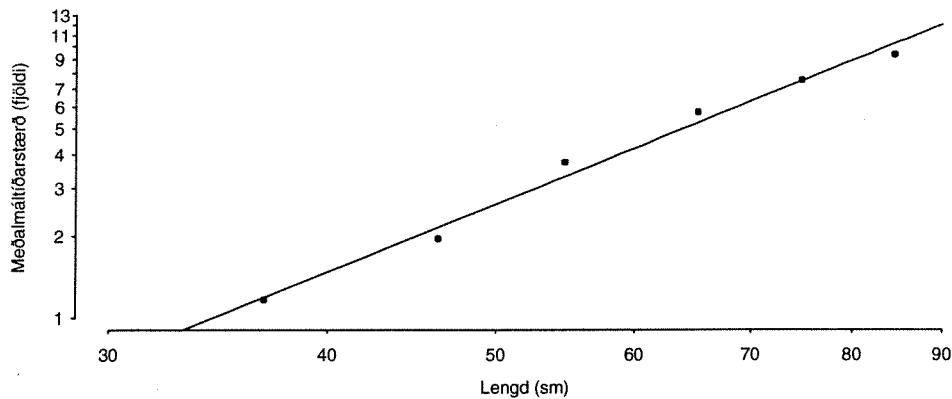
$$\mu_+ = E[XY > 0] = \frac{E[Y]}{(1 - P[Y = 0])} = \frac{\mu}{(1 - P[Y = 0])}$$

Hér er

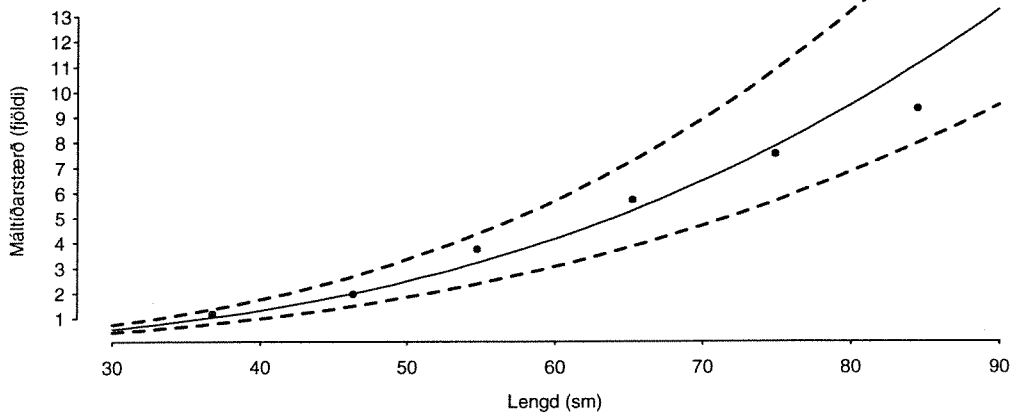
$$P[Y = 0] = \left(\frac{\theta}{\mu + \theta}\right)^\theta$$

Stikinn μ er háður lengd og því er λ_+ það einnig. Ef við notum stuðlana í 6. töflu til að reikna λ_+ fyrir hvern lengdarflokk, reiknum því næst meðaltíma milli máltíða, $T_{m+} = 1/\lambda_+$ og tökum síðan meðaltal yfir alla lengdarflokka, fæst $T_{m+} = 0.84$. Þetta má túlka þannig að tími milli máltíða sé að meðaltali aðeins skemmri en tíminn sem það tekur að melta máltíðina.

Rétt er að minnast á tvennt sem kynni að hafa áhrif á tímæininguna T. Í fyrsta lagi er meltingahraði stórra fiska meiri en þeirra smærra (sjá t.d. Jones 1974, dos Santos og Jobling 1992) sem þýðir að T getur verið háð stærð fisksins. Í öðru lagi kann að vera að loðna sé greinanleg lengur ef hún er hluti stærri máltíðar. Þessir tveir þættir vinna hvor gegn öðrum og áhrifin gætu jafnast út að einhverju leyti.



7. mynd. Metin meðalstærð máltíða (μ ; fjöldi loðnu) og lengd ásamt aðhvarfslínunni $\ln \mu = \ln a + b \ln \text{lengd}$.



8. mynd. Metið samband milli máltíðastærðar (μ) og lengdar þorsks með 95% öryggismörkum. Punktarnir eru gildin á μ sem metin voru fyrir hvern lengdarflokk fyrir sig.

Meðalát

Auðvelt er að nota líkanið til að reikna meðaltal og dreifni áts á tímaeiningu. Vegna þess hvernig tímaeiningin er valin er fjöldi loðnu í maga sá sami og fjöldi loðnu sem étin er á tímaeiningu, þ.e.

$$Z = \sum_{i=1}^X Y_i$$

Þar sem eðlilegra er að mæla átið í þyngd fremur en fjölda, setjum við W_i í stað hendinganna Y_i , þar sem W_i er heildarþyngd máltíðar nr. i. Því er

$$Z_W = \sum_{i=1}^X W_i$$

heildarþyngd sem étin er á tímaeiningu.

Sýna má fram á að meðaltal og dreifni Z_W er

$$E[Z_W] = E[X] E[W] \quad \text{Var}[Z_W] = E[X]\text{Var}[W] + \text{Var}[X]E[W]^2$$

ef gert er ráð fyrir að W_i hendingarnar séu óháðar og eins dreifðar.

Heildarþyngd máltíðar nr. i er gefin með hendingunni

$$W_i = \sum_{j=1}^{Y_i} w_{ij}$$

þar sem Y_i er fjöldi af loðnum í máltíð nr. i og w_{ij} er þyngd loðnu nr. j í máltíð nr. i.

Meðaltal og dreifni W_i (sbr. formúlur fyrir Z_W)

$$E[W_i] = E[Y_i]E[w] \quad \text{Var}[W_i] = E[Y_i]\text{Var}[w] + \text{Var}[Y_i]E[w]^2$$

ef gert er ráð fyrir að w_{ij} séu óháð og eins dreifð. Ef við setjum þetta inn í formúlurnar fyrir $E[Z_W]$ og $\text{Var}[Z_W]$ fáum við (athugið að bæði Y_i og W_i eru óháðar og eins dreifðar hendingar)

$$E[Z_W] = E[X]E[Y]E[w]$$

$$\text{Var}[Z_W] = E[X](E[Y]\text{Var}[w] + \text{Var}[Y]E[w]^2) + \text{Var}[X]E[Y]^2E[w]^2$$

Hendingin X (fjöldi máltíða) hefur Poisson dreifingu með stika λ og því er

$$E[X] = \lambda \quad \text{Var}[X] = \lambda$$

og ef Y (fjöldi í máltíð) hefur neikvæða tvíkostadreifingu með stika μ og θ , þá er

$$E[Y] = \mu \quad \text{Var}[Y] = \mu + \mu^2 / \theta.$$

Látum nú μ_w og σ_w tákna meðaltal og staðalfrávik í einstaklingsþyngd, w , þá fæst að lokum

$$E[Z_w] = \lambda \mu \mu_w$$

$$Var[Z_w] = \lambda \mu (\sigma_w^2 + (1 + \mu + \frac{\mu}{\theta}) \mu_w^2).$$

Meðalþyngd og staðalfrávik loðnu (grömm) á söfnunarsvæðinu á söfnunartíma var (Hjálmar Vilhjálmsson, Hafrannsóknastofnun, munnl. uppl.)

$$\bar{w} = 16.6 \quad s = 8.4$$

Þessar stærðir notum við sem mat á μ_w og σ_w . Því má reikna meðalneyslu á tíma T og staðalfrávik (sjá 7. töflu). Nú er T ekki þekkt, en það ætti þó að vera lítil vandi að meta það og reikna þannig meðalneyslu á dag og staðalfrávik. Giska má á að T sé um 4 dagar (Björn Björnsson, Hafrannsóknastofnun, munnl. uppl.). Ef sú tala er notuð ásamt eftirfarandi sambandi milli lengdar og þyngdar þorsks

$$\text{þyngd} = 0.004 * (\text{lengd})^{3.185}$$

sem á við fyrir þorsk norðan og austanlands í mars 1994 (Björn Æ. Steinarsson, Hafrannsóknastofnun, munnl. uppl.), má reikna út dagneyslu og dagneyslu sem hlutfall af þyngd (7. tafla). Athugið að fráviksstuðull (coefficient of variation) er fremur hár, meira en 100%, og að hann er háður T . Dagneysla sem hlutfall af þyngd er heldur meiri en fengist hefur annars staðar; t.d. er dagneysla metin sem 0.6-1.0% af þyngd í Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson (1989). Skýringin gæti legið í því að fæðuskilyrði nú voru einstaklega góð, mikið magn af kjörfæðu til staðar og neysla því meiri en venjulega. Einnig ber að hafa í huga að gildið á T er einungis ágískun. Nauðsynleg er að meta T með tilraunum áður en hægt er að meta dagneysluna og staðalfrávik hennar með einhverri vissu.

7. tafla. Meðaltal og staðalfrávik áts (í grömmum) á tíma T (tímalengd sem 13-19 sm loðna er greinanleg í maga), meðalát á dag og meðalát á dag sem hlutfall af þyngd.

Lengdarfl.	Meðalát	Staðalfrávik	Át/dag	Át/dag/þyngd (%)
31-40 sm	23.71	31.33	5.93	1.79
41-50 sm	52.99	62.42	13.25	1.80
51-60 sm	88.66	105.32	22.16	1.59
61-70 sm	131.41	139.10	32.85	1.38
71-80 sm	208.50	218.20	52.12	1.39
81-90 sm	238.38	252.03	59.59	1.07

Samantekt

Fæðunámi þorsks er lýst sem slembiferli, sem gert er úr þremur hendingum. Fjöldi loðnutorfa sem þorskur finnur á tímaeiningu er hending sem er Poisson dreifð. Fjöldi loðnu sem næst úr hverri torfu hefur einnig Poisson dreifingu, en þannig að stuðullinn (þ.e. meðaltalið) er hending sem er gammadreifð. Það leiðir af sér að fjöldinn í hverri máltíð hefur neikvæða tvíkostadreifingu. Stíkar í líkaninu eru þrjár fyrir hvern lengdarflokk; meðalfjöldi af torfum á tímaeiningu (λ), meðalstærð máltíðar (μ) og einn viðbótarstuðul (θ), en líkanið er engu að síður mjög sveigjanlegt og getur líkindadreifingin fyrir át á tímaeiningu haft margvíslega lögun.

Stuðlarnir eru metnir með sennileikaáferð með því að bera saman líkindadreifinguna og mælda tíðnidreifingu á loðnum í maga fyrir hvern af sex lengdarflokkum þorsks. Þannig fæst mat á meðaltíðni og meðalstærð máltíða fyrir hvern lengdarflokk. Þriggja stika líkanið fellur vel að tíðnidreifingunni fyrir loðnufjölda í maga, en tveggja stika líkan (λ og μ) mun verr.

Í ljós kemur að meðaltíðni máltíða er óháð lengdarflokki, meðaltími milli máltíða er rúmlega 80% þess tíma sem það tekur að melta máltíð. Stærð máltíða, aftur á móti, er mjög háð lengdarflokki, eins og vænta mátti. Líkan með einungis fjóra stika alls, þ.e. λ og θ , ásamt a og b , sem eru stuðlarnir í sambandinu milli lengdar og máltíðarstærðar

$$\ln \mu = \ln a + b \ln \text{lengd},$$

var því fellt að gögnunum þar sem öllum lengdarflokkum var skellt saman. Þessu líkani var ekki hafnað og niðurstaðan var mjög svipuð fyrri niðurstöðu. Það er í raun mjög athyglisvert að líkan með einungis fjóra stika skuli geta útskýrt tíðnidreifinguna á loðnufjölda í maga fyrir þorska úr jafn breiðu stærðarbili og hér um ræðir.

Meginniðurstaðan í þessari grein er sú að slembilíkan sem byggir á tveimur hendingum, þar sem önnur er Poisson dreifð og hin hefur neikvæða tvíkostadreifingu, passar vel við raunverulega tíðnidreifingu á loðnufjölda í þorskmögum. Þetta þarf þó að sjálfsögðu að prófa með fleiri gagnasöfnum. Jafnframt er tíðni máltíða óháð stærð þorsks, en veldissamband gildir milli máltíðastærðar og lengdar. Því er hægt að fækka mjög þeim stuðlum sem meta þarf, sem gerir kleyft að skoða smærri svæði en gert er hér. Því má meta tíðni og stærð máltíða (λ og μ) á ýmsum svæðum og reyna að tengja þá stika við þéttleika loðnu á viðkomandi svæði. Þannig opnast möguleiki á að sjá hvernig neysla þorska er háð framboði á loðnu á afmörkuðum svæðum.

Heimildir

- Bogstad, B., H. Gjøsaeter, 1994. A method for estimating the consumption of capelin by cod in the Barents Sea. ICES J. mar. Sci. 51: 273-280.
- DeAngelis, D.L., S.M. Adams, J. E. Breck, L.J. Gross, 1984. A stochastic predation model: application to largemouth bass observations. Ecological modelling. 24: 25-41.
- Hall, S.J., W.S.C. Gurney, H. Dobby, D.J. Basford, S.D. Heaney, M.R. Robertsson, 1995. Inferring feeding patterns from stomach data. Journal of Animal Ecology, 4: 39-62
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic Capelin Stock. Capelin, *Mallotus villosus* (Müller) in the Iceland - Greenland - Jan Mayen area. Rit Fiskideildar, 13(1): 1-281.
- Johnson, N.L., S. Kotz, 1969. Distributions in statistics: discrete distributions. John Wiley & Sons. 328 s.
- Jobling, M., 1981. Mathematical models of gastric emptying and the estimation of daily rates of food consumption for fish. J. Fish Biol., 19: 245-257.
- Jones, R., 1974. The rate of elimination of food from the stomachs of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*), cod (*Gadus morhua*) and whiting (*Merlangius merlangus*). J. Cons. int. Explor. Mer., 35: 225-243.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1989. Trophic ecological relationships of Icelandic cod. Rapp. P.-v. Réun. Con. int. Explor. Mer., 188: 206-224.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1991. Predator - prey interactions of cod and capelin in Icelandic waters. ICES mar. Sci. Symp., 193: 153-170.
- Kjartan G. Magnússon, Thor Aspelund, 1997. A model for estimating meal size and meal frequency from stomach data with an application to cod feeding on capelin. Can. J. Fish. and Aquatic Sci. Í prentun.
- Mehl, S., 1989. The Northeast Arctic cod stock's consumption of commercially exploited prey species in 1984-1986. Rapp. P.-v. Réun. Con. int. Explor. Mer., 188: 185-205.
- Ólafur K. Pálsson, Hjálmar Vilhjálmsson, Höskuldur Björnsson, 1997. Fæðutengsl þorsks og loðnu með hliðsjón af útbreiðslu og magni ránsfisks og bráðar. Þetta rit.
- dos Santos, J., M. Jobling, 1992. A model to describe gastric evacuation in cod *Gadus morhua* L. fed natural prey. ICES J. mar. Sci. 49: 145-154.
- Statistical Sciences, 1993. S-PLUS Guide to Statistical and Mathematical Analysis, Version 3.2, Seattle: StatSci, a division of MathSoft, Inc., 1993.
- Tjelmeland, S., J. Alvarez, 1994. Estimating initial stomach content using stochastic simulation. ICES CM 1994/G: 16. 19 s.

Vöxtur og fódurnýting þorsks í eldistilraunum ásamt mati á heildaráti íslenska þorskstofnsins

Björn Björnsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar hafa á undanföllum árum farið fram eldistilraunir með þorsk af mismunandi stærðum til að kanna áhrif hita á vöxt og fódurnýtingu. Markmiðið með þessum tilraunum er m.a. að afla gagna sem nýst gætu við að áætla hve mikið íslenski þorskstofninn étur á ári hverju. Þrjár eftirfarandi tilraunir voru framkvæmdar í 3 m hringlaga innikerum. Tilraun 1 (maí 93-jan. 94): villtur þorskur, meðalþyngd 1,5 kg í upphafi, alinn í 12 kerum. Sex ker við 7°C, þar af fódrað í tvö með rækju, tvö með horaðri loðnu og tvö með feitri loðnu. Hin kerin voru við 1, 3, 5, 10, 13 og 16°C og öll fódruð með feitri loðnu. Tilraun 2 (feb. 94-feb. 95): villtur þorskur, alinn á loðnu fjóra daga í viku og rækju tvo daga í viku. Í sjö kerum var meðalþyngd í upphafi 0,6 kg og eldishiti 1, 3, 5, 7, 9, 11,5 og 14°C. Í fimm kerum var meðalþyngd í upphafi 0,3 kg og eldishiti 3, 5, 7, 9 og 11,5°C. Tilraun 3 (júlí 95-mars 96): þorskseiði, 6 g í upphafi, voru alin á þurrfóðri í tíu kerum við 4, 7, 10, 13 og 16°C. Helstu niðurstöður eru þær að vöxtur nær hámarki við ákveðið hitastig, kjörhita til vaxtar. Fódurstuðull, skilgreindur sem fjöldi kg af fóðri sem þarf til að framleiða hvert kg af fiski, nær lágmarki við ákveðið hitastig, kjörhita til fódurnýtingar (KH_F). KH_V var alltaf hærri en KH_F. Kjörhitinn virðist að jafnaði lækka með aukinni stærð á fiski. Þannig mældist KH_V 15,5°C fyrir 12 g seiði og 8,6°C fyrir 2,1 kg fisk. Hins vegar mældist KH_F 12,1 og 8,0°C fyrir sömu tilraunahópa. Í tilraun 2, sem stóð í heilt ár var 70% af fóðrinu loðna og 30% rækja. Nálægt kjörhita var fódurstuðullinn um 2,6. Ef þessi fódurstuðull er notaður til að áætla át íslenska þorskstofnsins á tímabilinu 1984-93 verður niðurstaðan um 1,3 milljón tonn á ári að meðaltali. Líta má á þá tölu sem lágmark. Ef gert er ráð fyrir fódurstuðli 4,0 sem e.t.v. er nær lagi fyrir íslenska þorskstofninn yrði niðurstaðan um 2,0 milljón tonn á ári.

Inngangur

Á undanföllum árum hafa farið fram eldistilraunir með þorsk af mismunandi stærðum í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík. Tilraunirnar hafa að miklu leyti falist í að mæla áhrif hita á vöxt og fódurnýtingu. Höfuðmarkmiðið hefur verið að afla gagna sem nota mætti við að áætla hve mikið íslenski þorskstofninn étur á ári.

Það eru einkum tvær leiðir sem nota má til að áætla át hjá fiskistofni. Í fyrsta lagi að mæla fódurstuðul hjá fiskum í kerum, þ.e. hve mörg kg af fóðri þarf til að fiskur vaxi um hvert kg á ákveðnu tímabili. Áætla síðan heildarvöxt á fiskistofni og margfalda hann með fódurstuðlinum. Í öðru lagi að mæla samband magainnihalds og meltingarhraða (eða áthraða) hjá fiskum í kerum. Safna síðan magasýnum úr fiskistofni og reikna áthraðann út frá mældu magainnihaldi, hitastigi, fæðutegund og stærð fisks (Elliott og Persson 1978, Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1989, Santos og Jobling 1992).

Einn aðalókostur seinni aðferðarinnar er hve breytilegt magainnihaldið er í tíma og rúmi, og krefst beiting hennar því gífurlegrar gagnasöfnunar á magasýnum úr villtum fiskistofni. Þó að nokkur óvissa sé aftur á móti að yfirfæra niðurstöður vaxtartilrauna á villtan fiskistofn þá hefur sú aðferð þann kost að geta gefið traust mat á lágmarksfæðuinntöku fiskistofns, ef árlegur vöxtur hans er þekktur, vegna þess að fódurstuðlar innan við ákveðin mörk eru lífeðlisfræðilega ómögulegir.

Aðferðir

Tilraunirnar voru framkvæmdar í 3 m hringlaga kerum, 0,8 m djúpum, í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar á Stað við Grindavík. Borholusjór af stöðugum hita (7°C) og seltu (32‰) var hitaður og kældur með varmadælu til að útvega sjó á bilinu 1-16°C. Tilraunafiskurinn var frá fyrstu vigtun vaninn smátt og smátt við mismunandi hita og nam breytingin um 1°C á dag. Tilraunirnar fóru fram í sal með gluggum í lofti en auk þess var

ein 60 W pera yfir hverju ker kveikt meðan dagsbirtu naut með hjálp ljósnema utan á húsi. Að deginum var birtan við vatnsyfirborð að jafnaði um 20 lux.

Tilraun 1 stóð yfir frá 3. maí 1993 til 12. eða 19. janúar 1994. Tilraunafiskurinn var veiddur á handfæri haustið 1992 nálægt Sandgerði og hafður í stóru útikeri við 7°C þar til í mars 1993 þegar hann var merktur og fluttur í tilraunakerin til frekari aðlögunar við 7°C. Meðalþyngd í upphafi var 1,5 kg. Alls voru notuð 12 ker með um 32 fiskum í hverju. Fóðrað var þrisvar í viku (mánudag, miðvikudag og föstudag) eins mikið og fiskarnir vildu. Fóðurleifar voru veiddar upp, vegnar og dregnar frá því sem fóðrað var. Í átta ker var fóðrað með feitri loðnu, í tvö ker með horaðri loðnu og í tvö ker með rækju (1. tafla). Af tilraunahópunum sem fengu feita loðnu voru tveir við 7°C, en hinir sex við 1, 3, 5, 10, 13 og 16°C. Tilraunahóparnir sem fengu horaða loðnu eða rækju voru aldri við 7°C. Allir fiskarnir voru einstaklingsmerktir með spaghettimerkjum við fremsta bakugga. Fiskarnir voru vigtaðir og lengdarmældir á þriggja mánaða fresti.

1. tafla. Efnasamsetning mismunandi fóðurgerða í tilraunum 1-3. Fita, vatn og aska mæld í loðnu og rækju af Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins en próteininnihaldið fengið með frádrætti (gert ráð fyrir engu kolvetni í loðnu og rækju). Efnasamsetning þurrfóðurs samkvæmt upplýsingum frá framleiðanda.

Tilraun nr.	Fóðurgerð	fita (%)	vatn (%)	aska (%)	prótein (%)	kolvetni (%)
1	feit loðna	16,6	66,9	1,9	14,6	0,0
1	horuð loðna	4,3	79,6	2,1	14,0	0,0
1	rækja	3,4	75,5	4,4	16,7	0,0
2	loðna	12,8	71,6	2,0	13,6	0,0
2	rækja	4,1	74,3	4,0	17,6	0,0
3	Vextra MINI	22,0	9,0	9,0	50,0	9,5

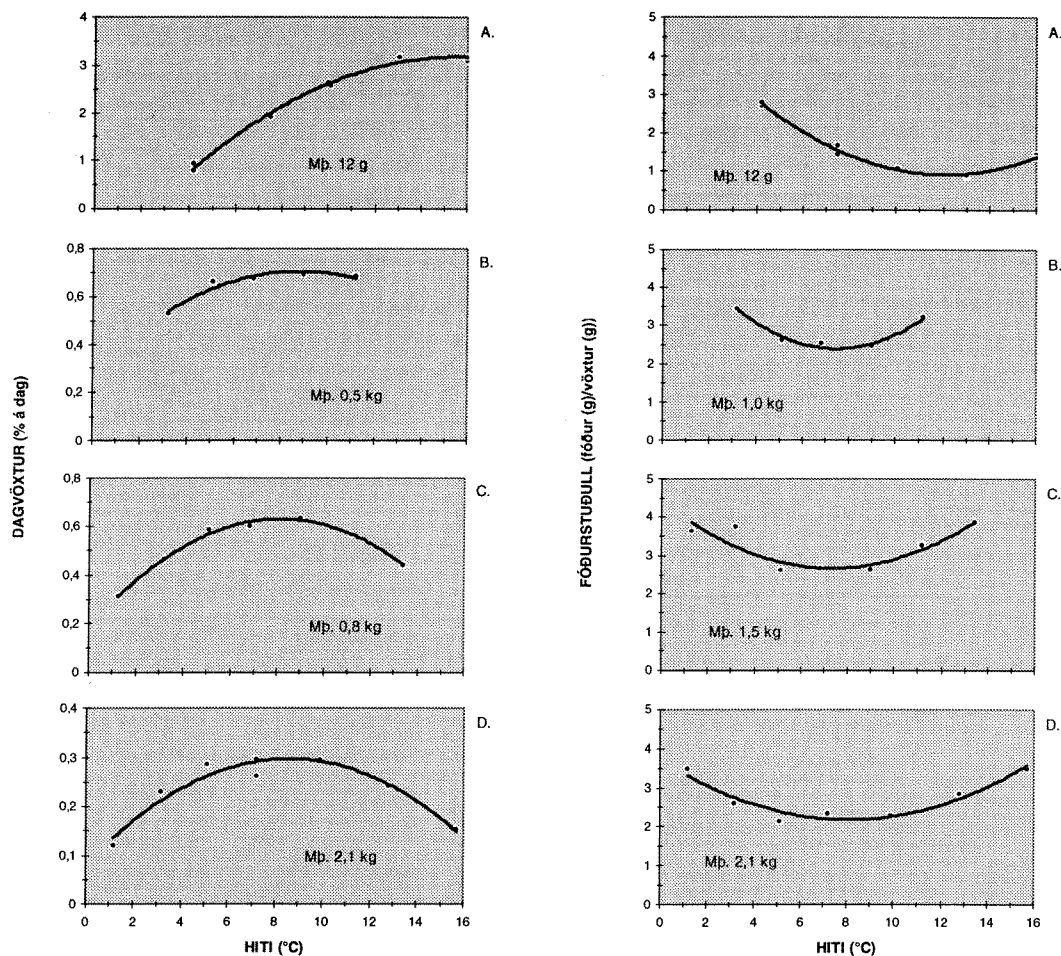
Tilraun 2 stóð yfir frá 16. febrúar 1994 til 16. febrúar 1995. Fiskurinn var veiddur í dragnót í september nálægt Grindavík og fluttur í Tilraunaeldisstöðina og geymdur við 7°C fram að tilraun. Fiskarnir voru einstaklingsmerktir og stærðarflokkaðir í tvo hópa, meðalþyngdin í öðrum var um 600 g og um 300 g í hinum. Stærri fiskunum var skipt niður á sjö ker, 33 fiskar í hvert, og smærri fiskunum á fimm ker, 47 fiskar í hvert. Sjö eftirfarandi hitastig voru prófuð hjá stærri þorskinum: 1, 3, 5, 7, 9, 11,5 og 14°C, en fimm hjá smærri þorskinum: 3, 5, 7, 9 og 11,5°C. Fóðrað var fjóra daga vikunnar, frá mánudegi til fimmtudags, með loðnu og tvo daga vikunnar, á föstudegi og laugardegi, með rækju (1. tafla). Fiskarnir voru vigtaðir og lengdarmældir á þriggja mánaða fresti.

Tilraun 3 stóð yfir frá 28. júlí 1995 til 20. mars 1996. Tilraunafiskarnir voru seiði sem klakið hafði verið út í Tilraunaeldisstöðinni í Grindavík í apríl 1995. Eldið fór fram í 10 kerum með 143 seiðum í hverju. Fimm eftirfarandi hitastig voru valin: 4, 7, 10, 13 og 16°C, tveir seiðahópar á hverju hitastigi. Fóðrað var með þurrfóðri frá Ewos, 1,6 og 2 mm eftir stærð (1. tafla). Fiskarnir voru einstaklingsvigtaðir á sex vikna fresti.

2. tafla. Númer tilraunar (Nr), meðalhiti (T), fóðurgerð (F), fjöldi fiska í upphafi (N₁) og lok vaxtartímabils (N₂), meðalþyngd í upphafi (W₁) og lok vaxtartímabils (W₂), fjöldi daga í tilraun (d), meðalvaxtarhraði (G) og staðalfrávik (SD). Tilraun 1. Vaxtartímabil: 3/5 1993 til 12/1 eða 19/1 1994. Meðalþyngd: 2,1 kg. FL=feit loðna, HL=horuð loðna, R=rækja. Tilraun 2. Vaxtartímabil: 17/2 til 31/5 1994. Meðalþyngd: 0,8 kg og 0,5 kg. Tilraun 3. Vaxtartímabil: 28/7 til 7/9 1995. Meðalþyngd 12 g.

Nr	T (°C)	F	N ₁	W ₁ (g)	N ₂	W ₂ (g)	d	G (%/d)	SD
1	1,1	FL	32	1519	31	2037	254	0,121	0,044
1	3,2	FL	31	1412	24	2524	254	0,230	0,054
1	5,1	FL	32	1550	31	2421	254	0,284	0,067
1	7,2	FL	32	1554	30	3435	261	0,297	0,070
1	7,2	FL	32	1469	24	3154	261	0,261	0,092
1	9,9	FL	31	1503	23	3154	254	0,293	0,075
1	12,8	FL	31	1517	22	2810	254	0,242	0,092
1	15,6	FL	33	1500	4	2137	254	0,152	0,033
1	7,2	HL	34	1505	14*	3492	261	0,299	0,096
1	7,2	HL	32	1561	30	2998	261	0,256	0,108
1	7,2	R	31	1532	30	3299	261	0,296	0,068
1	7,2	R	31	1500	27	3134	261	0,281	0,081
2	1,3		32	619	32	851	103	0,312	0,085
2	3,2		33	639	33	1032	103	0,462	0,150
2	5,1		33	602	32	1119	103	0,588	0,171
2	6,8		33	637	33	1190	103	0,600	0,183
2	9,0		33	628	31	1217	103	0,633	0,229
2	11,2		33	634	29	1161	103	0,565	0,167
2	13,4		33	633	27	1027	103	0,442	0,231
2	3,2		47	325	46	550	104	0,525	0,171
2	5,1		47	306	44	617	104	0,663	0,185
2	6,8		47	304	45	612	104	0,676	0,207
2	9,0		47	309	44	648	104	0,689	0,267
2	11,2		48	318	43	656	104	0,684	0,309
3	4,2		143	6,2	138	9,1	41	0,94	
3	4,2		143	6,3	142	8,7	41	0,79	
3	7,5		143	6,0	143	13,4	41	1,96	
3	7,5		143	6,3	143	13,8	41	1,91	
3	10,0		143	6,1	141	17,9	41	2,63	
3	10,1		143	6,3	143	18,1	41	2,57	
3	13,0		143	6,1	140	22,6	41	3,19	
3	13,0		143	6,4	138	23,3	41	3,15	
3	16,0		143	6,1	135	21,6	41	3,08	
3	16,0		143	6,2	135	22,7	41	3,17	

* 13 fiskar drápust af súrefnisskortu 25/8 vegna rennslistruflana



1. mynd. Vaxtarhraði þorsks við mismunandi hitastig. Parabola felld að gögnum fyrir mismunandi stærðarhópa (3. tafla A). A. meðalþyngd 12 g (Tilraun 3), B. 0,5 kg (Tilraun 2), C. 0,8 kg (Tilraun 2) og D. 2,1 kg (Tilraun 1).

2. mynd. Fóðurstuðull þorsks við mismunandi hitastig. Parabola felld að gögnum fyrir mismunandi stærðarhópa (3. tafla B). A. meðalþyngd 12 g (Tilraun 3), B. 1,0 kg (Tilraun 2), C. 1,5 kg (Tilraun 2) og D. 2,1 kg (Tilraun 1).

Dagvöxtur (G) var reiknaður sem prósent af líkamsþyngd fisksins samkvæmt eftirfarandi líkingu:

$$G = 100(\ln W_2 - \ln W_1) / d$$

þar sem W_1 og W_2 er þyngd fisksins í upphafi og í lok vaxtartímabilsins, en d fjöldi daga á vaxtartímabilinu. Fóðurstuðull var reiknaður sem heildarfóðurntaka á vaxtartímabili deilt með heildarvexti fiska á sama tímabili. Fóðurstuðlar fyrir tilraunir 1 og 3 voru reiknaðir fyrir sömu vaxtartímabili og sýnd eru í 2. töflu en fyrir tilraun 2 voru fóðurstuðlarnir reiknaðir fyrir allt tilraunatímabilið, þ.e. heilt ár. Parabóla ($G = a + bT + cT^2$) var notuð við aðfallsgreiningu gagna til að ákvarða samband annars vegar vaxtar og hita (T) og hins vegar fóðurstuðuls og hita. Reiknaður kjörhiti var því $-b/2c$.

Niðurstöður

Í 2. töflu er sýndur fjöldi og meðalþyngd fiska í upphafi og lok þess vaxtartímabils sem valið var til samanburðar á vaxtarhraða. Í samanburðinum var ákveðið að nota lengri vaxtartímabil eftir því sem fiskurinn varð stærri vegna þess að vaxtarhraðinn minnkaði mikið með aukinni stærð. Þannig tvöfaldaði stærsti fiskurinn í besta falli þyngd sína á um 8 mánuðum, sömuleiðis meðalstóri fiskurinn á rúmum þremur mánuðum á meðan þorskseiði við kjörhita nærri því fjórfölduðu þyngd sína á rúmum mánuði. Hluta fækkunarinnar í tilraununum má rekja til dauðsfalla en að hluta til þess að fiskar sem þrifust greinilega illa eða voru með sjúkleg einkenni voru teknir úr tilrauninni oftast við vigtun. Í öllum tilraununum var mikil tilhneiging til aukins dauða með hækkuðu hitastigi. Stærstu fiskarnir voru viðkvæmastir fyrir háum hita. Þannig voru á hæsta hitanum (15,6°C) aðeins um 12% þeirra á lífi í lok tilraunar. Svo virðist sem hækkað hitastig dragi úr viðnámsþrótti þorskins gegn ýmsum sýklum og sníkjudýrum. Algengustu sýklar og sníkjudýr sem greindust í dauðum fiski eða fiski með sjúkdómseinkenni í hita-tilraununum voru kylaveikibróðir (*Aeromonas salmonicida*, undirteg. *Achromogenes*), sveppsýking í hjarta og heila (*Ichtiophonus hoferi*) og frumdýr í tálknum (*Loma morhua*).

3. tafla. Meðalþyngd (M_p) og stuðlar (a, b, c, r=fylgnistuðull) sem fengust við aðfallsgreiningu gagna með parabolú. Auk þess kjörhiti (KH), vöxtur við kjörhita (GKH) og fódurstuðull við kjörhita (FKH) a. miðað við votvigt fódurs (FKH_v) og b. miðað við þurrvigt fódurs (FKH_p).

A. meðalvöxtur (G) og meðalhiti (T): $G=a+bT+cT^2$

Tilraun nr.	M _p	a	b	c	r ²	KH	GKH
1	2,1	0,08091	0,05048	-0,0029428	0,93	8,6	0,297
2a	0,8	0,18036	0,11108	-0,0068371	0,99	8,1	0,632
2b	0,5	0,29286	0,09388	-0,0053339	0,92	8,8	0,706
3	0,012	-1,23475	0,56880	-0,0183333	0,99	15,5	3,177

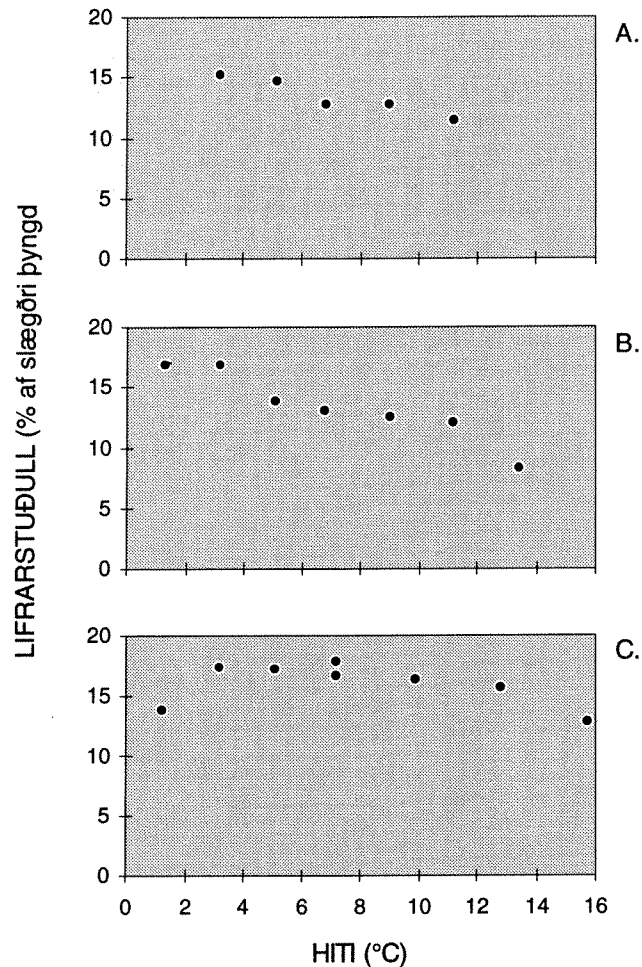
B. fódurstuðull (F) og meðalhiti (T): $F=a+bT+cT^2$

Tilraun nr.	M _p	a	b	c	r ²	KH	FKH _v	FKH _p
1	2,1	3,7208	-0,38492	0,024054	0,93	8,0	2,18	0,72
2a	1,5	4,3171	-0,44121	0,029548	0,79	7,5	2,67	0,74
2b	1,0	5,3415	-0,78650	0,052528	0,96	7,5	2,40	0,66
3	0,012	5,2508	-0,71822	0,029724	0,99	12,1	0,91	0,83

Niðurstöðurnar benda til þess að kjörhiti til vaxtar (KH_v) lækki með aukinni stærð frá um 15,5°C fyrir 12 g þorsk niður í um 8,5°C fyrir 2 kg þorsk (1. mynd, 3. tafla A). Áhrif stærðar á vöxt við kjörhita voru mjög mikil. Þannig þyngdist 12 g þorskur um 3,2% á dag en 2 kg þorskur um 0,3% á dag (3. tafla A). Þá benda niðurstöðurnar til þess að kjörhiti til fódurnýtingar (KH_p) lækki einnig með aukinni stærð frá um 12°C fyrir 12 g fisk niður í um 8°C fyrir 2 kg fisk (2. mynd, 3. tafla B). Athyglisvert er hversu lágur fódurstuðullinn er við KH_p, 2,2 hjá stærstu fiskunum sem fengu eingöngu feita loðnu og 2,4-2,7 hjá meðalstórum fiskum sem aldrei voru á loðnu og rækju (3. tafla B). Ef miðað er við þurrfnisinnihald fódurs

reyndist fódurstuðullinn við kjörhita aðeins vera 0,7 fyrir náttúrulega fódrið og 0,8 fyrir þurrfódrið (3. tafla B).

Lifrarstuðullinn er góður mælikvarði á fitusöfnun hjá þorski þar sem nánast allur fituforðinn er í lifrinni. Það virðist sterk tilhneiging til að lifrarstuðullinn lækki með hækkun hitastigi (3. mynd) ofan við 3°C. Einnig er ljóst að fituinnihald fódursins hefur mikil áhrif á



3. mynd. Lifrarstuðull (L) þorsks við mismunandi hitastig; $L = \frac{\text{þyngd lifrar(g)}}{\text{slægð þyngd(g)}}$. A. meðalþyngd 1,7 kg (Tilraun 2), B. 2,4 kg (Tilraun 2) og C. 2,7 kg feit loðna sem fódur (Tilraun 1).

lifrarstuðul og fódurnýtingu en að sama skapi lítil áhrif á vaxtarhraða (4. tafla). Þannig var lifrarstuðullinn um 17% hjá þorski sem fékk feita loðnu en um 9% hjá þorski sem fékk horaða loðnu eða rækju. Þá var fódurstuðullinn um 2,3 fyrir feita fódrið en um 4,2 fyrir horaða fódrið í tilraun 1. Sé miðað við þurrefnisinnihald fódursins kemur feita loðnan einnig best út með tilliti til fódurnýtingar (fódurstuðull=0,76), horaða loðnan kemur þar á eftir (fódurstuðull=0,84), en rækjan kemur verst út (fódurstuðull =1,06) (4. tafla).

Hér á eftir verður sýnt hvernig nota má gögnin til að áætla át íslenska þorskstofnsins. Bestu gögnin eru úr tilraun 2 þar sem 0,6 kg og 0,3 kg þorskur var alinn í heilt ár á loðnu (70%) og rækju (30%). Meðalþyngd í lok tilraunar var allt að 2,9 kg hjá stærri fiskunum og 2,0 kg hjá þeim smærri. Fódurstuðullinn nálægt kjörhita (5-10°C) var um 2,7 hjá þeim stærri en um 2,5 hjá þeim smærri. Í útreikningunum er gert ráð fyrir að árlegur meðalvöxtur veiðistofns á ákveðnu árabili sé jafn og árleg meðalveiði + náttúrulegur dauði. Ef við tökum tíu ára tímabilið 1984-93 sem dæmi, þá reyndist árlegur þorskafli vera um 330 þús. tonn að meðaltali samkvæmt fjölríti Hafrannsóknastofnunar nr. 37 (Ónefndur 1994). Meðalstærð veiðistofnsins (4-14 ára) á sama tímabili var áætlaður um 848 þúsund tonn. Ef gert er ráð

fyrir að náttúrulegur dauði hafi verið um 20% af veiðistofni, þ.e. um 170 þús. tonn, þá hefur árlegur heildarvöxtur veiðistofnsins á þessu tímabili numið um 0,5 milljónum tonna. Ef miðað er við fódurstuðul 2,6 hefur árlegt át veiðistofnsins á þessu tímabili því numið um $2,6 \times 0,5 = 1,3$ milljónum tonna sem líklega verður að teljast lágmarksmat. Líklegra er að fódurstuðull fyrir íslenska þorsstofninn sé nokkru hærri. Þannig næmi árlegt át veiðistofnsins 2,0 milljónum tonna ef gert væri ráð fyrir fódurstuðli 4,0.

4. tafla. Áhrif fódurgerðar, fituinnihalds og þurrefnisinnihalds á vöxt, fódurnýtingu og lifrarstuðul við 7,2°C í tilraun 1.

Fódurgerð:		Feit loðna	Horuð loðna	Rækja
Fituinnihald (%):		16,6	4,3	3,4
Þurrefnisinnihald (%):		33,1	20,4	24,5
Meðalvöxtur				
(% á dag)	ker A	0,297	0,299	0,296
	ker B	0,261	0,256	0,281
Fódurstuðull				
(fóður votvigt/vöxtur)	ker A	2,24	4,38	4,20
	ker B	2,33	3,93	4,40
Fódurstuðull				
(fóður þurrvigt/vöxtur)	ker A	0,74	0,89	1,03
	ker B	0,77	0,80	1,08
Lifrarstuðull				
(% af slægðri þyngd)	ker A	17,9	9,8	9,7
	ker B	16,7	8,8	8,8

Umræða

Niðurstöðurnar benda til þess að kjörhiti til vaxtar (KH_v) hjá þorski lækki með aukinni stærð. Þetta er sama niðurstaða og fékkst í tilraunum með lúðu (Björn Björnsson og Soffía V. Tryggvadóttir 1996) og fleiri fisktegundir (Jobling 1994). Hugsanlega er lækkun í kjörhita til vaxtar með aukinni stærð almennt líffræðilegt fyrirbæri sem gildir fyrir margar dýrategundir með misheitt blóð, þó að ekki hafi tekist að benda á neina lífeðlisfræðilega skýringu á því.

Niðurstöðurnar sem hér eru kynntar varðandi þorsk sýna að KH_v var í öllum tilfellum hærra en KH_p . Þetta er í samræmi við niðurstöður fyrir lúðu (Björn Björnsson og Soffía V. Tryggvadóttir 1996) o.fl. fisktegundir (Jobling 1994) og stafar af því að vaxtarhraði við ótakmarkaða fóðrun nær hámarki við lægri hita en þann sem áþraðinn nær hámarki við. Þá sýna niðurstöðurnar mjög mikla lækkun á vaxtarhraða við kjörhita með aukinni stærð. Þannig reyndist dagvöxturinn hjá 2 kg þorski aðeins um 1/10 af því sem hann var hjá 12 g þorski við kjörhita (3. tafla A). Aftur á móti breyttist fódurstuðullinn við kjörhita mjög lítið með stærð. Aðeins þurfti 0,7-0,8 kg af þurrefni til framleiðslu á hverju kg af þorski án tillits til stærðar (3. tafla B).

Líklegasta skýringin á því af hverju lifrarstuðullinn lækkar með hækkun hitastigi er að bruni fisks vex með auknum hita (Brett og Groves 1979) og þar með orkuþörf. Aðalnæringarefni í þorskfóðri eru fita og prótein. Í fitu og meðalfitu fóðri er próteinið að mestu notað til uppbyggingar vöðva en fitan sem orkugjafi. Þannig verður minna af fitu úr fóðrinu eftir til að safna í lifur eftir því sem hitastigið hækkar.

Það sem gerir niðurstöður úr tilraun 2 áhugaverðar til útreikninga á áti villts fisks er í fyrsta lagi að fiskurinn var fóðraður á náttúrulegri fæðu, heilli loðnu og heilli rækju, sem er ekki ósvipuð fæðusamsetning og finnst hjá íslenska þorsstofninum (Ólafur K. Pálsson 1983). Í annan stað eru át og vöxtur mælistærðir sem geta breyst frá einum tíma til annars yfir árið

Þannig að skammtímatilraunir eru síður fallnar til að meta árlega fódurnýtingu. Því er stór kostur við þessar tilraunir að þær stóðu samfelld yfir í heilt ár og allar fódurleifar voru mældar af kostgæfni til að aðeins væri tekið með í reikninginn það fóður sem étið var. Ekki er höfundi kunnugar neinar sambærilegar langtímafóðrunartilraunir með þorsk á náttúrulegu fóðri.

Áhrif kynþroska koma aðeins að óverulegu leyti inn í niðurstöður tilraunar 2, sem stóð frá febrúar 1994 til febrúar 1995. Í upphafi voru allir fiskarnir ókynþroska en í lok tilraunar voru flestir orðnir kynþroska. Ef kynþroska fiskur hefði verið notaður í upphafi tilraunarinnar hefði hann byrjað á því að léttast í u.þ.b. tvo mánuði sem hefði getað hækkað fódurstuðulinn fyrir 12 mánaða tímabil talsvert. Um helmingur veiðistofns þorsks á Íslandsmiðum er kynþroska og þroskar hrogn eða svil á hverju ári sem gæti þýtt nokkru hærri fódurstuðul en þann sem var mældur í tilraun 2.

Samanburður á fódurstuðli í tilraun 1 sýnir að hann er mjög háður fituinnihaldi fódursins. Þannig var fódurstuðull stóra þorsksins við kjörhita um 2,3 þegar hann var alinn eingöngu á feitri loðnu, en um 4,2 þegar fódrið var horuð loðna eða rækja (4. tafla). Erfitt er að fullyrða um meðalfituinnihald þess fódurs sem íslenski þorskstofninn innbyrðir á hverju ári. Það er örugglega minna en hjá feitri loðnu (17% fituinnihald) og meira en hjá rækju eða horaðri loðnu (3-4% fituinnihald). Í tilraun 2 var meðalfituinnihald í fóðri um 10% sem e.t.v. er ekki mjög fjarri því sem við er að búast fyrir fæðu íslenska þorskstofnsins.

Þá ber að hafa í huga að íslenski þorskstofninn býr að jafnaði við mun lægri hita en sem nemur kjörhita. Þannig mun meginhluti veiðistofnsins halda sig á svæðum með hita á bilinu 2°C (í mars) til 6°C (í september) (Unnsteinn Stefánsson og Sigprúður Jónsdóttir 1974, Einar Jónsson o.fl. 1995). Fódurstuðull við 4°C í tilraun 2 var um 3,0 í stað 2,6 við kjörhita. Þá er einnig nokkuð ljóst að íslenski þorskstofninn nær ekki að afla sér nægilegs fódurs til að ná hámarksvexti (Björn Björnsson 1997). Ekki er alveg augljóst hvaða áhrif þetta hefur á fódurnýtinguna. Við tilraunaaðstæður hefur sýnt sig að fódurnýtingin minnkar ekki verulega fyrr en átið er orðið minna en u.þ.b. helmingur af hámarksfóðurtöku (Björn Björnsson 1985). Einnig kann aukin sundþörf þorsks í náttúrunni miðað við í tilraunum að þýða eitthvað hærri fódurstuðul. Að öllu athuguðu er líklegt að fódurstuðull fyrir íslenska þorskstofninn sé nær því að vera 4 en 2,6 eins og í tilraun 2. Miðað við slíka forsendu hefur árlegt át íslenska þorskstofnsins verið að meðaltali um 2,0 milljónir tonna á tímabilinu 1984-93.

Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson (1989) áætluðu át íslenska þorskstofnsins á tímabilinu október til mars á árabílinu 1979 til 1986 út frá sýnatöku á magainnihaldi í október og mars. Þannig var átið þessa sex mánuði frá 311 til 1016 þúsund tonn eða 691 þúsund tonn að meðaltali. Þeir treystu sér ekki til að áætla átið fyrir hinn hluta ársins en ef gert er ráð fyrir álíka áti á þeim tíma og í október-mars þá næmi heildarátt íslenska þorskstofnsins um 1,4 milljónum tonna að jafnaði á umræddu árabíli. Á þessu tímabili var þorskstofninn um 1,4 milljónir tonna, og árlegt át samkvæmt því jafnt og lífmassinn. Ef þessi niðurstaða er heimfærð á árabílið 1984-93, þar sem stærð veiðistofns var um 0,85 milljón tonn, hefði heildarátið numið um 0,85 milljónum tonna á ári, sem er talsvert lægra en hér er talið líklegast. Miðað við að mat á árlegum heildarvexti stofnsins hafi verið rétt, þ.e. 0,5 milljón tonn eins og hér er gert ráð fyrir, hefði þurft fódurstuðul 1,7 til að gefa árlegt heildarátt 0,85 milljón tonn. Óhætt er að fullyrða að svo lágur fódurstuðull er óhugsandi hjá villtum fiskistofni og fódurstuðull 2,6 verður að teljast lágmarksgildi. Þetta einfalda dæmi gefur hugmynd um gagnsemi þessarar aðferðar við að meta árlegt át fiskistofns þar sem ákveðið lágmarks magn af fóðri þarf til að standa undir mældum vexti hjá fiskistofni. Óvissa aðferðarinnar er frekar í hina áttina, þ.e. hversu miklu meira fóður villtur þorskur þarf að fá til að skila ákveðnum vexti en þorskur sem alinn er í kerum.

Hugsanleg ástæða fyrir þeim mikla mun sem fékkst með þessum tveimur aðferðum kann að hluta til að felast í þeirri forsendu að át þorskins hafi verið jafn mikið á tímabilinu apríl-september og á tímabilinu október-mars. Þó að mikið framboð af loðnu sé að jafnaði fyrir íslenska þorskstofninn á tímabilinu janúar-mars þá kann átið samt oftast að vera talsvert meira yfir sumarið þegar hitinn er hár og birtutíminn langur.

Fóðurstuðlar eru notaðir í fiskeldi til að áætla fóðurþörf (Austreng o. fl. 1987). Til að unnt sé að nota fóðurstuðla til að áætla fóðurþörf hjá villtum fiskistofni verður að framkvæma langtíma fóðrunartilraunir með náttúrulegri fæðu við sem náttúrulegastar aðstæður. Undirrituðum er ekki kunnugt um að þetta hafi áður verið gert á þann hátt sem hér er lýst, a.m.k. er þetta í fyrsta sinn sem fóðurþörf íslenska þorskstofnsins er áætluð á þennan hátt. Ljóst er að margar fleiri tilraunir er unnt að gera til að auka nákvæmni þessarar aðferðar, m.a. kanna tímabundin og langvarandi áhrif fæðuskorts á fóðurnýtingu svo og áhrif endurtekens kynþroska á fóðurnýtingu. Vonast er til að aðferðin geti komið að notum við ýmsar fjölstofnarannsóknir í framtíðinni. Síðar meir mætti kanna hvort aðrar aðferðir við að meta árlega heildarvöxt hjá íslenska þorskstofninum eru heppilegri en sú sem hér er lýst.

Pakkir

Pakkir eru veittar Dr. Sigurði Helgasyni fisksjúkdómafræðingi á Keldum fyrir sjúkdómsgreiningar á þorski, starfsmönnum Tilraunaeldisstöðvar Hafrannsóknastofnunar á Stað við Grindavík, Matthíasi Oddgeirssyni, Agnari Steinarssyni, Ellert Guðmundssyni og Sverri Valdemarssyni fyrir daglega umsjón með vaxartilraununum, innslátt á gögnum o.fl. og Agnari Steinarssyni fyrir veittan aðgang að seiðum sem hann hafði umsjón með klaki á.

Heimildir

- Austreng, E., T. Storebakken, T. Åsgård, 1987. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. *Aquaculture* 60: 157-160.
- Björn Björnsson, 1985. Bioenergetics of cod (*Gadus morhua* L.): a response to food intake with possible implications for fisheries management. Doktorsritgerð, Dalhousie University, 269 s.
- Björn Björnsson, 1997. Tilraunafóðrun á villtum þorski í Stöðvarfirði 1995-96. Þetta rit.
- Björn Björnsson, Soffía V. Tryggvadóttir, 1996. Effects of size on optimal temperature for growth and feed conversion of immature Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture* 142: 33-42.
- Brett, J.R., T.D.D. Groves, 1979. Physiological energetics. Í: W.H.S. Hoar, D. J. Randall og J.R. Brett (ritstj.), *Fish Physiology* vol. VIII. Bioenergetics and growth. Academic Press, New York. 279-352.
- Einar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka, 1995. Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1994. Hafrannsóknastofnun Fjölrit 42: 107 s.
- Elliott, J.M., L. Persson, 1978. The estimation of daily rates of food consumption for fish. *J. Anim. Ecol.* 47: 977-991.
- Jobling, M., 1994. *Fish bioenergetics*. Chapman and Hall, London. 309 s.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1989. Trophic ecological relationship of Icelandic cod. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer.* 188: 206-224.
- Ónefndur, 1994. Nytjastofnar sjávar 1993/94 og aflahörfur fiskveiðiárið 1994/95. Hafrannsóknastofnun Fjölrit Nr. 37: 150 s.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. *Rit Fiskideildar*, 7: 1-60.
- Santos, J. dos, M. Jobling, 1992. A model to describe gastric evacuation in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural prey. *ICES J. mar. Sci.* 49: 145-154.
- Unnsteinn Stefánsson, Sigprúður Jónsdóttir, 1974. Near-bottom temperature around Iceland. *Rit Fiskideildar* 5: 1-73.

Tilraunafóðrun á þorski í Stöðvarfirði 1995-96

Björn Björnsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Í júlí 1995 hófst 17 mánaða fóðrunartilraun í Stöðvarfirði. Megintilgangurinn var að kanna hvort það væri tæknilega mögulegt og fjárhagslega arðbært að fóðra villtan þorsk á svæði sem friðað er fyrir veiðum í ákveðinn tíma. Á þriggja mánaða fresti voru mældar fisklóstningar í Stöðvarfirði og Fáskrúðsfirði. Á sama tíma voru tekin fisknýni í báðum fjörðunum og einnig í Berufirði. Áhrif fóðrunar voru metin út frá samanburði á fæðumagni í maga, lifrarstærð, slægðri þyngd miðað við lengd og árlegum lengdarvexti. Áður en fóðrunin hófst var komið fyrir síritandi hitamælum á 5 m og 30 m dýpi í öllum fjörðunum. Þá voru um 2200 þorskar merktir í fjörðunum þremur og á grunnslóð úti fyrir Stöðvarfirði til að fylgjast með ferðum fiskanna og til að gera samanburð á vaxtarhraða þeirra innan og utan fóðrunarsvæðisins. Fóðrunin var framkvæmd af sjómanni á Stöðvarfirði sem ráðinn var til verksins. Fóðrað var þrisvar í viku með loðnu eða niðurskorinni síld. Fóðrinu var skolað niður á um 20 m dýpi í gegnum barka sem dreginn var á eftir bát á rólegri siglingu um fóðrunarsvæðið. Vikulegur fóðurskammtur var yfirleitt á bilinu 1-3 tonn. Fylgst var með viðbrögðum fiskanna við fóðrinu með hjálp neðansjármyndavélar sem fest var á endann á fóðurbarkanum. Meðan á fóðruninni stóð var sent hljóðmerki frá neðansjárhátalara. Eftir daglega fóðrun í nokkrar vikur hafði töluvert magn af þorski og ýsu safnast á fóðrunarsvæðið til að éta. Strax í október 1995, eftir um þriggja mánaða fóðrun, var þorskurinn í Stöðvarfirði með um þrisvar sinnum hærri lifrarstuðul en þorskur í samanburðarfjörðunum. Í sýnatökum eftir að fóðrun hófst var að jafnaði um helmingur þorskanna í Stöðvarfirði með eldiseinkenni, skilgreind sem lifrarstuðull >8%. Á síðustu 12 mánuðunum lengdist 43 sm þorskur með eldiseinkenni að jafnaði um 15,8 sm í stað um 10,0 sm/ár áður en fóðrun hófst. Þetta samsvarar því að árleg þyngdaraukning hans (slægð þyngd) hafi aukist úr 0,6 í 1,3 kg vegna fóðrunar.

Inngangur

Að frumkvæði nokkurra Stöðfirðinga hófst tilraun með kvíaeldi í Stöðvarfirði sumarið 1992 í samvinnu við Hafrannsóknastofnunina. Um 2000 þorskar voru veiddir á handfæri í firðinum og flokkaðir eftir stærð í tvær laxeldiskvíar. Um 300 þorskar voru merktir í júlí 1992. Fylgst var með vexti merktu fiskanna þar til í janúar 1994. Meðalþyngdin (óslægð) jókst á þessu 18 mánaða tímabili úr 0,9 í 4,6 kg (Björn Björnsson 1994). Þetta mun vera nálægt tvöfaldur vaxtarhraði miðað við villtan þorsk við Norður- og Austurland (Björn Björnsson 1995). Þetta bendir til að villtur þorskur við Ísland fullnýti ekki vaxtargetu sína vegna takmarkaðs fæðuframboðs. Fóðurnýting í kvíunum reyndist vera um 1:3, þ.e. um 3 kg af loðnu þurfti til að þyngja þorskin um hvert kg. Fjarðaþorskarnir sem settir voru í kvíarnar voru í upphafi horaðir og lifrarlitlir en ákaflega bústnir og lifrarmiklir við slátrun.

Til að kanna nánar næringarástand villts þorsks á Austfjörðum var sýnum safnað í júní 1993 í fimm fjörðum: Berufirði, Stöðvarfirði, Fáskrúðsfirði, Reyðarfirði og Mjóafirði. Um 100 þorskar, flestir á bilinu 30-60 sm, voru rannsakaðir. Fjórir eftirfarandi mælikvarðar á næringarástand voru notaðir:

$$\text{Magainnihald} = 100 \times \text{þyngd magainnihalds} / \text{slægð þyngd}$$

$$\text{Lifrarstuðull} = 100 \times \text{lifrarþyngd} / \text{slægð þyngd}$$

$$\text{Holdastuðull} = 100 \times \text{slægð þyngd} / \text{lengd}^3$$

$$\text{Árlegur lengdarvöxtur} = \text{lengd} / \text{aldrur}$$

Í 1. töflu sést að eldisþorskarnir voru mun holdmeiri og með miklu stærri lifur og lengdust talsvert meira en villti þorskurinn. Þessar niðurstöður styðja enn frekar þá tilgátu að vöxtur og viðgangur þorsks á Austfjörðum takmarkist af fæðuframboði.

Á undanförunum árum hafa all margar tilraunir verið gerðar hér á landi með eldi á þorski í kvíum aðallega á Austfjörðum og Vestfjörðum (Björn Björnsson 1994). Allar benda þær til að unnt sé að auka stórlega vöxt hjá þorski með því að fódra hann að vild með orkuríku fódri. Enn sem komið er eru þessar tilraunir umfangslitlar og ekki enn ljóst hvort unnt er að stunda þorskeldi í kvíum á hagkvæman hátt hér á landi. Norðmenn hafa einnig gert all margar tilraunir með kvíaeldi á þorski án þess að það hafi leitt til verulegrar framleiðslu á eldisþorski þrátt fyrir að í Noregi séu einhverjar bestu aðstæður í heimi til kvíaeldis. Verð á þorski er e.t.v. ekki nógu hátt til að standa undir kostnaði við hefðbundið kvíaeldi. Það hefur t.d. reynst töluverð fyrirhöfn að safna og flytja lifandi fisk í kvíarnar. Einnig er töluverður kostnaður fólgin í kaupum og viðhaldi á kvíum.

1. tafla. Næringarástand villts þorsks á Austfjörðum í júní 1993 borið saman við næringarástand þorsks í kví í Stöðvarfirði (1992-94) og í vaxartilraunum í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar (1994-95). Ársmeðalhiti á Austfjörðum er um 4°C.

Staður	Fjöldi fiska	Holdastuðull	Lifrarstuðull	Magainnih.	Vöxtur (sm/ár)
Berufjörður	106	0,86	2,8	1,9	10,2
Stöðvarfjörður	104	0,85	3,3	1,9	9,6
Fáskrúðsfjörður	130	0,83	2,6	2,2	9,9
Reyðarfjörður	130	0,87	3,6	2,2	9,7
Mjóifjörður	112	0,87	4,5	2,0	10,6
Kví Stöðvarfirði	99	1,02	20,2		17,0
Ker (5°C)	30	0,94	13,7		19,5
Ker (3°C)	30	0,99	16,9		14,2

Í byrjun árs 1993 spurði ég sjálfan mig að því hvort ekki væri unnt að komast hjá því að nota hefðbundnar kvíar við eldi á þorski en líta þess í stað á heilan fjörð sem eina stóra fiskeldiskví sem unnt væri að fódra reglubundið í og síðan uppskera úr í fyllingu tímans. Norðmenn höfðu nokkrum árum áður gert árangursríkar tilraunir með að venja eldisþorsk á hljóðmerki til að safna honum saman við fódrun (Midling o.fl. 1987). Þá höfðu Japanir einnig gert svipaðar tilraunir með eina fisktegund við Japansstrendur. Hins vegar er ekki vitað til þess að áður hafi verið stungið upp á að fódra hluta af villtum fiskistofni með það að markmiði að auka afrakstur hans.

Aðferðir

Fortilraun 1994

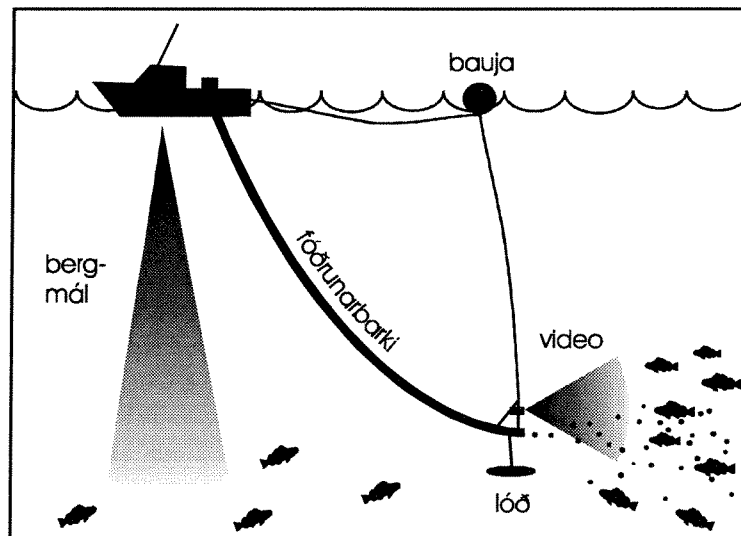
Það var ljóst frá upphafi að ekki væri hægt að leggja mat á þessa hugmynd án þess að framkvæma sérstaka tilraunafóðrun. Ekki var t.d. vitað hvort eða í hve miklum mæli villti þorskurinn tæki fódrið og hvort vaxtarhraði hans ykist við fóðrunina. Ákveðið var að framkvæma eina fortilraun í Stöðvarfirði sumarið 1994 áður en ráðist yrði í umfangsmeiri tilraun sem taka þyrfti eitt til tvö ár. Við fortilraunina var notaður 5 tonna bátur, Mardís SU 64, í eigu Birgis Albertssonar. Byrjað var að kanna allan fjörðinn með fiskileitartæki. Tilraunasvæðið var síðan ákveðið þar sem lóðningar voru mestar á um 30 m dýpi utarlega í norðanverðum firðinum. Sérstakur fóðrunarbúnaður var þróaður til að koma fóðrinu niður á ákveðið dýpi. Um borð í bátinum var tunna sem fóðrinu var mokað í. Frá tunnuni lá 40 m 2,5" barki með lóði og bauju á endanum til að halda barkaopinu á ákveðnu dýpi meðan fóðrað var. Sjó var dælt í tunnuna til að skola fóðrinu niður barkann.

Aftan í baujuna var hengdur fleki með botnstykki fyrir fiskileitartæki til að fylgjast með lóðningum aftan við barkaendann. Byrjað var að fódra yst á fóðrunarsvæðinu og fóðrað

ásamt kvörnum og merki. Vonast er til að þessi gögn gefi mikilsverðar upplýsingar um ferðir og vöxt fiskanna.

Á um þriggja mánaða fresti voru tekin fisksýni í öllum fjörðunum, um 100 þorskar í hverjum. Fiskarnir voru yfirleitt veiddir á handfæri með smáum krókum, en stundum á línu. Aukasýni af hrygningarþorski (netafiski) voru tekin í apríl og einnig af ýsu þegar mikið fékkst af henni. Eftirfarandi atriði voru mæld og skráð: lengd, þyngd, slægð þyngd, lifrarþyngd, kyn, kynþroski, þyngd kynkirtla, fjöldi illu (*Lernaecera branchialis*) og þyngd magainnihalds. Þá var hlutdeild eftirfarandi fæðuflokka í maga áætluð í 10. hlutum: fiskur, beita, ljósáta, trjónukrabbí, rækjur, marflær, kuðungakrabbí, samlokur, kuðungar, burstaormar og slöngustjörnur. Kvörnum var safnað og þær aldurslesnar af Þórði Viðarssyni á Hafrannsóknastofnuninni. Þessar upplýsingar eru notaðar til að meta áhrif fóðrunar á næringarástand fiskanna.

Á svipuðum tíma og sýnatökurnar fóru fram framkvæmdu tveir sérfræðingar Hafrannsóknastofnunarinnar í bergmálmælingum þeir Páll Reynisson og Jón Jónsson magnmælingar á fisklóðningum í Stöðvarfirði og Fáskrúðsfirði með fullkomnu fiskileitartæki sem keypt var sérstaklega til þessa verkefnis (Simrad EY 500). Botnstykkinu var komið fyrir á röri sem fest var á bakborðssíðuna á Mardísi nálægt miðjum bát. Dýpið niður á botnstykkið var 1,0 m. Bergmálmælingin fór fram á um 7 sjómílna ferð. Farið var síkksakk upp og niður marbakkann á dýptarbilinu 10-50 m og síðan grófkrussað síkksakk þvert á fjörðinn á dýptarbilinu 50-100 m. Fiskileitartækið var tengt við GPS staðsetningartæki með leiðréttingarbúnaði. Öllum gögnum varðandi mælinguna var safnað til frekari úrvinnslu. Vonast er til að þessar mælingar gefi góða hugmynd um fjölda og magn fiska í fjörðunum og ýmsar upplýsingar varðandi útbreiðslu þeirra og atferli.

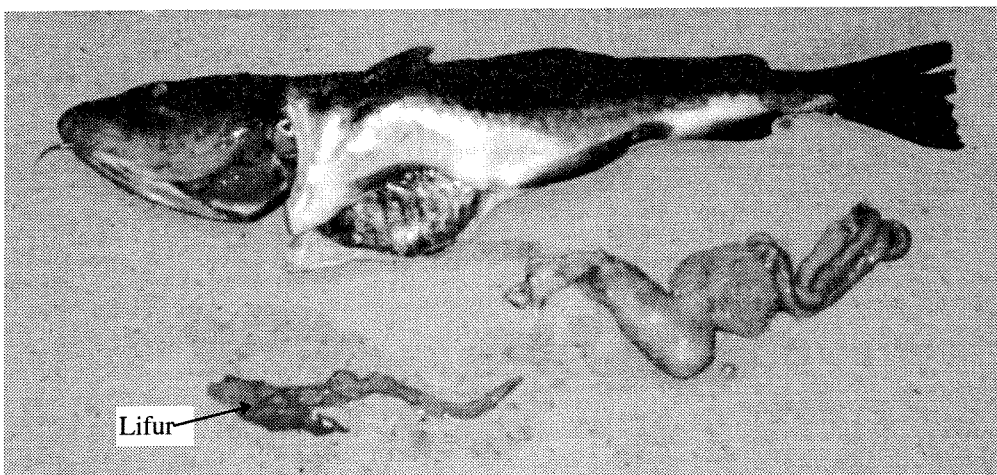
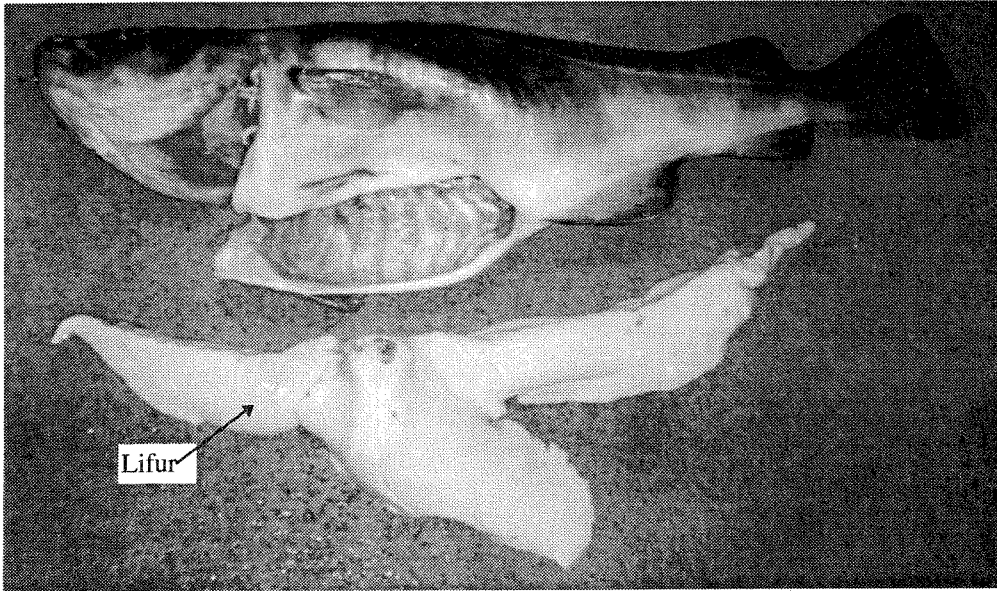


2. mynd. Fóðrunarbúnaður fyrir villtan þorsk. Fóðrið berst eftir fóðrunarbarkanum niður á um 23 m dýpi. Fylgst er með fiskunum með neðansjávarmyndavél á barkaendanum og með hjálp fiskileitartækis um borð.

Fóðrað var reglulega í Stöðvarfjörð á tímabilinu 19. júlí 1995 til 7. desember 1996. Fyrstu vikunnar var fóðrað á hverjum degi en síðan oftast þrisvar í viku. Fyrstu 10 mánuðina nam gjöfin 2-5 tonnnum á mánuði en frá júlí 1996 var gjöfin aukin í um 10 tonn á mánuði. Alls voru gefin í tilrauninni 98,7 tonn af fóðri. Loðna, bæði fryst og ófryst, og fersk síld og síldarúrgangur frá flökunarvélum var uppistaðan í fóðrinu. Ófrysta fóðrið var einkum sótt til Fáskrúðsfjarðar og Djúpavogs á pallbíl sem notaður var í verkefninu. Það fékkst á bræðsluverði um 6 kr/kg. Í hverri ferð voru flutt um 600 kg. Frysta loðnan hafði verið fryst til beitu á hefðbundinn hátt í 9 kg vaxbarnar pappaöskjur með plastfilmu. Um var að ræða umframbirgðir af beitu sem fengust á 15 kr/kg. Frysta fóðrið var geymt í 20 feta frystigám við -12°C. Einum til þremur sólarhringum fyrir fóðrun voru öskjurnar teknar út úr gám og raðað

á vörubretti til að láta þær þiðna. Gæði fódursins voru nær undantekningarlaust mikil. Meðalverð fódurs í tilrauninni var um 10 kr/kg.

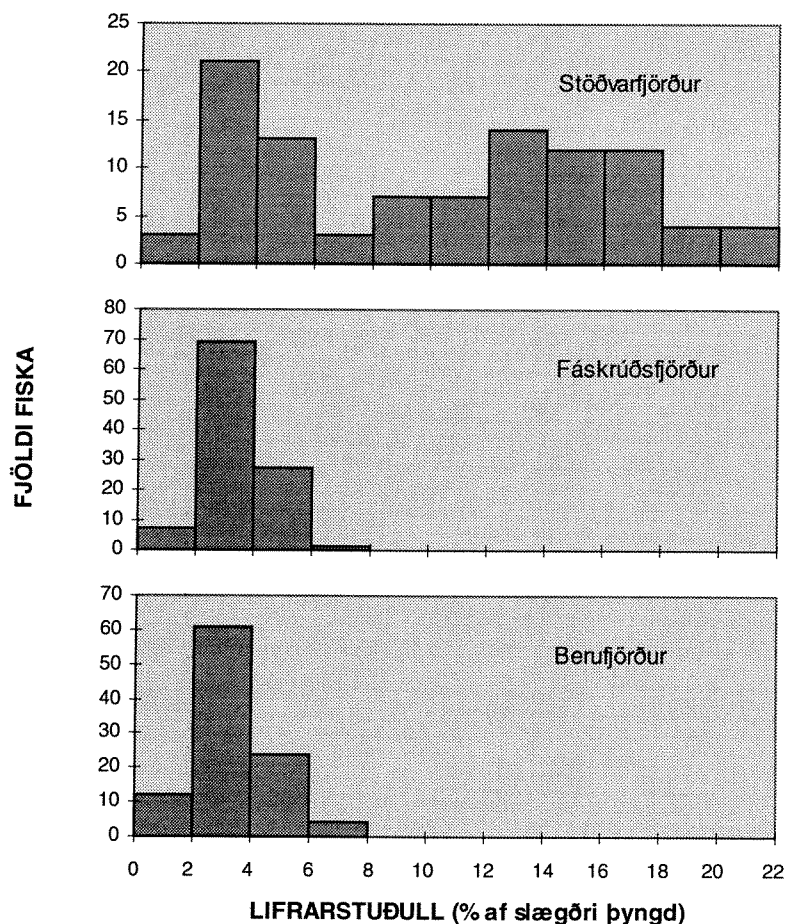
Fyrstu vikurnar meðan verið var að venja fiskinn á fóðrunina var byrjað að fóðra yst í firðinum, ýmist að sunnan- eða að norðanverðu og fóðrað smátt og smátt á hægri siglingu inn fjörðinn á 25-35 m dýpi. Fóðrað var gegnum barkann eins og í fortírauninni. Opíð á barkanum var á um 23 m dýpi. Ofan við barkaendann var komið fyrir neðansjávarmyndavél (Micro-SeaCam 1050 frá Deepsea Power and Light, San Diego) sem vísaði aftur (2. mynd). Á skjá í stýrishúsi var hægt að sjá fóðrið og fiskana sem eltu. Myndirnir voru mjög skýrar þannig að auðvelt var að greina fisktegund og hvort fiskur var merktur eða með ákveðin einkenni.



3. mynd. Eldisþorskur úr Stöðvarfirði í júlí 1996 (efri mynd) í samanburði við villtan þorsk úr Berufirði (neðri mynd) á sama tíma. Mikill munur er á holdafari og lifur.

Myndavélin var tengd við upptökutæki um borð þannig að unnt var að safna myndefni að vild. Á fiskileitartæki um borð var unnt að fylgjast með lóðningum undir bátinum (2. mynd). Auk þess var annað slagið hengdur fleki með botnstykki nýja fiskileitartækisins (EY 500) um 10 m aftan við baujuna til að fylgjast með fisklóðningum aftan við barkaopið.

Fljótlega kom í ljós að fiskurinn hélt sig aðeins á vissum svæðum í firðinum og elti ekki bátinn nema ákveðna vegalengd. Fyrsta árið voru svæðin einkum tvö, í norðanverðum firði frá fótboltavelli að Kapalhöfði, og í sunnanverðum firði við hól sem er á 25 m dýpi við innanvert Kambanes (Hóllinn). Síðasta hálfu árið bættist þriðja svæðið við, rétt utan við Landatanga (1. mynd). Eftir ýmsar tilraunir með fóðranir þótti gefast best að hringsóla með barkann þar sem lóðningarnar voru þéttastar þar til fiskurinn hætti að taka. Síðasta hálfu árið eftir að farið var að fóðra með yfir 1 tonni á dag, þ.e. tvö 600 l kör, þá var fyrst siglt með fyrra karið og mokað úr því beint í sjóinn þar sem lóðningarnar voru mestar. Síðan var farið í land og náð í síðara karið og fóðrað úr því gegnum barkann til að geta betur fylgst með viðbrögðum fiskanna. Þegar fóðrinu var mokað í sjóinn safnaðist fiskurinn í þetta torfu undir bátnum. Oft voru um 5-10 m niður á torfuna og var hún iðulega svo þétt að dýptarmælirinn tók hana sem botn. Við fóðrun í logni sáust stundum fiskar á fleygiferð undir bátnum á nokkurra metra dýpi. Máfar og fleiri fuglar söfnuðust að bátnum þegar fóðri var mokað í sjóinn og náðu einhverju lítilsháttar af fóðri. Að okkar mati tók fuglinn innan við 5% af fóðrinu en hitt sökk niður í torfuna. Meðan á fóðrun stóð var gefið 160 Hz hljóðmerki með jöfnu millibili frá neðansjárhátalara (Midling o. fl. 1987).

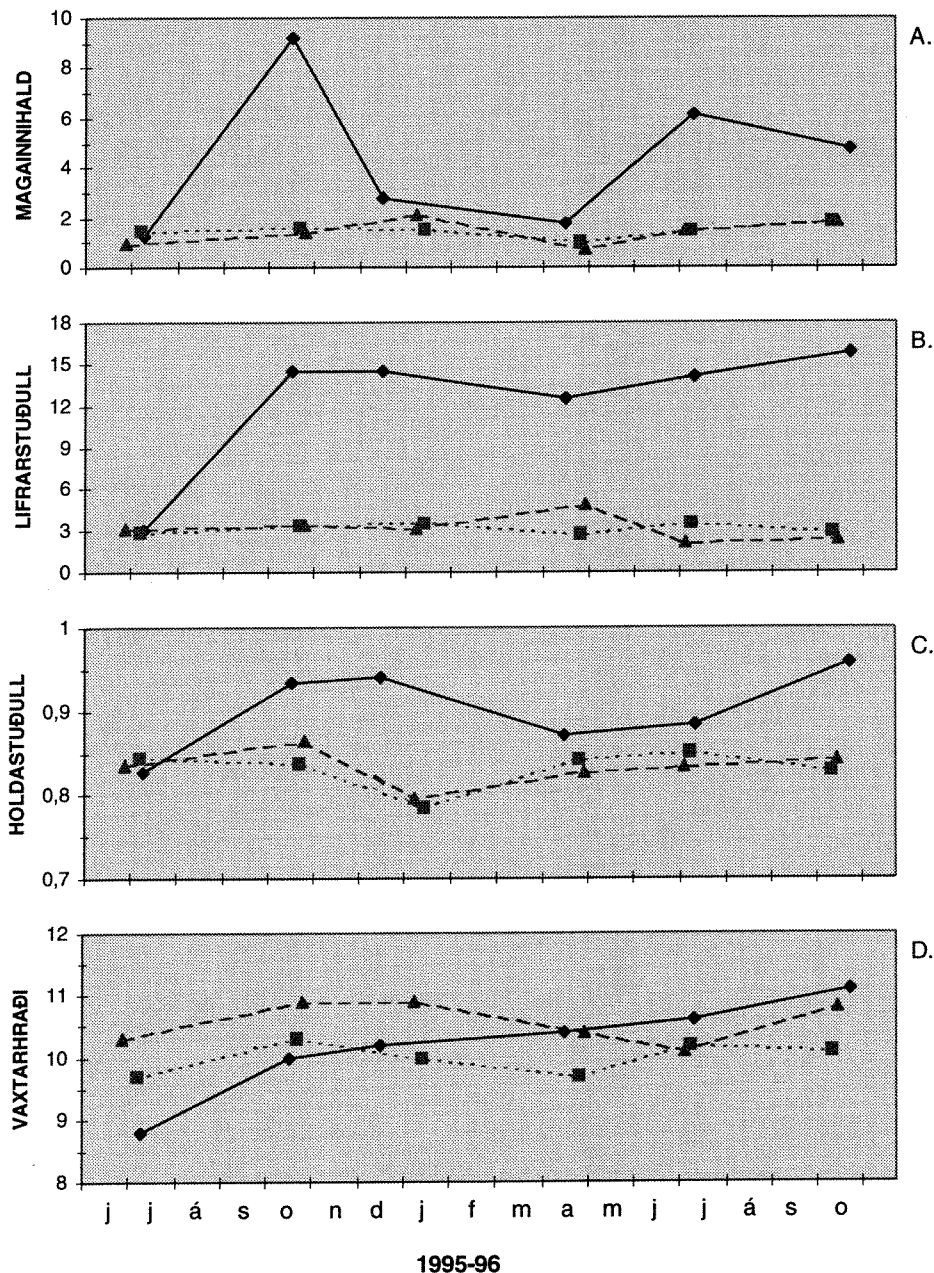


4. mynd. Lifrarstuðull hjá þorski úr Stöðvarfirði í október 1995 eftir þriggja mánaða fóðrun í samanburði við þorsk úr samanburðarfjörðunum þar sem engin fóðrun fór fram.

Niðurstöður

Sjávarhiti

Á 12 mánaða tímabili frá 1/7 1995 til 1/7 1996 var ársmeðalhitinn á 30 m dýpi 3,7°C í Stöðvarfirði, 3,6°C í Fáskrúðsfirði og 3,9°C í Berufirði en á 5 m dýpi var ársmeðalhitinn í sömu röð: 3,6°C, 3,7°C og 3,6°C. Árleg hitasveifla var ekki mikil. Þannig var hitinn í öllum fjörðunum hæstur í september, um 6°C, en lægstur í mars, um 2°C. Því er ljóst að sjávarhitinn var mjög svipaður í öllum fjörðunum.



5. mynd. Fjórir mælikvarðar á næringarástandi þorsks í Stöðvarfirði (heil lína), Fáskrúðsfirði (punktalína) og Berufirði (brotin lína): A. magainnihald (% af slægðri þyngd), B. lifrarstuðull (% af slægðri þyngd), C. holdastuðull ($100 \times \text{slægð} \cdot \text{þyngd} / \text{lengd}^3$) og D. vaxtarhraði (lengd/aldur) á tímabilinu júní 1995 til október 1996. Í Stöðvarfirði voru aðeins teknir með fiskar með eldiseinkenni.

Næringarástand

Verkefnið hefur sýnt að villtur fjarðaporskur er oft horaður og lifrarlítill en með ríkulegri fóðrun getur hann orðið bústinn og lifrarmikill (3. mynd). Í október 1995 eftir aðeins þriggja mánaða fóðrun var lifrarstuðullinn orðinn að meðaltali 10,2% hjá þorski í Stöðvarfirði en aðeins 3,4% hjá þorski í samanburðarfjörðunum tveimur (4. mynd). Enginn þorskur í samanburðarfjörðunum en hins vegar um 60% af þorskunum í Stöðvarfirði voru með hærri lifrarstuðul en 8%. Þannig virtust um 40% af Stöðvarfjarðarfiskunum ekki bera nein eldiseinkenni og hafa líklega ekki tekið eldisfóðrið af einhverjum ástæðum. Annað hvort hefur ekki verið fóðrað nægilega mikið til að allir fengju nóg eða þessir fiskar hafa verið nýkomnir á fóðrunarsvæðið. Í öllum síðari sýnatökum var talsverður hluti fiskanna án allra eldiseinkenna, þannig voru um 70% fiskanna sem athugaðir voru í desember og apríl og um 40% fiskanna í júlí og október án eldiseinkenna.

Í Fáskrúðsfirði voru aðeins 5 fiskar af 594 og í Berufirði 9 af 569 fiskum með stærri lifur en 8%. Í janúar 1996 voru tveir fiskar í Fáskrúðsfjarðarsýninu með lifrarstuðul um og yfir 20% og er nærtækast að álíta að þeir hafi verið upprunnir af fóðrunarsvæðinu í Stöðvarfirði. Við túlkun þessara gagna ber að hafa í huga að einungis er tekið mjög lítið sýni (100 fiskar) á hverjum stað og ekki hægt að fullyrða hversu nákvæma mynd það gefur af öllum fiskunum á svæðinu. Einkum mun þetta eiga við um sýnin úr Stöðvarfirði þar sem munurinn á næringarástandi er svo mikill milli fiska og ekki er víst að handfærasýni gefi hlutlaust úrtak af fiski. Fiskar án eldiseinkenna í sýnunum trufla mat á áhrifum fóðrunarinnar. Við frekari úrvinnslu gagna úr Stöðvarfirði voru því skoðaðir sérstaklega þeir fiskar sem voru með greinileg eldiseinkenni, skilgreind sem lifrarstuðull >8% (5. mynd).

2. tafla. Áhrif fóðrunar á búk- og lifrarvöxt. Samanburður á vexti síðustu 12 mánaða miðað við annars vegar 10,0 (án fóðrunar) og hins vegar 15,8 sm lengdarvöxt (með fóðrun).

Meðaltöl	Upphafsstaða	Lokastaða (án fóðrunar)	Lokastaða (með fóðrun)
Dagsetning	22.10.95	22.10.96	22.10.96
Aldur (ár)	4,26	5,26	5,26
Lengd (sm)	42,6	52,6	58,4
Holdastuðull	0,83	0,83	0,96
Lifrarstuðull	3,0	3,0	16,0
Slægð þyngd (g)	641,7	1207,9	1912,1
Lifur (g)	19,2	36,2	305,9
Búkvöxtur (g/ár)		566,2	1270,4
Lifrarvöxtur (g/ár)		17,0	286,7

Í ljós kemur að magainnihald var mun hærra hjá þorski í Stöðvarfirði en í samanburðarfjörðunum (5. mynd A). Munurinn væri enn meiri ef orkuinnihald í maga væri tekið með í reikninginn þar sem fæðan á fóðrunarsvæðinu var loðna eða síld en mestmegnis krabbar og önnur orkurýr fæða í samanburðarfjörðunum. Eftir þriggja mánaða fóðrun var lifrarstuðull þorsks í Stöðvarfirði að jafnaði um 14% en aðeins um 3% í Fáskrúðsfirði og Berufirði (5. mynd B). Eftir að fóðrun hófst reyndist meðalholdastuðull þorsks í Stöðvarfirði ævinlega hærri en í samanburðarfjörðunum (5. mynd C). Meðalvaxtarhraði þorsks áður en fóðrun hófst var hæstur í Berufirði (10,3 sm/ár) en lægstur í Stöðvarfirði (8,8 sm/ár) (5. mynd D) Í Stöðvarfirði jókst vaxtarhraðinn stöðugt og var í síðustu sýnatökunni orðinn um 11,1 sm/ár. Þessi aukning á vaxtarhraða þorsks í Stöðvarfirði er mjög marktæk ($r^2=0.853$, $n=6$, $p<0.01$). Í Fáskrúðsfirði ($r^2=0.087$, $n=6$, $p<0.05$) og Berufirði ($r^2=0.001$, $n=6$, $p<0.05$) var hins vegar ekki um marktæka breytingu að ræða.

Til að gera sér grein fyrir hve vaxtarhraði á síðustu 12 mánuðum var mikill hjá þorski sem var á fódurum í Stöðvarfirði má gera ráð fyrir að vaxtarhraði fram að þeim tíma hafi verið að jafnaði 10,0 sm/ár, eins og mældist í október 1995 (5. mynd D). Í lokasýnatökunni voru þorskar með eldiseinkenni að meðaltali 58,4 sm og 5,26 ára gamlir. Að þessu gefnu hefur þorskurinn vaxið 42,6 sm fyrstu 4,26 árin en 15,8 sm síðasta árið. Þetta þýðir að slægð þyngd "eldisþorsksins" í Stöðvarfirði hefur aukist úr 0,6 kg í 1,9 kg síðasta árið í stað 1,2 kg ef fódunar hefði ekki notið við (2. tafla). Þannig var búkvöxturinn með fódunar tvöfaldur á við það sem hann hefði verið án fódunar en lifrarvöxturinn 17 faldaðist við fódunina (2. tafla). Þessi lengdaraukning hjá þorski á fódunarsvæðinu í Stöðvarfirði er aðeins örlítið minni en sú sem mældist hjá merktum þorski sem stríðalinn var í eldiskví í Stöðvarfirði á tímabilinu júlí 1992 til júlí 1993 (1. tafla).

3. tafla. Lengdarvöxtur merktra þorska sem endurheimtust í Stöðvarfirði 16/12 1995 og 22/10-17/12 1996 með eldiseinkenni (lifrarstuðull >8%) og án eldiseinkenna (lifrarstuðull <8%).

Merking	Endurheimta	Fiskar með eldiseinkenni		Fiskar án eldiseinkenna	
		Fjöldi	sm/ár	Fjöldi	sm/ár
júlí 1995	16.12.95	6	22,0	8	10,8
júlí 1995	22.10-17.12.96	6	15,3	31	8,7
12. júlí 1996	22.10-17.12.96	29	23,5	11	11,0

Alls endurheimtust 91 merktur þorskur í Stöðvarfirði í desember 1995 og haustið 1996. Þar af voru 41 með eldiseinkenni (3. tafla). Fiskar með eldiseinkenni sem endurheimtust eftir nokkra mánuði bæði árin höfðu vaxið sérlega vel, eða 22,0-23,5 sm á ársgrundvelli. Fiskar með eldiseinkenni sem endurheimtust eftir rúmt ár höfðu hins vegar vaxið um 15,3 sm/ár (3. tafla). Fiskar án eldiseinkenna höfðu hins vegar einungis vaxið um 8,7-11,0 sm/ár. Þessi gögn styrkja því enn frekar þá niðurstöðu að fódunin hafi haft veruleg áhrif á vaxtarhraða þorska á fódunarsvæðinu.

Atferli

Niðurstöðurnar benda til að þorskurinn sé að jafnaði mjög staðbundinn. Þannig hafa flestir merktir fiskar endurheimst í næsta nágrenni við merkingarstað. Þetta er í samræmi við fyrri merkingartilraunir við Ísland (Vilhjálmur Þorsteinsson og Guðrún Marteinsdóttir 1992, Jón Jónsson 1996) og Noreg (Svåsand og Kristiansen 1990). Þó fer ákveðinn hluti þorskanna á flakk, flestir þeirra flakka um úti fyrir Austfjörðum, en allnokkrir hafa endurheimst við norður- og suðurströndina og tveir fiskar við vesturströndina. Einnig benda fódunartilraunirnar til þess að hver þorskur velji sér sitt ákveðna svæði í Stöðvarfirði sem hann er tregur til að yfirgefa þó að reynt sé að tæla hann frá því með hljóðmerkjum og samfelldri fódurgjöf. Gerðar voru ítrekaðar tilraunir til að láta þorskorfu elta inn Stöðvarfjörðinn án teljandi árangurs. Fiskarnir eltu af miklu kappi meðan farið var í gegnum torfuna og síðan ákveðna vegalengd, sem nam í mesta lagi nokkur hundruð metrum. Næsta dag þegar fódrað var reyndist torfan á svipuðum stað og fyrir síðustu fódun. Með því að fylgjast með fiskum sem fengust á línu í lok fódunartímabilsins virtist fiskum með eldiseinkenni fækka ört með aukinni fjarlægð frá fódunarsvæðinu og í aðeins nokkur hundruð metra fjarlægð virtust flestir þeirra vera með litla lifur og krabba í maga. Þetta bendir til að þorskur af tiltölulega nálægum svæðum sækir ekki stíft á fódunarsvæðin. Þannig virðist nauðsynlegt að færa honum fódrið, a.m.k. til að byrja með, til að koma honum á bragðið.

Bæði árin voru miklar haustrigningar nálægt mánaðarmótum september-október sem varð til þess að fjörðurinn varð mórauður í nokkra daga í senn. Á sama tíma komst mikil hreyfing á aðalþorskorfunu utan við þorpið. Hluti af henni færði sig út fyrir Landatanga og

hluti fór á Hólinn. Við skoðun á línuafli sem fékkst utan við friðaða svæðið á tímabilinu október-nóvember 1996 kom einnig í ljós að nokkrir þorskanna voru með greinileg eldiseinkenni, þ.e. mjög stóra lifur. Þannig virðist reglubundin fódrun ekki koma í veg fyrir að fiskarnir yfirgefi fódrunarsvæðið. Má hugsa sér að þegar fiskurinn er búinn að vera á fódrum allt sumarið, búinn að taka út mikinn vöxt og er orðinn sver og holdmikill og lifrin er farin að fylla að miklu leyti út í kviðarholið þá sé hann einfaldlega búinn að fá nóg í bili og ekki sama knýjandi þörfin á að bíða eftir næstu fódrun á fódrunarsvæðinu. Með allan þennan orkuforða í lifur og bók getur hann farið í lengri eða skemmri ferðir án þess að líða skort. Reynslan af því að stríðala þorsk í Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar í Grindavík við stöðugt hitastig allt árið sýnir að hann étur mest meðan lifrin er að stækka og búkurinn að gildna frá vori og fram á haust en þegar hrogn og svil fara að þroskast um haustið dregur verulega úr áti og margir fiskarnir virðast hætta að nærast á hrygningartímanum. Á þessu sveltítímabili skreppur lifrin saman og vöðvarnir rýrna meðan hrogn og svil þroskast.

Það olli talsverðum vonbrigðum að þorskurinn hvarf nánast alveg úr Stöðvarfirði í lok desember 1995 og lítið af fiski sást á fódrunarsvæðinu þar til í apríl þrátt fyrir reglubundna fódrun. Vitað er að talsvert hrygnir af þorski í innanverðum Stöðvarfirði og nær hrygningin hámarki í apríl (Vilhjálmur Þorsteinsson og Guðrún Marteinsdóttir 1992). Mælingar á lóðningum og veiðar í net í apríl 1996 staðfestu þetta. Í fyrri hluta aprílmánaðar var aðallega ókynþroska smáfiskur á fódrunarsvæðinu, e.t.v. fiskur sem var að kynnast fódruninni í fyrsta sinn, en eftir því sem á mánuðinn leið jókst hlutdeild stærri þorska á fódrunarsvæðinu og það voru greinilega fiskar vanir fódrun. Þannig virtust eldisþorskarnir í firðinum missa áhuga á að nærast í fjóra mánuði frá desember þar til í apríl í tengslum við hrygninguna. Eftir þennan langa sveltítíma voru þeir mjög hungraðir og héldu sig á fódrunarsvæðinu næstu fimm mánuðina eða þar til haustrigninga fór að gæta í seinni hluta september.

Aðeins sáust tvær fisktegundir á neðansjávarmyndavélinni, þorskur og ýsa. Í byrjun sumars sást eingöngu þorskur en upp úr miðju sumri og fram á haust sást einnig talsvert af ýsu. Þó var greinilegt að þegar stór þorskur var til staðar þá yfirtók hann svæðið aftan við fódurbarkann og aðeins ein og ein ýsa og smáþorskur sáust skjótast að til að ná sér í æti. Stóri þorskurinn ruddist í þéttri torfu á eftir bátnum og nánast hreinsaði allt fóður sem barst aftur úr barkanum. Ef báturinn varð viðskila við þessa torfu þá fór ýsan og smáþorskurinn að elta þar til stóra torfan ruddi þeim aftur úr vegi.

Slátrun

Þann 16. desember 1995 var gerð fyrsta tilraun til að hirða afraksturinn úr firðinum. Hugmyndin var að veiða fiskinn á handfæri og setja hann í litlar söfnunarkvíar og geyma hann lifandi þar þangað til rétt fyrir jólin til að unnt væri að koma honum ferskum á markað fyrsta uppboðsdag í janúar í Englandi til að ná góðu verði. Tvær litlar flotkvíar voru útbúnar og fjórir handfærabátar fengnir til að veiða fiskinn og setja í kvíarnar. Var önnur kvín staðsett á Hólnum syðra megin og hin á aðalfódrunarsvæðinu að norðanverðu. Til að byrja með veiddist mjög vel en þegar veiðst höfðu u.þ.b. 200 fiskar hætti fiskurinn að taka. Var þá brugðið á það ráð að leggja 6 línur á fódrunarsvæðin. Vel aflaðist á línuna og reyndist heildaraflinn vera um 2 tonn, um 2/3 hlutar þorskur og 1/3 hluti ýsa. Ekki var unnt að standa nægilega vel að söfnun fiskanna sem fengust á línuna og því drápu um 3/4 af ýsunni en um 1/3 af þorskinum. Kvíarnar voru síðan dregnar inn að bryggju og dauður fiskur flokkaður frá en afgangurinn geymdur lifandi í kvíunum þar til 22. desember þegar fiski var slátrað í útflutning. Aðeins fengust um 115 kr/kg í Hull 2/1 1996. Það var lágt verð miðað við mikla fyrirhöfn. Eftir þessa reynslu var ljóst að ekki mundi svara kostnaði að veiða fiskinn á þennan hátt og setja í kvíar til slátrunar á ákveðnum degi.

Ákveðið var að veiða fiskinn undir lok verkefnisins á hefðbundinn hátt, aðallega á línu, í samvinnu við heimamenn. Veiðarnar fóru fram á tímabilinu 22. október til 17. desember 1996. Alls veiddust um 20 tonn af óslægðum fiski, þar af 73% þorskur og 24% ýsa. Af öðrum tegundum sem fengust (í röð eftir magni) voru: skarkoli, tindaskata, sandkoli, steinbítur,

skrápflúra, langlúra, lýsa og litli karfi. Um 90% fiskanna fengust á línu, 5% á færi og 5% í dragnót. Í veiðunum tóku þátt fimm línubátar, fjórir handfærabátar og tveir dragnótabátar. Alls voru lagðar 142 línur á tímabilinu og var aflinn mestur til að byrja með. Langmest fékkst af þorski á bilinu 40-80 sm og ýsu á bilinu 40-60 sm, en öllum lífvænlegum undirmálsfiski var sleppt. Veiðarnar fóru fram á mánudegi til miðvikudags og var aflinn sendur ísaður með skipi sem fór frá Eskifirði á fimmtudögum áleiðis til Englands og var síðan yfirleitt boðinn upp á miðvikudegi viku seinna. Verðið var á bilinu 100 til 142 kr/kg. Þar af voru sjómönnum borgaðar 50 kr/kg fyrir að veiða fiskinn.

Í apríl 1997 voru veidd í dragnót á vegum verkefnisins um 10 tonn af hrygningarþorski (óslægð meðalþyngd=3,1 kg) í innanverðum Stöðvarfirði og um 1,2 tonn af skarkola. Þannig voru alls veidd í verkefninu um 33 tonn af fiski eða nálægt 1/3 af því sem fódrað var með. Þetta magn samsvarar nokkurn veginn þeirri viðbótar fiskframleiðslu sem búast mátti við vegna fóðrunar.

Stofnstærð

Ekki er endanlega búið að vinna úr bergmálmælingum á þorski í Stöðvarfirði. Þó benda bráðabirgðatölur til að í firðinum hafi verið um 22500 fiskar í apríl 1996 á aðal hrygningartímanum. Ef gert er ráð fyrir 2 kg meðalþyngd þá nemur þetta um 45 tonnum af þorski. Mjög litlar lóðningar sáust í firðinum meðan veiðar stóðu yfir haustið 1996 en samt fengust um 14,5 tonn af þorski og 4,7 tonn af ýsu. Ef fiskur liggur mikið á botni er hætta á vanmati með bergmálsaðferðinni.

Þann 12/7 1996 voru merktir 323 þorskar á fóðrunarsvæðinu í Stöðvarfirði. Við veiðar í Stöðvarfirði 22/10 til 17/12 1996 endurheimtust aðeins 40 af þessum merktu fiskum (12,4%). Ef miðað er við að enginn merktu fiskanna frá 12/7 hafi drepist náttúrulegum dauða, sama hlutfall merktra og ómerktra þorska hafi gengið út úr firði, merktir og ómerktir fiskar hafi verið jafn veiðanlegir og enginn ómerktur fiskur hafi gengið inn í fjörðinn á tímabilinu þá hefur aðeins tekist að veiða 12,4% af þorskunum í firðinum. Miðað við þessar forsendur hefur heildarmagn af þorski því verið um 117 tonn. Þetta er líklega ofmat þar sem einhverjir merktu þorskanna hljóta að hafa drepist náttúrulegum dauða og eitthvað af ómerktum þorski hefur trúlega gengið inn í fjörðinn á þessum tíma og komið fram í veiðinni. Bæði þessi atriði lækka stofnmatið.

Í þriðja lagi má áætla hve marga fiska hafi þurft til að éta fóðrið sem gefið var í tilrauninni. Á 12 mánaða tímabili frá 22/10 1995 til 22/10 1996 voru gefin 69,9 tonn af fóðri. Ef gert er ráð fyrir að 3 kg af fóðri þurfi til að heildarþyngd þorsksins vaxi um hvert kg (eins og í kvíaeldi á þorski í Stöðvarfirði) þá hefur vöxtur vegna fóðrunar numið 23,3 tonnum. Á þessu 12 mánaða tímabili þyngdist hver þorskur með eldiseinkenni um 1,6 kg. Samkvæmt því hefur þurft um 14,5 þúsund fiska til að hreinsa upp fóðrið eða um 33 tonn í lok tímabilsins. Þetta mat er nokkru lægra en með hinum aðferðunum sem bendir til þess að fóðurmagnið hafi ekki verið nægjanlegt fyrir alla fiska á svæðinu og aðeins þeir frekustu hafi fengið nægju sína. Hvað sem því líður þá virðist stærðargráðan af fiski á fóðrunarsvæðinu hafa verið 50-100 tonn.

Umræða

Niðurstöðurnar benda til að það sé tæknilega mögulegt að venja villtan þorsk á reglubundna fóðrun með loðnu eða síldarúrgangi og að vöxtur hans aukist verulega við fóðrunina. Til að fóðrunin verði sem árangursríkust virðist þurfa að taka tillit til eðlilegs atferlis þorsksins, m.a. hversu staðbundinn hann er og að best sé að færa honum fóðrið þangað sem hann vill helst vera, þ.e. á hefðbundin mið þar sem þorskur hefur safnast á síðustu árum og áratugum. Þróa þyrfti afkastameiri fóðrunarbúnað en þann sem notaður var í þessu verkefni, t.d. sverari barka með dælubúnaði ef fóðurmagn yrði aukið. Þorskurinn tekur fóðrið ef það lendir í námunda við hann og næringarástand hans og vöxtur vex í hlutfalli við

fóðurtökuna. Niðurstöðurnar benda því ótvítætt til þess að unnt sé að auka verulega meðalafrakstur hvers þorsks á því fóðrunarsvæði sem valið yrði.

Hugsanlega hefði verið unnt að metta enn fleiri fiska í Stöðvarfirði og e.t.v. auka þar fiskgengd enn frekar með aukinni fóðrun. Þó er líklegt að fiskmagn á fóðrunarsvæðinu í Stöðvarfirði sé ekki nægilegt til að standa undir launakostnaði við mann í fullu starfi, rekstur á bát, bíl og frystigám. Samt er hugsanlegt, eins og komið hefur til tals hjá smábátasjómönnum á Stöðvarfirði, að fóðrunarkostnaði og veiðikostnaði megi halda í lágmarki þannig að hagur yrði af. Þá mundu þeir fara til skiptis með afbeitu, síldarúrgang, loðnu og annað ódýrt fóður sem til fellur á Stöðvarfirði og losa þar sem lóðningar eru mestar. Fjörðurinn yrði að sjálfsögðu að vera friðaður fyrir öðrum en þeim sem sjá um fóðrunina. Með fóðruninni auka þeir það sem er til skiptanna og hirða sjálfir afrakstur úr firðinum með lágmarkstillkostnaði. Hluti eldisfiskanna mundi hins vegar ganga út úr firðinum þangað sem allir með almennan veiðirétt gætu nýtt hann. Þá eru einnig líkur á að fóðrunin leiði til þess að fleiri fiskar í góðu næringarástandi nái að hrygna í firðinum sem gæti haft jákvæð áhrif á nýliðun. Þannig gætu fleiri en þeir sem nýta fjörðinn notið góðs af fóðruninni.

Hins vegar virðist ljóst að til þess að fóðrun á villtum þorski geti náð verulegri hagkvæmi og orðið alvöru atvinnugrein sem eykur afrakstur íslenska þorskstofnsins að einhverju marki yrði að margfalda stærð fóðrunarsvæðisins frá því sem gerð var tilraun með í Stöðvarfirði. Til að ná hámarkshagkvæmni yrði svæðið sem lagt yrði undir að vera nægilega stórt og með nógu mikinn fjölda hungraðra þorska til að unnt væri að losa heilan farm af loðnu eða síld úr nótaveiðiskipi í lóðningar á fóðrunarsvæðinu. Með þessu móti yrði fóðrunar- og fóðurkostnaður í algeru lágmarki. Ef fóðrunarsvæðið yrði við norðausturströndina, þ.e. tiltölulega stutt frá aðalveiðisvæði loðnu og síldar, þá yrði lítið eða ekkert dýrara fyrir nótaveiðiskip að losa farminn í þekktar lóðningar en að fara með hann til hafnar til löndunar. Þannig yrði fóðurverðið aðeins um 6 kr/kg komið á fóðrunarsvæðið. Ef vel tækist til með fóðrunina og allt fóðrið yrði étið af þorski eða öðrum nytjafiskum þá yrði fóðurnýtingin um 1:3, þ.e. fiskurinn mundi þyngjast um eitt kg fyrir hver þrjú kg af fóðri sem hann æti. Þannig yrði fóðurkostnaður aðeins um 20 kr fyrir hvert framleitt kg af þorski. Þá ber að hafa í huga að fóðrunin eykur vaxtarhraða fiskanna þannig að afrakstur á hvern fisk eykst og þannig eykst heildarafrakstur þorskstofnsins. Því yrði afrakstur vegna fóðrunarinnar hrein viðbót við það sem annars er talið óhætt að veiða af fiskistofni án sérstakrar fóðrunar. Ef vel tækist til gæti þannig orðið til viðbótarkvóti sem yrði verðmætari en tilkostnaðurinn við fóðrunina.

Engin leið er að fá úr því skorið hvort fóðrun í svo stórum stíl sem lýst er hér að framan er raunhæfur möguleiki nema að framkvæma slíka fóðrun og rannsaka afleiðingarnar. Velja yrði tvö nægilega stór svæði þar sem mikið er af tiltölulega smáum þorski (0,5-2,0 kg). Svæðin yrði að friða meðan á tilrauninni stæði, e.t.v. í eitt til tvö ár. Á annað svæðið yrði fóðrað með niðurskorinni síld og heilli loðnu beint úr nótaveiðiskipi sem ráðið yrði til verkefnisins og búið nauðsynlegum fóðrunarbúnaði. Vonast er til að unnt yrði að losa a.m.k. 50 farma á ári. Ekkert yrði fóðrað á hitt svæðið en það haft til samanburðar. Í upphafi yrði lögð áhersla á að merkja mikinn fjölda þorska á báðum svæðum til að fá samanburð á vaxtarhraða og göngumynstri. Á tveggja til þriggja mánaða fresti yrði gerð bergmálsmæling á báðum svæðunum og tekin sýni með botnvörpu í öllum stærstu torfunum til að fylgjast með ástandi fisksins. Niðurstöður mælinga á næringarástandi (lifrarstærð, magafylli, fæðuvali og holdastuðli) ásamt stofnmælingu yrðu notaðar til að endurskoða fóðrunaráætlun fyrir svæðið, þ.e. kortleggja hvar á svæðinu eigi að losa fóður og hve mikið á hverjum stað.

Hér er stungið upp á verkefni sem gæti opnað nýja leið til að auka afrakstur íslenska þorskstofnsins. Vonast er til að með slíkum rannsóknum geti Íslendingar fetað sig inn á nýjar brautir í nýtingu hafsins, frá veiðimennsku yfir í sjávarbúskap.

Þakkir

Fiskveiðasjóði Íslands eru veittar þakkir fyrir fjárhagslegan stuðning við verkefnið. Þá eru Birgi Albertssyni, Jóni Jónssyni, Páli Reynissyni, Njáli Eysteinssyni, Þórði Viðarsyni o.fl. samstarfsfólki þökkuð vel unnin störf í þágu verkefnisins. Jón Jónsson hannaði og smíðaði tæki til að gefa hljóðmerki. Að lokum er öllum þeim sem veittu upplýsingar um merкта fiska þakkað þeirra framlag.

Heimildir

- Björn Björnsson, 1994. Þorskeldi við Íslandsstrendur. Sjómannadagsblað Neskaupstaðar, 17: 40-45.
- Björn Björnsson, 1995. Fóðrun á villtum þorski í Stöðvarfirði. Kímblaðið, 8: 31-34.
- Jón Jónsson, 1996. Tagging of cod in Icelandic waters 1948-1986 and tagging of haddock in Icelandic waters 1953-1965. Rit Fiskideildar, 14: 1-108.
- Midling, K.Ø., T.S. Kristiansen, E. Ona, V. Øiestad, 1987. Fjórdranching with conditioned cod. ICES C.M. 1987/F:29.
- Svåsand, T., T.S. Kristiansen, 1990. Enhancement studies of coastal cod in western Norway. Part II. Migration of reared coastal cod. J. Cons. int. Explor. Mer., 47: 13-22.
- Vilhjálmur Þorsteinsson, Guðrún Marteinsdóttir, 1992. Þorskmerkingar í Stöðvarfirði og Gunnólfsvík 1991 og 1992 og endurheimtur úr þeim til ársloka 1992. Ægir 85: 92-100.

Vistfræði sjófugla

Dreifing sjófugla vestan Íslands

Arnþór Garðarsson

Háskóli Íslands

Ágrip

Kringum Ísland er mikið af sjófuglum enda eru sjófuglabyggðir á strönd landsins með þeim stærstu í heimi. Í þessari grein er lýst dreifingu og þéttleika sjófugla á hafsvæðinu vestur af Íslandi, og er byggt á fyrstu niðurstöðum úr könnunum gerðum úr lofti á árunum 1993-1995. Þéttleika er lýst í breiðum dráttum og fjöldi fugla er áætlaður árið um kring á landgrunninu við vestanvert landið og djúpsvæðum norðvestur af því. Kannað svæði er vestur af Íslandi, að mestu á milli 63°N og 68°N, og 20°V og 26°V. Helstu sjófuglastofnar sem verpa meðfram vesturströnd Íslands eru 3,4 milljónir svartfugla af þremur tegundum, a.m.k. 4 milljónir lunda, aðallega í Vestmannaeyjum, sennilega yfir 1 milljón fýla og 0,7 milljón ritur. Af vetrargestum (október-maí) er einkum mikið af hávellu, haftyrdli og bjartmáfi. Könnunin var gerð úr lofti og byggist hún á nokkrum grundvallaratriðum: nákvæm staðsetning, mikið flugþol, sérstakir athugunargluggar sem gefa gott útsýni fram og niður, færni í ákvörðun tegunda, stillt veður og skyggni ótruflað af þoku, vönduð skrásetning. Kannanir fóru fram í júlí 1993, september 1993, febrúar 1994, maí 1994 og nóvember 1995. Kannað flatarmál í hvert skipti var frá 400 upp í 652 km². Flogið var í 91 m (300 feta) hæð og á 180 km/klst hraða (100 hnútum). Talið var á sniðum sem voru 174 m á breidd og 11,5 km löng, þannig að þau mynduðu samfellda reiti en hver reitur var 2 km². Þriggja manna áhöfn sá um athuganir: flugmaður, athugandi og ritari. Meðalþéttleiki (fjöldi á 100 ferkm) allra tegunda á landgrunninu yfir árið var 2646, helmingurinn svartfugl (1347) en einnig mikið af fýl (720) og ritu (333). Hæsta heildartalan (3441) fékkst í febrúar en sú lægsta í nóvember (1707). Djúpt norðvestur af landinu var meðalþéttleikinn aðeins 739 og þar var álíka mikið af svartfugli, ritu og fýl. Hæstu tölurnar fyrir svartfugl og ritu fengust í nóvember. Þéttleiki svartfugls, ritu og fýls á landgrunninu var almennt svipaður því sem við mátti búast ef áætlað hefði verið út frá fjölda varpfugla. Könnunin er á reynslustigi og enn er eftir að vinna mikið úr þessum gögnum.

Inngangur

Á hafsvæðinu kringum Ísland er mjög mikið af sjófuglum og sjófuglabyggðir á strönd landsins eru með þeim stærstu í heimi. Talningar í sjófuglabyggðum hafa smám saman verið að leiða í ljós stærð varpstofna, en þekkingu á útbreiðslu og fjölda sjófugla á hafi úti hefur löngum verið áfátt og hefur hún byggst á munnmælum, gloppóttum athugunum og endurheimtum merktra fugla. Lítið er vitað um dreifingu og þéttleika sjófugla hér á mismunandi árstímum, ef frá eru taldar nokkrar athuganir af rannsóknaskipum (Joiris 1976, 1992, Brown 1984, Danielsen o.fl. 1990, Petersen 1995).

Þekking á þéttleika og dreifingu sjófugla á hafi úti er nauðsynlegur þáttur í því að skilja lífsferla og stofnvistfræði þeirra. Til dæmis getur fæðusamsetning samkvæmt magainnihaldi í úrtaki gefið skekka mynd og leitt til mistúlkunar ef dreifing og atferli er ekki kannað um leið. Dreifing og þéttleiki með hliðsjón af ætisskilyrðum á sjó skipta höfuðmáli í að útskýra stofnbreytur þær sem einungis fást með ítarlegum rannsóknum á varpstofnum. Á varptíma ætti stærð varpstofna að endurspeglast í þéttleika sömu stofna á nálægum hafsvæðum, en þéttleiki geldfugla, fargesta og vetrargesta verður hins vegar varla metinn öðru vísi en með beinni athugun.

Í þessari grein er lýst dreifingu og þéttleika sjófugla á hafsvæðinu vestur af Íslandi, og er byggt á fyrstu niðurstöðum úr könnunum gerðum úr lofti á árunum 1993-1995. Gögnin eru skoðuð með hliðsjón af líklegri stærð varpstofna á svæðinu (Ísland og Austur-Grænland), stofnsamsetningu tegundanna (Diamond o.fl. 1986) og upplýsingum um far og farleiðir (Agnar Ingólfsson 1982, Ævar Petersen 1982, Kampp 1988). Meginmarkmið þessarar greinar er að lýsa þéttleikanum í breiðum dráttum og áætla fjölda fugla árið um kring á landgrunninu við vestanvert landið og djúpsvæðum norðvestur af því.

Athugunarsvæði og tegundir

Kannað svæði er vestur af Íslandi, að mestu á milli 63°N og 68°N, og 20°V og 26°V. Flatarmál svæðisins alls er um 230.000 km² og af því er um helmingur á landgrunni eða landgrunnsköntum og helmingur á djúpsvæðum (1. tafla). Landgrunninu er handhægt að skipta í grunnsævi, innan við 20 m dýpi, og dýpri svæði (20-200m). Djúpsvæðin skiptast eftir hita og seltu (sbr. Unnsteinn Stefánsson 1961), en útbreiðsla hafíss norður og vestur af landinu skiptir auk þess máli.

Helstu fæðutegundir sjófugla á svæðinu eru loðna *Mallotus villosus*, sandslí *Ammodytes* spp. og ljósáta (Euphausiacea) (Jón Eldon 1973, Kristján Lilliendhal 1990, Kristján Lilliendhal og Jón Sólmundsson 1997). Önnur fæða getur stundum skipt verulegu máli, einkum síld *Clupea harengus*, marflær (Amphipoda, Hyperiiida), rækjur (Decapoda Caridea), smáfaxinn smokkfiskur (m.a. *Gonatus* spp.), skerar (*Nereis pelagica*) og marglyttur (Scyphozoa) (A.G., óbirt gögn).

Mjög stórir sjófuglastofnar verpa meðfram vesturströnd Íslands. Helstir þeirra eru 3,4 milljónir svartfugla af þremur tegundum, langvía *Uria aalge*, stuttnefja *Uria lomvia* og álka *Alca torda*, langmest á Vestfjörðum (Arnþór Garðarsson 1995a); a.m.k. 4 milljónir lunda *Fratercula arctica*, aðallega í Vestmannaeyjum (A.G., óbirt gögn); sennilega yfir 1 milljón fýla *Fulmarus glacialis* (talningum ekki lokið) og 0.7 milljón ritur *Rissa tridactyla* (Arnþór Garðarsson 1996a). Mun minna er af öðrum tegundum: æðarfugli *Somateria mollissima* (yfir 400.000, Kristinn H. Skarphéðinsson 1994), hugsanlega yfir 100.000 kríur *Sterna paradisaea*, nokkrir tugir þúsunda máfa, einkum hvítmáfur *Larus hyperboreus*, svartbakur *Larus marinus* og sílamáfur *Larus fuscus* (Agnar Ingólfsson 1982); 45.000 súlur *Sula bassana* syðst á svæðinu (Arnþór Garðarsson 1989, 1995b); 13.000 toppskarfar *Phalacrocorax aristotelis*, aðallega á Breiðafirði (Arnþór Garðarsson 1979) og 6000 dílaskarfar *Phalacrocorax carbo* á Breiðafirði og Faxaflóa (Arnþór Garðarsson 1996b). Þrjár tegundir, sjósvala *Oceanodroma leucorhoa*, stormsvala *Hydrobates pelagicus* og skrofa *Puffinus puffinus*, verpa eingöngu í Vestmannaeyjum, allar í nokkru magni (Erpur Snær Hansen, óbirt). Af vetrargestum (október-maí) er einkum mikið af hávellu *Clangula hyemalis*, haftyrdli *Alle alle* og bjartmáfi *Larus glaucoides*.

Á strönd Austur-Grænlands eru mjög stórar (milljónir) haftyrdlabyggðir og nokkrar stuttnefjubbyggðir kringum Scoresbysund (Meltote 1976, Kampp, Meltote, Mortensen 1987, Kampp 1988), en sunnar er lítið um sjófuglabyggðir (Wright, Matthews 1980).

Aðferðir

Talningar á sjónum veita upplýsingar um dreifingu og fjölda, og þar með þéttleika. Til þess að telja fugla á sjó hafa menn aðallega notast við skip, bæði skip í föstum áætunarferðum og rannsóknaskip. Flugvélar hafa líka verið notaðar. Báðar þessar aðferðir hafa kosti og galla (Briggs, Tyler, Lewis 1985). Athuganir úr flugvélum gefa sennilega nákvæmari tölur um útbreiðslu og þéttleika í heild, enda þótt auðveldara sé að ákvarða tegundir af skipsfjöli. Þær eru nauðsynlegar til þess að kanna svæði þakin hafís og henta einnig vel á grunnsævi. Flugvélar trufla lítið hvítflugl (sem hænist yfirleitt að skipum), en hröð yfirferð veldur því að sennilega þarf að leiðrétta fyrir köfun svartfugla. Athuganir af skipum gefa miklu meiri upplausn og möguleika á að kanna atferli og umhverfi betur, auk þess sem auðveldara er að ákvarða fugla til tegundar.

Notkun flugvéla við könnun þessa byggist á nokkrum grundvallatriðum: 1. Nákvæm staðsetning. 2. Mikið flugþol. 3. Sérhannaðir athugunargluggar sem gefa gott útsýni fram og niður. 4. Færni í ákvörðun tegunda. 5. Stillt veður og skyggni ótruflað af þoku. 6. Vönduð skrásetning.

Flugleiðir voru valdar með það að markmiði að mynda endurtekin snið sem næðu til sem fjölbreyttastra sjógerða á svæðinu. Áherslan var á landgrunn (dýpi innan við 200 m) og landgrunnskanta, en minna var farið um dýpri svæði. Grunnsævi (<20m) var ekki nægilega

kannað. Kannanir fóru fram í júlí 1993, september 1993, febrúar 1994, maí 1994 og nóvember 1995. Kannað flatarmál í hvert skipti var frá 400 upp í 652 km² (1. tafla). Athuganir náðu til alls svæðisins nema í júlí en þá hindraði þoka athuganir norður af Vestfjörðum. Reynt var að endurtaka sömu snið í hvert skipti, en ný snið voru farin þegar þoka truflaði.

Í könnunarflugi var notuð tveggja hreyfla háþekja, Cessna 337 Skymaster, og GPS staðarákvörðun. Flogið var í 91 m (300 feta) hæð og á 180 km/klst hraða (100 hnútum). Athuganir fóru fram í kyrru veðri (oft í logni og alltaf innan við 4 vindstig). Reynt var að takmarka flugtíma í hverri ferð þannig að hann færi ekki yfir 6 klst og samfelldar athuganir við 5 klst.

Talið var á sniðum sem voru 174 m á breidd og 11,5 km löng, þannig að sniðin mynduðu samfellda reiti en hver reitur var 2 km². Sniðbreiddin var metin með merkjum á vængstífum. Yfirlétt tók það tæpar 4 mínútur að telja á hverjum reit. Athuganir voru gerðar í gegnum sérstaka hálfkúlulaga glugga sinn á hvorri hlið flugvélarinnar, aftan við flugmannssæti, og horft þeim megin sem vissi undan sólu. Gluggarnir gera það kleift að fylgjast með fuglum áður en flugvélin er komin að þeim og eftir að komið er yfir þá, en þannig lengist mjög sá tími sem gefst til athugunar.

Þriggja manna áhöfn sá um athuganir og var stöðugt í talsambandi: 1. Flugmaður hélt vélinni á réttu braut og tilkynnti um veður og staðsetningu (reitnúmer og hnattstöðu). 2. Athugandi ákvarðaði, taldi og tilkynnti alla fugla. Sjaldan var hægt að aðgreina svartfuglstegundirnar þrjár, álku, langvíu og stuttnefju, og oft var erfitt að halda máfategundum aðskildum í stórum hópum. Tekið var fram hvort fuglar voru á flugi (stefna gefin þar sem þurfa þótti) eða kyrrstæðir (á sjó, í æti eða í hringsóli). Gerðar voru athuganir á öllu öðru sem sást: m.a. sjávarspendýrum (talin og ákvörðuð til tegundar ef hægt var), fiskum, marglyttum, hræjum, rekbangi, rekaviði, rusli, skipum, ís og sjólagi. 3. Ritari skráði allar athuganir á þar til gerð eyðublöð.

Í úrvinnslu hefur athugunarsvæðinu verið skipt í ferhyrndar blokkir og var hver blokk 1 breiddargráða sinnum 2 lengdargráður, eða rétt um 10.000 km² á 66°N (1. tafla). Einhverjar upplýsingar fengust úr 21 slíkri blokk, en upplýsingar úr 11 blokkum á landgrunni og landgrunnsköntum (95894 km²) og 4 djúpblokkum (38590 km²) norðvestur af landinu eru notaðar hér til þess að áætla þéttleika og fjölda algengra tegunda árið um kring. Einungis er getið meðaltala í þessu yfirliti, en útreiknuðum 95% öryggismörkum sleppt að sinni. Til viðmiðunar má gera ráð fyrir að þau séu kringum ± 50% af meðaltali í samsamegna könnuðum blokkum.

Niðurstöður og umræða

Þéttleiki, sem fjöldi á 100 km² er tekinn saman í Töflu 2. Meðalþéttleiki allra tegunda á landgrunninu yfir árið var 2646 og rúmlega helmingurinn af því svartfugl (1347) en einnig var mikið af fýl (720) og ritu (333). Hæsta heildartalan (3441) fékkst í febrúar en sú lægsta í nóvember (1707). Á djúpsvæðum norðvestur af landinu var meðalþéttleikinn næstum fjórum sinnum minni en á grunninu, eða 739. Álíka mikið var af svartfugli, ritu og fýl. Hæstu tölurnar fyrir svartfugl og ritu fengust í nóvember.

Þéttleiki svartfugls, ritu og fýls á landgrunninu var almennt svipaður því sem við mátti búast ef áætlað hefði verið út frá fjölda varpfugla. Geldfuglar og gestir voru því sennilega fremur fáir. Þéttleiki allra tegunda var lítill á djúpsvæðum, ef frá eru skilin nokkur svæði í hafsröndinni.

Fremur einfalt er að umreikna þéttleikann á landgrunninu yfir í heildarfjölda (3. tafla), en þess ber að gæta að djúpsvæðin eru miklu víðáttumeiri en kannaðar blokkir norðvestur af landinu og geta því rúmað miklu fleiri fugla en hér kemur fram.

Hér á eftir verður greint í stórum dráttum frá dreifingu og þéttleika helstu tegunda (sbr. 2. tafla). Á nokkrum stöðum er tæpt á athugunum á útbreiðslu, en gögnin fyrir hverja

tegund á hverjum tíma eru til á kortum, sem ekki eru birt hér. Ekki er fjallað um grunnsævisfugla (skarfa, æðarfugl, hávellu og teistu) og nokkrum sjaldgæfum tegundum er sleppt.

Fýll *Fulmarus glacialis*

Fýllinn er algengur varpfugl með allri ströndinni og auk þess víða í klettabeltum inn til landsins. Stærstu byggðirnar eru á Vestfjörðum, en þar eru a.m.k. 200.000 varppör í fjórum fuglabjörgum þar sem talningum er lokið (Arnþór Garðarsson, óbirt) og trúlega ekki færri á stöðum sem eftir er að telja. Einnig eru þétt vörp í Vestmannaeyjum (60.000 pör, A.G. óbirt) og austan athugunarsvæðisins, í Mýrdal.

Þéttleiki fýls á landgrunninu og landgrunnskötunum var að meðaltali 720 yfir árið, minnstur (515) í nóvember en mestur (um 800) síðsumars og í febrúar (2. tafla).

Háar þéttleikatölur úti af vesturströndinni og suðvesturlandi í júlí tengdust togurum og bátum. Mikill þéttleiki fýls á Hornbanka í september stafaði trúlega af miklu magni marglyttna (aðallega *Cyanea* sp.) sem fýllinn virðist sólginn í. Ekki er eins ljóst af hverju þéttleiki fýls var ætíð mikill í mynni Ísafjarðardjúps, en þess má geta til að þar hafi nálægð við varpstöðvar ráðið nokkru og e.t.v. einnig flugskilyrði. Þéttleiki fýls var yfirleitt mun minni á djúpsvæðum (meðaltal 254).

Súla *Sula bassana*

Fjöldi og varpútbreiðsla súlu er vel þekkt. Súlubyggðir eru á tveimur stöðum á svæðinu: Eldey (um 15.000 hreiður) og fjórum úteyjum Vestmannaeyja (um 9000 hreiður).

Útbreiðsla súlu á sjó í febrúar-júlí skýrist að mestu af útbreiðslu varpstofnsins en varpfuglarnir virðast halda sig innan við 70 km frá byggðunum. Þéttleikinn 15 á landgrunninu (2. tafla) er svolítið misvísandi, því að allar súlurnar eru á afmörkuðu svæði kringum suðvesturhornið. Nokkurrar dreifingar verður vart í september, en þá finnast einnig súluungar á reki langt til hafs. Engar súlur sást í nóvember.

Máfar *Larus spp.* og ísmáfur *Pagophila eburnea*

Enda þótt flestir máfar sem sást á svæðinu séu eflaust íslenskir að uppruna kemur töluvert af norðlægari stofnum inn á það að vetrarlagi, einkum bjartmáfur og hvítmáfur, en einnig ísmáfur. Ísmáfar verpa í þverhníptum núnatökkum á strönd Austur-Grænlands nálægt 67°N, um 250 km frá vesturjaðri athugunarsvæðisins (Wright, Matthews 1980).

Almennt virðast máfar dreifa sér meira út á sjóinn að vetrinum og koma fram á djúpsvæðum nærri ísjaðrinum í nóvember og febrúar (2. tafla). Þrjár máfategundir, svartbakur, sílamáfur (aðeins að sumrinu) og hvítmáfur komu fyrir í litlum en fremur óreglulegum mæli, aðallega næst ströndinni, bæði í kringum fiskiskip og yfir fisktorfum. Silfurmáfur *Larus argentatus* og hettumáfur *Larus ridibundus* sást sjaldan og aðeins við Suðvesturland. Máfar sem taldir voru vera bjartmáfar fundust á dreif um allt svæðið í nóvember, frá ísjaðrinum og upp að landi. Nokkrir ísmáfar fundust í nóvember, aðallega í ætisleit yfir sjónum, innan um dreifðan hafís nálægt ísjaðrinum á 66°30'N and 28°V (280 km frá næsta þekktu varpstað), svo og stakur fugl á íslausum sjó norður af Hornbanka á 67°N og 21°V.

Rita *Rissa tridactyla*

Mikið verpur af ritu meðfram vesturströnd landsins, eða alls um 350.000 pör. Langmest er af henni á Hornströndum, um 200.000 pör, en stórar byggðir eru einnig í Látrabjargi, Krísuvíkurbergi og Vestmannaeyjum og margar litlar byggðir við Breiðafjörð, Faxaflóa og Reykjanes.

Þéttleiki ritu á útmánuðum og fram á sumar var yfirleitt kringum 400 á hverja 100 km² um allt landgrunnið og landgrunnskantana (2. tafla). Áberandi há gildi, að jafnaði um 20 á km², fengust syðst á svæðinu í febrúar þegar loðna var að ganga inn á svæðið. Í september og sérstaklega nóvember sást lítið af ritu á landgrunninu og virtist hún að miklu leyti yfirgefa svæðið. Á sama tíma verður fjölgun á djúpsvæðunum norðvestur af landinu sem gæti stafað af dreifingu íslenskra ritna eða aðkomnum vetrarfuglum.

Kría *Sterna paradisaea*

Stærð varpstofnsins er illa þekkt en er varla undir 50.000 pör. Kríur sáust á tímabilinu maí til september, aðallega innfjarða, þar sem þær voru í ætisleit bæði í hópum innan um lunda, ritur og máfa, og einnig í smáhópum sem ekki tengdust öðrum tegundum. Kríur sem sáust í september í hafísnum nærri miðlínu milli Íslands og Grænlands hafa sennilega verið umferðarfuglar.

Svartfugl *Uria spp.* og *Alca torda*

Nokkrar mjög stórar svartfuglabyggðir eru á svæðinu. Í Vestmannaeyjum eru rúmlega 60.000 pör, mestallt langvía. Kringum Reykjanes eru um 40.000 pör, langmest í Kríuvíkurbergi og aðallega langvía. Í Látrabjargi búa um 300.000 langvíupör, 230.000 álkupör og 120.000 stuttnefjupör, eða alls um 650.000 svartfuglapör. Á Hornströndum eru tæplega milljón pör, mest langvía (460.000) og heldur minna af stuttnefju (410.000). Í samanburði við þetta fer lítið fyrir stuttnefju á Austur-Grænlandi, en þar verpa aðeins nokkrir tugir þúsunda (Melfoite 1976). Sennilegt er að eitthvað af svartfugli, einkum stuttnefju, komi einnig sem fargestir inn á þetta svæði úr norðaustri.

Svartfuglstegundirnar þrjár, langvía, stuttnefja og álka þekktust aðeins til tegundar þegar athugunarskilyrði voru sérstaklega hagstæð: jöfn og áfallandi birta, hópar litlir og lítið blandaðir. Svartfuglinn virtist lítt truflaður af flugvélinni. Hlutfallslegur köfunartími að deginum er engu að síður hugsanlegur skekkjuvaldur.

Meðalþéttleiki svartfugls á landgrunninu (20 á km²) í febrúar var mjög nálægt þeirri tölu sem hægt er að áætla út frá fjölda varpfugla (22). Á þessum tíma (snemma í febrúar) eru svartfuglar enn mjög lítið við björgin en nokkru síðar taka langvía og álka að safnast þar saman í stórum stíl að deginum (Arnór Þ. Sigfússon 1985). Á þessum árstíma var þéttleikinn mestur á landgrunninu kringum Vestfirði, þar sem stærstu vörpin eru. Langhæstu gildin fengust á Hornbanka og í grennd, 218 svartfuglar á km². Þéttleiki svartfugls í loðnugöngu í febrúar var ekkert sérstaklega mikill og bendir það ásamt athugunum við fuglabjörgin ekki til þess að svartfuglinn elti hrygningargöngur loðnunnar.

Í maí og júlí var þéttleiki svartfugls mun minni (2. tafla) og skýrist það af því að um 70-80% af varpfuglinum er í og við fuglabjörgin að deginum.

Í september og nóvember var þéttleiki svartfugls aðeins þriðjungur af áætlaðri tölu miðað við varpfugla og verður að ætla að verulegur hluti af stofnunum hafi farið út af svæðinu. Þéttleikinn var þá orðinn hlutfallslega mikill á djúpsvæðum og bendir það til þess að svartfuglinn dreifist út á djúpin vestur af landinu. Í nóvember fannst mikið af svartfugli, sem sennilega var allt stuttnefja, meðfram ísjaðrinum norðan 66° og vestan 26°V. Fáeinir stuttnefjur fundust á þessum slóðum í febrúar, en frekari kannanir þarf að gera á ferðum og dreifingu stuttnefju meðfram ísjaðrinum.

Haftyrðill *Alle alle*

Haftyrðill er vetrargestur á þessu hafsvæði og fannst í litlu magni frá nóvember fram í maí, aðallega yfir landgrunninu (2. tafla). Fremur fáir haftyrðlar sáust meðfram ísjaðrinum innan athugunarsvæðisins, en þar sáust þeir einnig í júlí. Mjög mikið fannst hins vegar af haftyrðli í júní 1995 norðan við ísjaðarinn, nálægt 69°N og 18°V, 340 km norðaustur af Horni, um 200 km norðaustur af norðurmörkum athugunarsvæðisins, og um 160 km austur af stórum haftyrðlabyggðum nærri Scoresbysundi (sbr. Kampp o.fl. 1987).

Lundi *Fratercula arctica*

Lundinn er algengasti sjófuglinn alls staðar við landið nema á Vestfjörðum. Talningum varpfugla er enn ólokið, en sennilega verpa um 2 milljónir lundapara á svæðinu, þar af 1,5 í Vestmannaeyjum, 0,1 í Faxaflóa og um 0,3 í Breiðafirði.

Þéttleiki lunda á sjó var mun minni en búast mætti við út frá áætluðum varptölum, en það kann að skýrast af því að Vestmannaeyjar eru á mörkum hins kannaða svæðis. Mögulegt er að lundar fælist meira fljúgandi fugla (ránfugla, skúma, kjóa) heldur en svartfugl virðist gera, og gæti það skýrt fælni við flugvélar, sem sést a.m.k. við lundabyggðir, en í varpi

hræðast lundar sennilega líka vélarhljóð. Mikið af lunda sést í ætisleit upp við land og kann það einnig að skekkja talningarnar. Loks er hugsanlegt að tímasetning og lengd veiðiferða komi hér við sögu.

Niðurlag

Þetta er fyrsta yfirlitið sem birtist um könnun á dreifingu sjófugla vestur af landinu. Könnunin er á reynslustigi og enn verið að prófa aðferðir og safna einföldum grundvallarupplýsingum. Enn er eftir að vinna mikið úr þessu gögnum og gera þau aðgengileg, auk þess sem afla þarf meiri upplýsinga á hluta svæðisins, einkum norður af Vestfjörðum og Húnaflóa. Könnun á svæðinu austan 20°V, úti af Norður- Austur- og Suðurlandi er hafin og lýkur vonandi 1998. Á næstu árum verður væntanlega aflað frekari gagna með talningum á djúpsvæðum suðvestur og suður af landinu. Þá er áhugavert og raunar nauðsynlegt að bæta upplausnina í þessum könnunum, m.a. þarf að komast að því af hverju lundinn telst illa. Einnig þarf að gera athuganir á köfunartíma svartfugla og kanna dreifingu nokkurra algengustu tegundanna yfir sólarhringinn. Í framhaldinu verður ennfremur fróðlegt að gera átak í að kanna dreifingu fugla á grunnsævi (<20m dýpi) kringum landið.

Þakkir

Ég þakka Úlfari Henningssyni fyrir flugstjórn og þátttöku í aðferðaþróun. Sesselja Bjarnadóttir, Jóhanna W. Friðriksdóttir, Ása Hólmaradóttir, Erla B. Örnólfsdóttir, Erpur Snær Hansen, Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson, Kristinn H. Skarphéðinsson og Valerie Maier gegndu störfum ritara af þryði, hafi þau heila þökk fyrir. Rannsóknasjóður Háskóla Íslands, Vísindasjóður og Hafrannsóknastofnunin (fjölstofnarannsóknir) veittu fé til þessa verkefnis.

Heimildir

- Agnar Ingólfsson, 1982. Máfar, kjóar og skúmar. 61-76 Í: Arnþór Garðarsson (ritstj.). Fuglar, Rit Landverndar 8, Reykjavík.
- Arnór Þórir Sigfússon, 1985. Ferðahættir svartfugla og túlkun talninga. Prófrítgerð (30e). Háskóli Íslands, líffræðiskor. Reykjavík. 58 s.
- Arnþór Garðarsson, 1979. Skarfatal 1975. Náttúrufræðingurinn 49: 126-154.
- Arnþór Garðarsson, 1989. Yfirlit yfir íslenskar súlubyggðir. Bliki 7: 1-22.
- Arnþór Garðarsson, 1995a. Svartfugl í íslenskum fuglabjörgum. Bliki 16: 47-65.
- Arnþór Garðarsson, 1995b. Fjöldi súlu við Ísland 1989-1994. Náttúrufræðingurinn 64: 203-208.
- Arnþór Garðarsson, 1996a. Ritubyggðir. Bliki 17: 1-16.
- Arnþór Garðarsson, 1996b. Dílaskarfsbyggðir 1975-94. Bliki 17: 35-42.
- Briggs, K.T., W.B. Tyler, D.B. Lewis, 1985. Comparison of ship and aerial surveys of birds at sea. *Journal of Wildlife Management* 49: 405-411.
- Brown, R.G.B., 1984. Seabirds in the Greenland, Barents and Norwegian Seas, February-April 1982. *Polar Research* 2: 1-18.
- Danielsen, F.M., H. Skov, J. Durinck, D. Bloch, 1990. Marine distribution of seabirds in the Northeast Atlantic between Iceland and Scotland, June-September 1987 and 1988. *Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift* 84: 45-63.
- Diamond, A.W., A.J. Gaston, R.G.B. Brown, 1986. Converting PIROP counts of seabirds at sea to absolute densities. *Canadian Wildlife Service Progress Notes* No. 164. 19 s.
- Joiris, C., 1976. Seabirds seen during a return voyage from Belgium to Greenland in July. *Le Gerfaut* 66: 63-87.
- Joiris, C., 1992. Summer distribution and ecological role of seabirds and marine mammals in the Norwegian and Greenland Seas (June 1988). *Journal of Marine Systems* 3: 73-89.
- Jón Eldon, 1973. Um fæðu nokkurra sjófugla í Eyjafirði. Óbirt námsritgerð (5e). Háskóli Íslands, líffræðiskor. Reykjavík. 40 s.
- Kampp, K., 1988. Migration and winter ranges of Brunnich's Guillemots *Uria lomvia* breeding or occurring in Greenland. *Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift* 82: 117-130.
- Kampp, K., H. Meltofte, C.E. Mortensen, 1987. Population size of the Little Auk in East Greenland. *Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift* 81: 129-136.
- Kristinn H. Skarphéðinsson, 1994. Tjón af völdum arnar í æðarvörpum. *Umhverfisráðuneytið*, Reykjavík. 126 s.
- Kristján Lilliendahl, 1990. Vetrarfæða svartfugla á grunnslóð við Ísland. Prófrítgerð (30e). Háskóli Íslands, líffræðiskor. Reykjavík. 84 s.

- Kristján Lilliendahl, Jón Sólmundsson, 1997. Sumarfæða sex sjófuglategunda við Ísland. Þetta rit.
- Meltofte, H., 1976. Ornithologiske observationer i Scoresbyområdet, Østgrønland, 1974. Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift 70: 107-122.
- Petersen, I., 1995. Alkefugles antal og fordeling i forhold til hydrografi og produktionsforhold i havet mellem Island, Jan Mayen og Øst-Grønland efterårene 1987 til 1991. Specialrapport i ornithologi ved Københavns Universitet. 61 s.
- Unnsteinn Stefánsson, 1961. Hafið. Almenna bókafélagið. Reykjavík. 293 s.
- Wright, N. J. R., D. W. Matthews, 1980. New nesting colonies of the Ivory Gull *Pagophila eburnea* in southern East Greenland. Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift 74: 59-64.
- Ævar Petersen, 1982. Sjófuglar. 15-60 Í: Arnþór Garðarsson (ritstj.): Fuglar. Rit Landverndar 8, Reykjavík.

1. tafla. Skrá um talningarblokkir og fjölda 2-ferkm reita í hverri blokk.

Staður	Miðja blokkar		Sv**	Ferkm	Fjöldi reita					Alls
	N	V			Feb 1994	Mái 1994	Júl 1993	Sep 1993	Nóv 1995	
Öst Bank	6730	2900	-	9449	12	0	0	0	0	12
A af Öst Bank	6730	2700	-	9449	10	0	0	0	0	10
N Hala	6730	2500	-	9449	0	0	0	0	0	0
N Horns	6730	2300	NV	9449	8	14	0	1	12	35
N Hornbanka	6730	2100	NV	9449	8	14	0	0	14	36
Strede Bank	6630	2900	NV	9846	15	6	11	2	4	38
V Hala	6630	2700	NV	9846	12	9	11	13	17	62
Hali	6630	2500	L	9846	22	22	6	20	22	92
Horn	6630	2300	L	8178	10	10	0	10	10	40
Hornbanki	6630	2100	L	9670	9	9	0	7	9	34
Dohrnbanki	6530	2900	-	10240	0	0	20	0	0	20
Víkuráall	6530	2700	L	10240	7	7	17	9	8	48
Látrabjarg	6530	2500	L	10000	21	33	8	20	17	99
Breiðafjörður	6530	2300	L	6298	5	23	5	2	10	45
Húnaflói	6530	2100	L	3370	6	6	0	6	6	24
S Dohrnbanka	6430	2900	-	10630	0	0	6	0	0	6
V Kolluáls	6430	2700	-	10630	0	0	15	0	0	15
Kolluáall	6430	2500	L	10630	8	34	22	18	18	100
Faxaflói	6430	2300	L	8886	31	72	46	42	22	213
Djúpt V Kanta	6330	2900	-	11018	0	0	0	0	0	0
Suðurkantar	6330	2700	-	11018	0	0	0	0	0	0
V Reykjaness	6330	2500	-	11018	0	0	10	0	0	10
Reykjanes	6330	2300	L	10476	19	35	27	35	12	128
Selvogsbanki	6330	2100	L	8300	13	32	25	29	19	118
Samtals				227385	216	326	229	214	200	1185

* Gefin er miðja hverrar blokkar en mörkin eru +/- 30 mín N og 60 mín V, t.d. er Hali frá 66 til 67 N og 22 til 24 V.

** NV = norðvesturdjúp, L = landgrunn í Töflum 2 og 3, - Önnur svæði ekki tekin með.

Leiðrétting á greininni: Dreifing sjófugla vestan Íslands, bls. 242-248.

Tafla 2. Þéttleiki (fjöldi á 100 ferkm) sjófugla vestan Íslands. Athugunarsvæðinu er skipt í landgrunn (95894 ferkm) og norðvestur-djúp (38590 ferkm), sbr. Tafla 1.

Landgrunn	Tímabil:					Meðaltal
	Feb	Mai	Júl	Sep	Nóv	D
Fýll	782	620	844	837	515	720
Súla	10	15	20	30	0	15
Máfar	28	93	32	47	132	66
Rita	462	346	455	263	139	333
Kría	0	123	69	22	0	43
Svartfugl	2107	1402	925	1411	892	1347
Haftyróill	52	3	0	3	28	17
Lundi	0	226	285	14	0	105
Alls	3441	2828	2630	2625	1707	2646

NV-djúp	Tímabil:					Meðaltal
	Feb	Mai	Júl	Sep	Nóv	D
Fýll	211	181	364	319	195	254
Súla	0	0	0	0	0	0
Máfar	5	0	0	0	19	5
Rita	76	108	149	397	464	239
Kría	0	0	0	1	0	0
Svartfugl	68	289	106	88	573	225
Haftyróill	9	30	3	3	14	12
Lundi	0	11	12	0	0	5
Alls	369	619	634	808	1266	739

Tafla 3. Heildarfjöldi (þúsundir) sjófugla vestan Íslands. Athugunarsvæðinu er skipt í landgrunn (95894 ferkm) og norðvestur-djúp (38590 ferkm), sbr. Tafla 1.

Landgrunn	Tímabil:					Meðaltal
	Feb	Mai	Júl	Sep	Nóv	Y
Fýll	750	595	810	802	494	690
Súla	10	14	19	28	0	14
Máfar	27	89	31	45	127	64
Rita	443	332	436	252	133	319
Kría	0	118	66	21	0	41
Svartfugl	2020	1344	887	1353	855	1292
Haftyróill	50	3	0	3	27	16
Lundi	0,3	217	273	13	0	101
Alls	3300	2712	2522	2517	1637	2537

NV-djúp	Tímabil:					Meðaltal
	Feb	Mai	Júl	Sep	Nóv	Y
Fýll	82	70	140	123	75	98
Súla	0	0	0	0	0	0
Máfar	2	0	0	0	7	2
Rita	29	42	58	153	179	92
Kría	0	0	0	0,4	0	0,1
Svartfugl	26	111	41	34	221	87
Haftyróill	4	12	1	1	5	5
Lundi	0	4	4	0	0	2
Alls	143	239	245	312	489	285

Sumarfæða sex sjófuglategunda við Ísland

Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Rannsókuð var fæða sex stærstu sjófuglastofna við Ísland en það eru langvía, stuttnefja, álka, lundi, rita og fýll. Ákveðið var að athuga fyrst sumarfæðu fuglanna vegna þess að talið er að fjöldi þeirra sé mestur við landið á varptíma. Í öllum tegundunum nema fýll voru loðna, síli og ljósáta meira en 95% sumarfæðunnar. Fýllinn er ólíkur hinum tegundunum því auk fyrrnefndra fæðuhópa var fæða hans að stórum hluta ýmiskonar útkast frá fiskibátum, eins og t.d. smákarfi, rækja og slóg. Verulegur munur var á fæðunni eftir svæðum. Fyrir austan, sunnan og vestan Ísland var síli mikilvægasta fæðutegund fuglanna. Loðna var mikilvæg fæða fugla úr Látrabjargi og var ríkjandi í fæðu fugla við norðurströndina. Ólík útbreiðsla tegundanna veldur aftur á móti því að vægi fæðugerða fyrir einstakar tegundir er mismunandi. Fæða stuttnefju, ritu og langvíu var að stærstum hluta loðna en síli skipti mestu máli fyrir lunda. Hugsanlega skýrir þessi munur á fæðusamsetningu mun á varpútbreiðslu tegundanna, því lundi er algengastur þar sem síli var í mestu magni en stuttnefja og rita á sumarútbreiðslusvæði loðnunnar. Áætlað heildarátt þessara fuglategunda að sumri er af stærðargráðunni hundruð þúsunda tonna af loðnu og síli og tugir þúsunda tonna af ljósátu. Þessar niðurstöður sýna mikilvægi loðnu, sílis og ljósátu sem fæðu fuglanna að sumri við Ísland. Frá hagnýtu sjónarmiði vekur mesta athygli át sjófugla á loðnu þar sem loðnuveiðar skipta þjóðarþúfið verulegu máli.

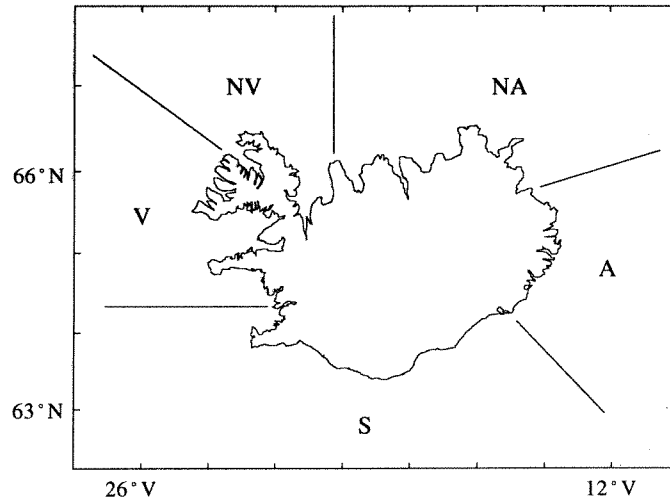
Inngangur

Lítið er vitað um fæðuvistfræði sjófugla við Ísland, þrátt fyrir að áhrif þeirra á stofna helstu fæðutegunda geti verið umtalsverð. Því var ráðist í rannsóknir á fæðu sex stærstu stofna sjófugla við Ísland þ.e. langvíu (*Uria aalge*), stuttnefju (*U. lomvia*), álku (*Alca torda*), lunda (*Fratercula arctica*), ritu (*Rissa tridactyla*) og fýls (*Fulmarus glacialis*). Talið er að fjöldi fuglanna sé mestur hér við land á varptíma en þá er einstaklingsfjöldi þessara tegunda áætlaður um 18 milljónir. Fuglarnir eru dreifðir allt í kringum Ísland en þó er mismunandi eftir tegundum hvar fjöldinn er mestur. Svartfuglar (langvía, stuttnefja og álka) eru flestir fyrir vestan og norðvestan Ísland og eru stærstu byggðirnar í Látrabjargi, Hornbjargi og Hælavíkurbjargi. Stærstu lundabyggðir eru í Vestmannaeyjum en einnig er talsvert af lunda fyrir austan land og vestan. Mestur fjöldi ritu er á Norðvestur- og Norðausturlandi en fýlar eru flestir fyrir sunnan, vestan og norðvestan land (Arnþór Garðarsson 1995, 1996, munnl. uppl.).

Aðferðir

Við skiptum hafinu umhverfis Ísland í fimm svæði út frá mismunandi dreifingu fuglanna og ólíkum uppruna sjávar (1. mynd og 1. tafla). Vestmannaeyjar eru stærsta fuglabbyggðin á Suðurlandi en á V-svæði eru fuglar flestir í Látrabjargi. Á þessum svæðum er sjórinn tiltölulega hlýr og saltur og af suðrænum uppruna. Hornbjarg og Hælavíkurbjarg eru stærstu fuglabjörgin á Norðvesturlandi og þar gætir mjög áhrifa hlýsjávarins einnig, en þó er mismunandi eftir árum hvort suðlægir straumar eða kaldir straumar norðurhafa eru ríkjandi. Fyrir norðan og austan land er sjórinn yfirleitt svalari og meira af norðlægum uppruna.

Fullorðnir fuglar voru skotnir á fæðusvæðum þeirra allt í kringum landið sumrin 1994 og 1995 og fengust alls tæplega 1500 fuglar (2. tafla). Skömmu eftir að fuglum var safnað voru margar fjarlægðir, þeir opnaðir og settir ásamt innihaldinu í alkóhól. Fæðan var greind nánar á rannsóknastofnu, oftast til tegunda. Fæðunni var skipt í ferska fæðu (með mjúkum líkamsvefjum) og fæðuleifar (t.d. fiskkvarnir, smokkfiskagoggar og bein án holds). Við byggjum niðurstöðurnar einungis á ferskri fæðu til þess að forðast ofmat á dýrum með illmeltanlega harða líkamshluta. Harðir hlutar ferskra fæðudýra voru mældir og lengdar-þyngdar sambönd síðan notuð til þess að meta upphaflega votvigt hvers fæðuhóps (viðauki 1).



1. mynd: Skipting íslenskra hafsvæða í fimm svæði út frá mismunandi dreifingu sjófugla og ólíkum uppruna sjávar (sjá texta).

1. tafla. Fjöldi einstaklinga (að næsta þúsundi) sex tegunda sjófugla við Ísland á varptíma skipt eftir tegundum og svæðum (1. mynd). Fjöldi langvíu, stuttnefju og álku er byggður á talningum á varpfuglum (Arnþór Garðarsson 1995) og sá fjöldi er síðan margfaldaður með stuðlinum 1,305 (Cairns o.fl. 1990) til að taka tillit til geldfugla. Fjöldi annarra tegunda er byggður á áætluðum fjölda varpfugla (Arnþór Garðarsson 1996, munnl. uppl.) og hann síðan margfaldaður með 1,45 hjá fýl, 1,09 hjá ritu og 1,33 hjá lunda (Furness 1978) til að meta heildarstofnstærð.

Tegund: Svæði	Langvía	Stuttnefja	Álka	Lundi	Rita	Fýll
A	31	6	1	931	83	218
S	243	9	51	4522	142	1088
V	787	313	606	1064	174	1523
NV	1190	1067	191	160	453	870
NA	339	117	139	665	511	653
ALLS	2590	1512	988	7342	1363	4352

2. tafla. Fjöldi fugla sem rannsakaðir voru, skipt eftir tegundum og svæðum (sjá 1. mynd).

Tegund: Svæði	Langvía	Stuttnefja	Álka	Lundi	Rita	Fýll
A	29	6	6	30	12	26
S	40	0	30	70	35	74
V	142	42	112	95	74	81
NV	107	72	43	47	73	66
NA	39	3	26	37	27	37
ALLS	357	123	217	279	221	284
Tómir magar	96	22	43	100	37	120
% tómra	27	18	20	36	17	42

Síðan var slegið saman niðurstöðum úr öllum mögum hverrar fuglategundar til þess að reikna út hlutfallslega þyngd fæðuhópa fyrir hvert svæði.

Við útreikninga á heildaráti sjófuglastofna þurfa ýmsar stærðir að vera þekktar. Fjöldi fugla verður að vera þekktur en fyrir svartfugla notum við birtar tölur um fjölda varpfugla (Arnþór Garðarsson 1995) sem síðan eru margfaldaðar með ákveðnum stuðli til þess að taka tillit til geldfugla í stofnunum (1. tafla). Stofnstærðarmat á ritu er nokkuð áreiðanlegt, en fjöldi

varppara lunda og fýls hefur aðeins verið metinn gróflega (Arnþór Garðarsson 1996, munnl. uppl.). Í útreikningum á heildaráti gerum við ráð fyrir að geldfuglar éti sömu fæðu og hegði sér svipað og varpfuglar.

Í öðru lagi þurfa upplýsingar um orkuþörf hverrar tegundar að liggja fyrir. Til eru ýmsar aðferðir til að meta orkuþörf fugla en hér notum við, ef til eru, upplýsingar byggðar á mælingum með tvímerkту vatni (doubly labelled water). Þessi aðferð hefur ekki verið notuð til þess að meta orkuþörf álku, lunda og fýls og því er stuðst við jöfnur sem áætla efnaskiptahraða þessara tegunda (3. tafla, Birt-Friesen o. fl. 1989). Fyrir langvíu og stuttnefju á V- og NV- svæðum notum við niðurstöður byggðar á rannsókn á orkuþörf þessara tegunda á varptíma í Látrabjargi. Þar var tvímerkt vatn notað og mældist orkuþörf langvíu 2034 kJ/dag (n = 5, s.d. = 922) og orkuþörf stuttnefju 2402 kJ/d (n = 9, s.d. = 523) (sjá Erpur S. Hansen og Broddi R. Hansen 1997).

3. tafla. Orkuþörf sex tegunda sjófugla á varptíma byggð á birtum niðurstöðum eða reiknuð út frá jöfnum um efnaskiptahraða þeirra (Birt-Friesen o. fl. 1989). Við útreikninga notum við eigin gögn um þyngd álku (632 g, s.d. = 51, n = 214), lunda (510 g, s.d. = 49, n = 267) og fýls (787 g, s.d. = 92, n = 282). Tölur í svigum sýna áætlaða orkuþörf langvíu og stuttnefju sem notuð er á V- og NV-svæðum (sjá texta).

Tegund	Orkuþörf (kJ/d)	Heimild
Langvía	1789 (2034)	Cairns o.fl. 1990
Stuttnefja	2080 (2402)	sjá Brekke, Gabrielsen 1994
Álka	1245	Birt-Friesen o.fl. 1989
Lundi	1059	Birt-Friesen o.fl. 1989
Rita	795	Gabrielsen o.fl. 1987
Fýll	816	Birt-Friesen o.fl. 1989

Einnig er nauðsynlegt að vita hve mikil orka á þyngdareiningu fæst úr hverjum fæðuhópi. Orkuinnihald loðnu (*Mallotus villosus*) er mismunandi eftir aldri og árstíma en hér reiknum við með því að ókynþroska loðna innihaldi 3,5 kJ/g votvigt (sjá Montevecchi og Piatt 1984). Við gerum ráð fyrir 10% fituinnihaldi í loðnu tveggja ára og eldri (Hjálmar Vilhjálmsson 1994) en þá verður orkuinnihaldið 6,4 kJ/g. Fyrir síli (*Ammodytes marinus*) notum við 6,5 kJ/g (Harris og Hislop 1978), fyrir ljósátu (*Euphausiacea*) 3,9 kJ/g (Lockyer 1987) og fyrir aðra fæðu notum við 5,0 kJ/g. Gert er ráð fyrir að 80% af orkuinnihaldi fæðunnar nýtist fuglunum (assimilation efficiency) (Furness 1978).

Þá þarf að skilgreina hve langan tíma fuglarnir eru við björgin. Það getur verið mismunandi eftir tegundum en hér gerum við ráð fyrir 90 dögum. Nánari grein er gerð fyrir útreikningum á heildaráti í viðauka 1.

Niðurstöður

Loðna, síli og ljósátu (aðallega *Thysanoessa inermis* og *Meganyctiphanes norvegica*) virðast vera aðalfæða sjófugla við Ísland á sumrin (2. mynd a-e, viðauki 2). Af öðrum fæðuhópum má nefna dílasmökk (*Gonatus fabricii*), marflær (mest *Gammarus wilkitzki* og *Themisto* spp.), kolmunna (*Micromesistius poutassou*), síld (*Clupea harengus*), steinbít (*Anarhichas lupus*), mjóna (*Lumpenidae*) og burstaoorminn *Nereis pelagica*.

Á S-svæði var síli mikilvægasta fæða allra tegunda og nærri 100% þyngdar af fæðu álku og lunda. Loðna var um 15% af fæðu ritu og var þar eingöngu um 0-gr. loðnu að ræða. Kolmunni var 11% af fæðu langvíu og síld um 3%. Ýmiskonar útkast frá fiskiskipum var um 35% af fæðu fýls en það voru einkum kolmunni, gulllax (*Argentina silus*), karfi (*Sebastes marinus*), humar (*Nephrops norvegicus*) og innyfli fiska (2. mynd a).

Síli var mikilvægasta fæða fugla við Vesturland en loðna var einnig talsverður hluti af fæðu flestra tegunda, einkum ritu. Svartfuglar og lundi átu einnig ljósátu og auk þess át stuttnefja dílasmökk (3%) og marfló (*G. wilkitzki*, 7%) við ísröndina út af Vestfjörðum. Helsta

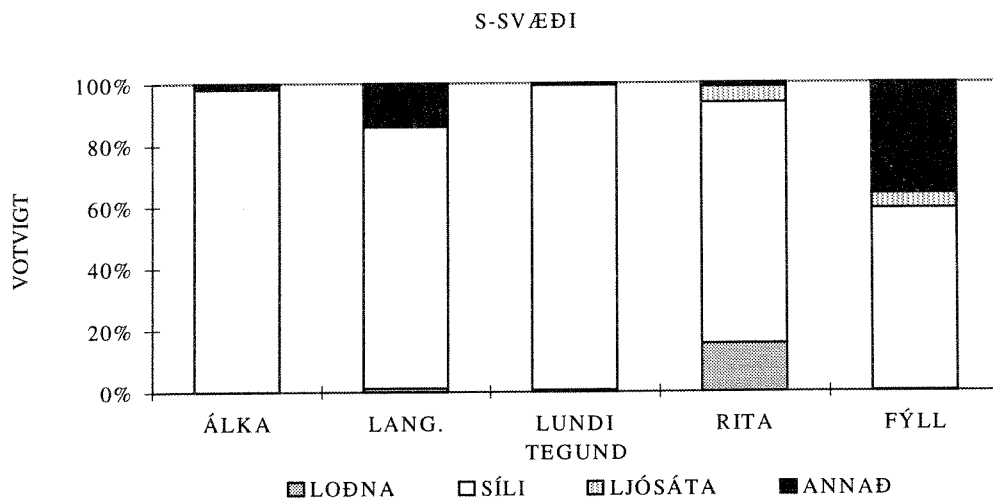
fæða fýls voru auk sílis, smokkfiskar, marflær og einhverskonar grútur sem fyllinn tíndi úr yfirborði sjávar (2. mynd b).

Á NV-svæðinu var loðna aðalfæðutegund fuglanna og einungis lundi virtist éta síli að einhverju ráði. Loðna var mikilvægasta fæða svartfugla og ritu en þessir fuglar átu einnig talsvert af ljósátu, einkum stuttnefja. Lundi át auk sílis, loðnu og ljósátu og þá átu stuttnefja og lundi sviflægar marflær og dílasmökk sem virðist vera algeng fæða við jaðar rekíssins norður af Horni. Fæða fýls var loðna (30%), ljósáta (10%) og afgangurinn var einkum mjórar (*Lycodes* spp.), karfi, rækja (*Pandalus borealis*) og ísrækja (*Hymenodora glacialis*) sem að öllum líkindum voru komin frá fiskiskipum (2. mynd c).

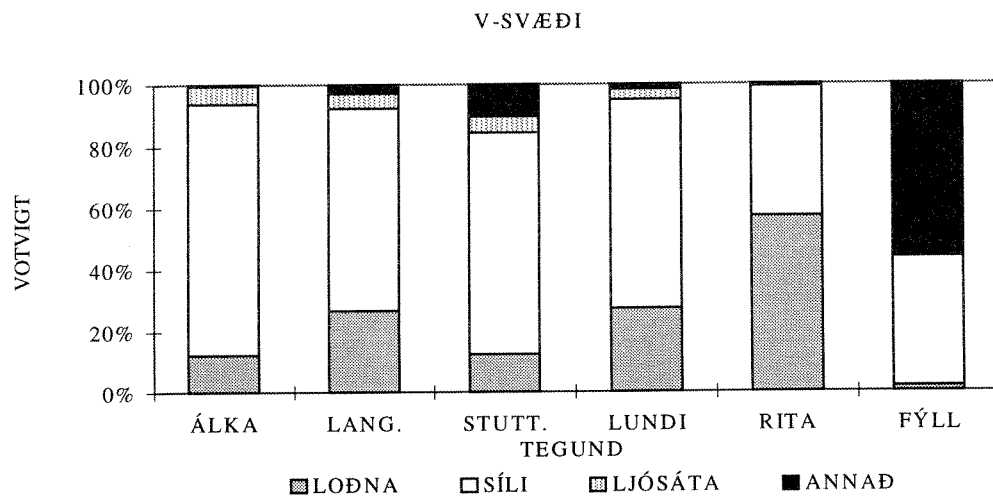
Loðna var einnig mikilvægasta fæða fugla á NA-svæði og hún var um og yfir 90% af heildarþyngd fæðu svartfugla, lunda og ritu. Auk þess voru mjórar um 6% fæðunnar hjá lunda. Fyllinn var að venju með fæðu ólíka hinum tegundunum og loðna var einungis um 15% af þyngd fæðunnar. Aðalfæða fýlsins var ýmiskonar útkast frá fiskiskipum, mest rækja og karfi (2. mynd d).

Við Austurland var síli aftur orðið helsta fæða fuglanna og loðna virtist eingöngu vera mikilvæg fyrir ritu og fýl. Ljósáta var þriðjungur af fæðu lunda og helmingur af fæðu stuttnefju. Önnur fæða var ískóð (*Boreogadus saida*) í ritu (15%), dílasmökkur í langvíu (4%),

a)

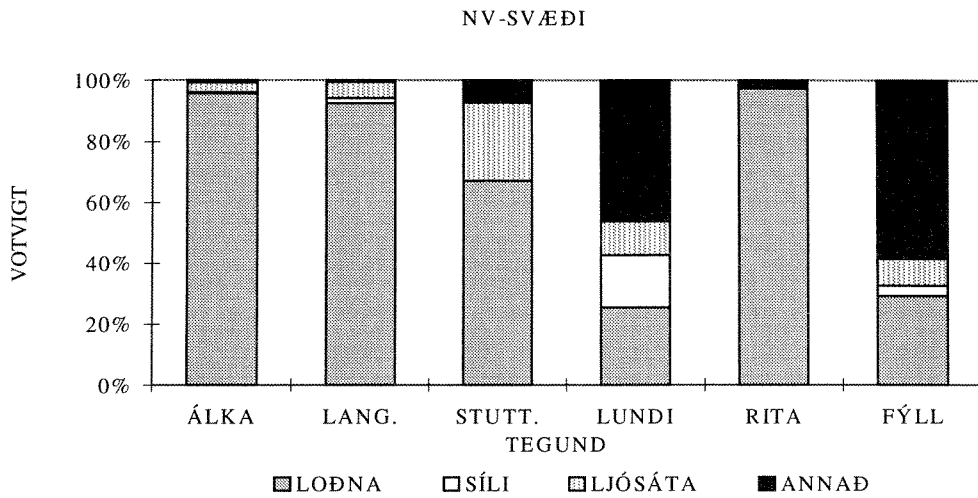


b)

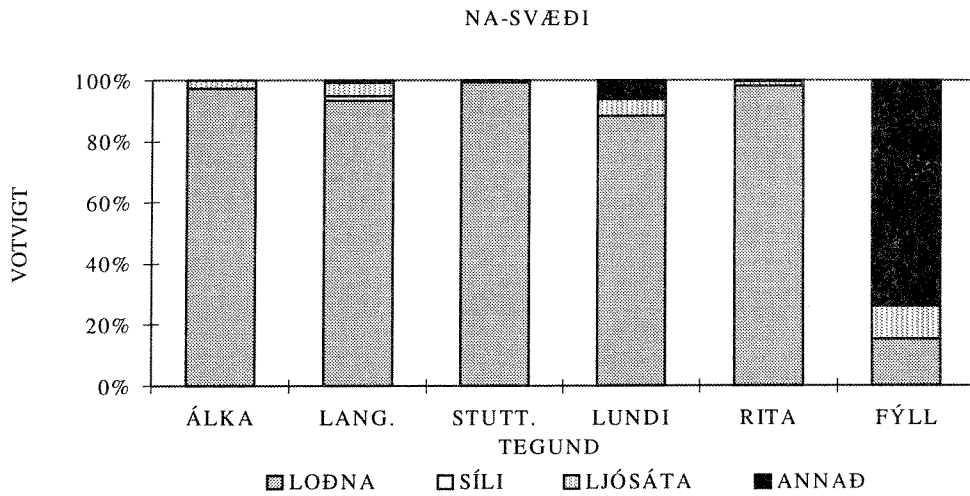


2. mynd a-b. Sumarfæða (hlutfall votvigtar) sex tegunda sjófugla á S- og V-svæði.

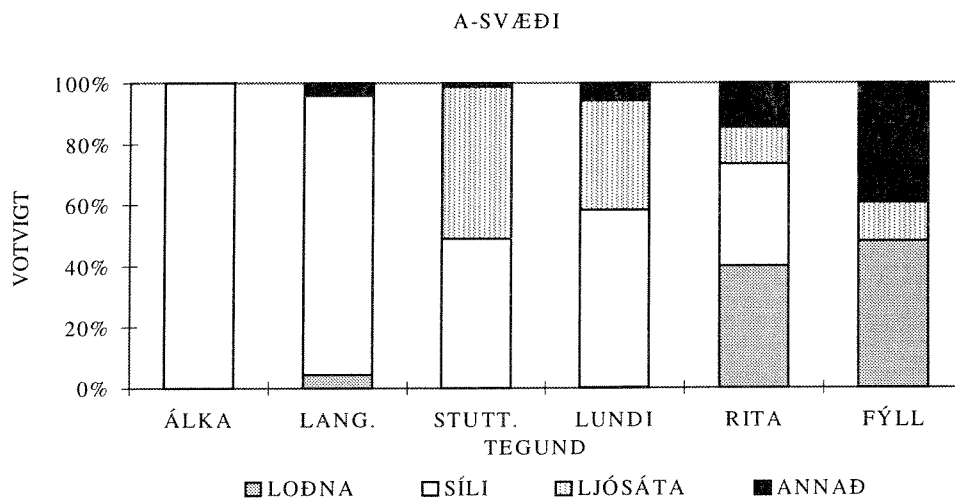
c)



d)



e)



2. mynd c-e. Samanfærða (hlutfall votvigar) sex tegunda sjófugla á NV-, NA-, og A-svæði.

mjónar í lunda (4%) og tæplega 40% af fæðu fýls voru rækja og karfi sem líklega voru komin frá fiskiskipum (2. mynd e).

Út frá stærðarmælingum skiptum við loðnu í aldurshópa. Miðað við fjölda einstaklinga éta fuglarnir einkum 0-gr. og eins árs loðnu en tveggja ára loðna og eldri var aðeins um 13 % af heildarfjölda. Loðna tveggja ára og eldri var aftur á móti 69% af heildarþyngdinni, eins árs um 30% en 0-gr. loðna aðeins 1%. Afrán á einstökum aldurshóp loðnu er talsvert mismunandi eftir tegundum fugla. Út frá þyngdarhlutfalli hverfur mest af yngstu loðnunni í lundann. Eins árs loðna er einkum étin af langvíu, álku og lunda. Tveggja ára og eldri loðna er aðallega tekin af langvíu og stuttnefju en einnig étur rita talsvert magn. Loðna er ekki mikilvæg fæða fyrir fýl en hann étur aðallega stærstu loðnuna.

Áætlað heildarátt þessara sex tegunda sjófugla á sumarmánuðum er 184 þús. tonn af síli, 171 þús. tonn af loðnu, 34 þús. tonn af ljósátu og 52 þús. tonn af annarri fæðu (4. tafla).

4. tafla. Áætlað heildarátt (í þúsundum tonna) sex tegunda sjófugla við Ísland á varptíma skipt eftir tegundum fugla og helstu fæðuhópum.

Fæðuhópur Tegund	Loðna	Síli	Ljósáta	Annað	Alls
Langvía	67,8	27,9	4,6	2,4	102,7
Stuttnefja	41,9	10,0	14,4	5,3	71,6
Álka	13,1	12,2	1,1	0,1	26,5
Lundi	23,7	109,9	9,7	4,6	147,9
Rita	15,7	3,1	0,4	0,4	19,6
Fýll	8,5	21,3	4,0	39,6	73,4
Alls	170,7	184,4	34,2	52,4	441,7

Umræða

Síli og loðna virðast skipta mestu máli sem sumarfæða sjófugla við Ísland. Mikilvægi mismunandi tegunda bráðar er breytilegt eftir svæðum en líklega endurspeglar það útbreiðslu bráðarinnar að sumri fremur en val fuglanna á einni tegund umfram aðra. Fýll virðist vera eina tegundin sem að verulegu leyti er háð útkasti frá fiskiskipum. Fæða þessara tegunda fugla hér við land virðist í stórum dráttum svipuð fæðu þeirra annars staðar við Norðaustur-Atlantshaf (sjá Cramp og Simmons 1977, 1982, Cramp 1985, Bradstreet og Brown 1985).

Niðurstöðurnar benda til þess að sjófuglar geti haft áhrif á vistkerfi sjávar við Ísland, sem afræningjar á síli og loðnu. Sjófuglar gætu hugsanlega haft áhrif á fiskveiðar á tvo vegu. Í fyrsta lagi gætu þeir verið í beinni samkeppni við fiskiskip um afla, en loðna er eina nytjategundin sem er mikilvæg fæða fuglanna. Loðna tveggja ára og eldri var um 70% af heildarþyngd loðnu úr mögum fuglanna en þeir aldursflokkar eru uppistaðan í loðnuveiðum við Ísland. Að auki er mögulegt að át sjófugla á loðnuungviði hafi áhrif á stofnstærð loðnu. Át þessara sex tegunda sjófugla á 171 þús. tonnum af loðnu á þremur mánuðum verður þó að setja í samhengi við stærð loðnustofnsins og árlega veiði síðustu ár á um það bil einni milljón tonna (Hjálmar Vilhjálmsson 1994).

Í öðru lagi gætu sjófuglar hugsanlega haft óbein áhrif á fiskveiðar með því að keppa við nytjastofna um fæðu og hefta þannig vöxt þeirra. Síli, loðna og ljósáta eru helsta fæða margra tegunda nytjafiska við Ísland, en tengsl sjófugla við aðrar tegundir sem nýta sömu fæðu eru of flókin til að þeim séu gerð skil hér. Ályktun okkar er þó sú að áhrif sjófugla á vistkerfi sjávar gætu verið það mikil að nauðsynlegt er að taka tillit til þeirra þegar litið er á heildarmynd af samspili lífvera í hafinu hér við land.

Að lokum viljum við nefna nokkra óvissuþætti sem geta haft áhrif á niðurstöðurnar. Sumarfæða sjófugla getur verið mismunandi á milli ára en það getur m.a. orsakast af

breytingum í útbreiðslu og stofnstærð helstu fæðutegunda. Í því sambandi gæti það hugsanlega breytt miklu ef loðna eða síli yrðu einhverra hluta vegna ekki aðgengileg sem fæða. Fuglarnir þyrftu þá að bæta sér upp tapið með áti á öðrum tegundum en ekkert er vitað um möguleika íslenskra sjófugla til þess að bregðast við slíkum aðstæðum. Stofnstærðir fuglanna eru byggðar á talningum og áætlunum en þörf er á betra mati á fjölda einstaklinga flestra tegunda, einkum á stofnum lunda og fýls og fjölda geldfugla. Hvað orkuþörf fuglanna varðar notum við aðallega erlend gildi, en æskilegt væri að mæla orkuþörf allra tegunda á Íslandi. Orkuinnihald fæðunnar hefur einnig mikil áhrif á mat á heildaráti og því væri best að nota gildi fengin við íslenskar aðstæður.

Þrátt fyrir þessa varnagla teljum við niðurstöður okkar sýna í grófum dráttum heildarátt umræddra tegunda á varptíma. Sjófuglar við Ísland éta hundruð þúsunda tonna af loðnu og síli á hverju sumri og áhrif þeirra á lífríki sjávar við Ísland þarf að rannsaka frekar.

Þakkir

Við þökkum prófessor Arnþóri Garðarssyni fyrir þarfar ábendingar og aðgang að óbirtum gögnum. Áhöfninni á rannsóknaskipinu Dröfn, Hafsteini Guðfinnssyni, Héðni Jónssyni, Guðmundi Aðalsteinssyni, Kjartani Sigmundssyni, Bjarna Magnússyni, Henning Jóhannessyni, Birgi Albertssyni og fleirum þökkum við aðstoð við söfnun sjófugla. Starfsmenn rannsóknastöðvar í Sandgerði fá þakkir fyrir vel unnar greiningar á magasýnum, Kjartan G. Magnússon fyrir lestur handrits og Höskuldur Björnsson fyrir aðstoð við útreikningana.

Heimildir

- Arnþór Garðarsson, 1995. Svartfugl í íslenskum fuglabjörgum. *Bliki* 16: 47-65.
- Arnþór Garðarsson, 1996. Ritbyggðir. *Bliki* 17: 1-16.
- Birt-Friesen, V.L., W. A. Montevecchi, D. K. Cairns, S. A. Macko, 1989. Activity-specific metabolic rates of free-living northern gannets and other seabirds. *Ecology* 70: 357-367.
- Bradstreet, M.S.W., R. G. B. Brown, 1985. Feeding ecology of the Atlantic Alcidae. Í: Nettleship, D.N., T. R. Birkhead, (ritstj.). *The Atlantic Alcidae*. London, Academic Press, 263-318.
- Brekke, B., G. W. Gabrielsen, 1994. Assimilation efficiency of adult kittiwakes and Brünnich's guillemots fed capelin and arctic cod. *Polar. Biol.* 14: 279-284.
- Cairns, D.K., W. A. Montevecchi, V. L. Birt-Friesen, S. A. Macko, 1990. Energy expenditures, activity budgets, and prey harvest of breeding common murrelets. *Studies Avian Biol.* 14: 84-92.
- Clarke, M.R. (ritstj.), 1986. *A handbook for the identification of cephalopod beaks*. Oxford, Clarendon Press, 273 s.
- Cramp, S. (ritstj.), 1985. *The birds of the Western Palearctic*, vol. 4. Oxford, Oxford University Press, 960 s.
- Cramp, S., K. E. L. Simmons (ritstj.), 1977. *The birds of the Western Palearctic*, vol. 1. Oxford, Oxford University Press, 722 s.
- Cramp, S., K. E. L. Simmons (ritstj.), 1982. *The birds of the Western Palearctic*, vol. 3. Oxford, Oxford University Press, 913 s.
- Erpur S. Hansen, Broddi R. Hansen, 1997. Mælingar á orkuneysla stuttnefju (*Uria lomvia*) og langvíu (*U. aalge*) í Látrabjargi með tvímerktu vatni ($^3\text{H}_2^{18}\text{O}$). Þetta rit.
- Furness, R.W., 1978. Energy requirements of seabird communities: a bioenergetics model. *J. Anim. Ecol.* 47: 39-53.
- Gabrielsen, G.W., F. Mehlum, K. A. Nagy, 1987. Daily energy expenditure and energy utilization of free-ranging black-legged kittiwakes. *Condor* 89: 126-132.
- Harris, M.P., J. R. G. Hislop, 1978. The food of young puffins *Fratercula arctica*. *J. Zool.* 185: 213-236.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. *Rit Fiskideildar* 13(1): 1-281.
- Kristján Lillindahl, 1990. Vetrarfæða svartfugla á grunnslóð við Ísland. Óbirt ritgerð við Líffræðiskor Háskóla Íslands, 84s.
- Lockyer, C., 1987. Evaluation of the role of fat reserves in relation to the ecology of North Atlantic fin and sei whales. Í: Huntley, A.C., D.P. Costa, G.A.J. Worthy, M.A. Castellini, (ritstj.): *Approaches to marine mammal energetics*. Lawrence, Allen Press, 183-203.
- Montevecchi, W. A., J. Piatt, 1984. Composition and energy contents of mature inshore spawning capelin (*Mallotus villosus*): implications for seabird predators. *Comp. Bioch. and Physiol. A* 78: 15-20.
- Pakhomov, E.A., R. Perissinotto, 1996. Trophodynamics of the hyperiid amphipod *Themisto gaudichaudi* in the South Georgia region during late austral summer. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 134: 91-100.

Viðauki 1

Útreikningar á hlutfalli fæðuhópa í fuglunum byggjast á því að mældir eru harðir líkamshlutar ferskrar bráðar (sjá aðferðir). Niðurstöðum þeirra mælinga var síðan umbreytt í upprunalega þyngd bráðar með þar til gerðum jöfnum sem eru sýndar í eftirfarandi töflu.

Tegund	Jafna	a	b	r ²	n	Heimild
Loðna 0-gr.	$v = a * tl^b$	$3,7 * 10^{-7}$	3,498	1,00	251	2
Loðna 1 árs +	$v = a * lh^b$	7,543	2,654	0,98	88	1
Síld	$v = a * lh^b$	0,0823	3,1577	0,99	41	1
Ljósáta, <i>M. norvegica</i>	$v = a * ul^b$	0,0004	3,811	0,94	41	1
Ljósáta, <i>T. inermis</i>	$v = a * ul^b$	0,0023	3,381	0,83	34	1
Ísrækja	$v = a * al^b$	0,0048	2,866	0,92	58	1
Síli	$v = a * bb^b$	0,0948	3,437	0,99	253	2
Díflasmokkur	$v = a * gl^b$	0,5194	3,33	-	20	3
Marflær, <i>Gammarus</i> spp.	$v = a * tl^b$	$1,7 * 10^{-5}$	2,978	0,99	56	1
Marflær, Hyperiidea	$v = a * tl^b$	0,020	2,646	0,97	69	4
Burstaormur, <i>N. pelagica</i>	$v = a * e^{b * kl}$	0,0524	0,750	0,94	34	2
Steinbítur	$v = a * bb^b$	0,048	3,766	0,94	40	1
Rækja	$v = a * ul^b$	0,0021	3,022	0,98	62	1

Skýringar: v = upprunaleg votvigt bráðar (g), a = fasti, b = fasti, tl = heildarlengd (mm), lh = lengd aftasta hryggjarliðar (mm), ul = lengd ytri greinar uropoda (mm), al = lengd antennuplötú (mm), bb = breidd öftustu sporðbeina (mm), kl = kjálkalengd (mm), gl = lengd hluta af goggi smokkfisks (mm).
Heimildir: 1 = Þessi rannsókn, 2 = Kristján Lilliendahl 1990, 3 = Clarke 1986, 4 = Pakhomov, Perissinotto 1996.

Upprunaleg þyngd allra algengustu tegunda bráðar var reiknuð út samkvæmt jöfnunum en þyngd sjaldgæfari tegunda áætluð með samburði við svipuð dýr af þekktri þyngd.

Þyngdarhlutfall bráðar (b) í fuglategund (f) á svæði (s) er reiknað á eftirfarandi hátt:

$$P_{bfs} = \frac{\sum_{i=1}^{N_f} \sum_{j=1}^{N_{bfs}} v_{bij}}{\sum_b \sum_{i=1}^{N_f} \sum_{j=1}^{N_{bfs}} v_{bij}}$$

Þar sem P = þyngdarhlutfall, b = tegund bráðar, f = tegund fugls, s = svæði, i = númer fugls, j = númer einstaklings af bráð í fuglsmaga, N_f = fjöldi fugla á svæði og N_{bfs} = fjöldi einstaklinga bráðar (b) í fugli (i).

Meðal orkuinnihald allra tegunda bráðar er:

$$\bar{E}_{fs} = \sum_b P_{bfs} * E_b \quad \text{þar sem } E \text{ er orkuinnihald í kJ/g votvigt.}$$

Neysla (g/dag) hvers einstaklings af tegund (f) á svæði (s) er þá:

$$C_{fs} = \frac{O_f}{\bar{E}_{fs}} = \frac{O_f}{\sum_b P_{bfs} * E_b}$$

þar sem C = neysla einstaks fugls og O = orkuþörf fuglategundar (f) í kJ/dag.

Heildarátt fuglategundar (f) á svæði (s) verður þá:

$$T_{fs} = N_{fs} * C_{fs} \quad \text{þar sem } T \text{ = heildarneysla.}$$

Heildarneysla fuglategundar (f) af bráð (b) á svæði (s) er:

$$T_{bfs} = P_{bfs} * N_{fs} * C_{fs}$$

Heildarneysla allra fugla á öllum svæðum er:

$$T = \sum_f \sum_s T_{fs}$$

Þá verður heildarátt allra fuglategunda á bráð b:

$$T_b = \sum_f \sum_s T_{bfs} = \sum_f \sum_s N_{fs} * P_{bfs} \left(\frac{O_f}{\sum_b P_{bfs} * E_b} \right)$$

Þetta eru útleiðslur fyrir át fuglanna á dag sem síðan eru margfaldaðar með 90 dögum í þessari ritgerð.

Viðauki 2

Tíðni (frequency of occurrence) fæðuhópa í mögum með ferska fæðu skipt eftir fuglategundum og svæðum, í svigum er fjöldi fugla með fæðu á hverju svæði. Töflurnar eru þrískiptar og eru fyrst sýndar tegundir fiska, síðan krabbadýr og loks önnur fæða.

Álka <i>Alca torda</i>	S (26)	V (90)	NV (32)	NA (22)	A (4)
<i>Ammodytes marinus</i>	92,3	68,9	15,6		100
<i>Anarhichas lupus</i>		4,4	6,3		
<i>Clupea harengus</i>	3,9	1,1			
Lumpenidae		1,1			
<i>Mallotus villosus</i> 0-gr.	3,9	22,2		13,6	
<i>Mallotus villosus</i> 1 árs+		22,2	81,3	77,3	
Pleuronectidae			3,1		
Fiskar ógreindir			3,1		
<i>Hyas</i> spp. lírfur		1,1			
Decapoda lírfur			3,1		
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	3,9	10		9,1	
<i>Thysanoessa inermis</i>	3,9	50	56,3	40,9	
<i>Thysanoessa raschi</i>		1,1			
<i>Gammarus wilkitzki</i>			3,1		
<i>Themisto abyssorum</i>			3,1		
<i>Themisto gaudichaudi</i>		1,1			
Hyperidea		1,1			
Copepoda		1,1			
<i>Gonatus fabricii</i>		1,1	15,6		
<i>Nereis pelagica</i>		2,2			
Langvía <i>Uria aalge</i>	S (33)	V (94)	NV (85)	NA (31)	A (17)
<i>Ammodytes marinus</i>	81,8	53,2	4,7	6,5	94,1
<i>Anarhichas lupus</i>		6,4	2,4	3,2	
<i>Clupea harengus</i>	3	1,1			
<i>Micromesistius poutassou</i>	15,2				
<i>Mallotus villosus</i> 1 árs+	6,1	30,9	88,2	90,3	17,7
Fiskseiði ógreind		1,1			
<i>Hyas</i> spp. lírfur		3,2			
<i>Pagurus</i> spp. lírfur		3,2			
<i>Pandalus</i> spp. lírfur		2,1			
Decapoda lírfur		2,1			
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	3	11,7		22,6	
<i>Thysanoessa inermis</i>	3	23,4	20		
Euphausiacea		1,1			
<i>Gammarus wilkitzki</i>		1,1	2,4		
Gammaridea		1,1			
<i>Themisto abyssorum</i>			2,4		
<i>Themisto libellula</i>			2,4		
<i>Themisto</i> spp.		1,1	1,2		
Hyperidea	3		1,2		
Copepoda		1,1			
<i>Gonatus fabricii</i>		19,2	14,1	3,2	35,3
<i>Nereis pelagica</i>		1,1			

Stuttnefja <i>Uria lomvia</i>	S	V (39)	NV (55)	NA (2)	A (5)
<i>Ammodytes marinus</i>		43,6			20
<i>Anarhichas lupus</i>		7,7	3,6		20
<i>Mallotus villosus</i> 1 árs+		30,8	52,7	50	
Decapoda lírfur			1,8		20
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>		5,1	1,8		20
<i>Thysanoessa inermis</i>		48,7	38,2	50	100
<i>Gammarus wilkitzki</i>		46,2	40		
<i>Pseudalibrottes nanseni</i>			3,6		
Lysianassidae		18	7,3		
Gammaridea		5,1	3,6		
<i>Themisto abyssorum</i>			18,2	50	
<i>Themisto libellula</i>			27,3		
<i>Themisto</i> spp.			10,9		20
Hyperidea		2,6			
<i>Gonatus fabricii</i>		30,8	18,2		

Lundi <i>Fratercula arctica</i>	S (51)	V (53)	NV (22)	NA (28)	A (25)
<i>Ammodytes marinus</i>	86,3	66	9,1		48
<i>Anarhichas lupus</i>	2	3,8			12
Lumpenidae		3,8		7,1	8
<i>Mallotus villosus</i> 0-gr.	23,5	18,9	13,6	14,3	4
<i>Mallotus villosus</i> 1 árs+	2	24,5	18,2	78,6	4
Fiskar ógreindir		1,9	4,6		
<i>Hyas</i> spp. lírfur		1,9			
<i>Pagurus</i> spp. lírfur		1,9			
Decapoda lírfur		3,8			8
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	7,8	5,7		14,3	4
<i>Thysanoessa inermis</i>		22,6	9,1	7,1	84
<i>Thysanoessa raschi</i>					20
<i>Gammarus wilkitzki</i>		7,6	22,7		
Lysianassidae		1,9			
Gammaridea				3,6	
<i>Hyperia galba</i>	2				
<i>Hyperia medusarum</i>			4,6		
<i>Themisto abyssorum</i>				7,1	12
<i>Themisto libellula</i>		1,9	54,6	17,9	4
<i>Themisto</i> spp.			50	10,7	8
Hyperidea		1,9	13,6	7,1	4
Amphipoda			4,6		
<i>Calanus finmarchicus</i>	2				
Ostracoda					8
<i>Gonatus fabricii</i>	2	5,7	18,2		16

Rita <i>Rissa tridactyla</i>	S (23)	V (65)	NV (65)	NA (22)	A (8)
<i>Ammodytes marinus</i>	60,9	43,1	1,5		37,5
<i>Boreogadus saida</i>		1,5			12,5
<i>Clupea harengus</i>			1,5		
<i>Hippoglossoides platessoides</i>			1,5		
Myctophidae					
<i>Mallotus villosus</i> 0-gr.	65,2		9,2		
<i>Mallotus villosus</i> 1 árs+		63,1	75,4	100	37,5
<i>Hyas</i> spp. lírfur			18,5		
<i>Hymenodora glacialis</i>			9,2	9,1	
Natantia			1,5	4,6	
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	4,4			18,2	12,5
<i>Thysanoessa inermis</i>		7,7	6,2	18,2	37,5
<i>Gammarus wilkitzki</i>		1,5			
<i>Hyperoche medusarum</i>			1,5	4,6	
<i>Themisto abyssorum</i>			1,5	4,6	37,5
<i>Themisto gaudichaudi</i>			1,5		
<i>Themisto libellula</i>		3,1	10,8	4,6	
<i>Themisto</i> spp.		3,1	6,2		
Hyperidea		4,6	4,6		
Calanoida			1,5		
Ostracoda			1,5		
<i>Gonatus fabricii</i>		1,5	3,1		
<i>Nereis pelagica</i>		1,5	7,7		

Fýll <i>Fulmarus glacialis</i>	S (43)	V (45)	NV (39)	NA (18)	A (19)
<i>Ammodytes marinus</i>	48,8	37,8	5,1		
<i>Argentina silus</i>	4,7				
<i>Gadus morhua</i>				5,6	
<i>Micromesistius poutassou</i>	23,3				
Gadidae	4,7				
<i>Mallotus villosus</i> 0-gr.			2,6		
<i>Mallotus villosus</i> 1 árs+	2,3	2,2	25,6	27,8	36,8
<i>Lycodes</i> spp.			5,1		
Myctophidae	2,3				
<i>Sebastes marinus</i>	2,3		2,6	11,1	5,3
<i>Sebastes</i> spp.	2,3				
Fiskar ógreindir	11,6	4,4	2,6	5,6	10,5
Fiskaegg			28,2		
<i>Nephrops norvegicus</i>	2,3				
Brachyura		2,2			
<i>Pagurus</i> spp.		2,2			
<i>Pandalus borealis</i>			10,3	16,7	42,1
<i>Hymenodora glacialis</i>			12,8	5,6	5,3
Natantia		2,2	5,1		5,3
<i>Meganyctiphanes norvegica</i>	23,3		2,6	50	5,3
<i>Thysanoessa inermis</i>		8,9	18	5,6	57,9
Euphausiacea	2,3				
<i>Gammarus wilkitzki</i>		2,2			
<i>Pseudalibrotos glacialis</i>		2,2			
<i>Pseudalibrotos</i> spp.			5,1		
Lysianassidae		6,7			
Gammaridea		24,4	15,4		
<i>Hyperia galba</i>		2,2			
<i>Hyperoche medusarum</i>		2,2	2,6		
<i>Themisto abyssorum</i>	2,3	2,2	2,6	5,6	5,3
<i>Themisto gaudichaudi</i>	4,7				
<i>Themisto libellula</i>		11,1	20,5	16,7	21,1
<i>Themisto</i> spp.	7	6,7	7,7	16,7	5,3
Hyperiiidea		6,7	23,1	5,6	
Cirripedia			2,6		
<i>Calanus finmarchicus</i>		2,2	2,6		
<i>Calanus hyperboreus</i>			2,6	5,6	
<i>Calanus</i> spp.		4,4			
<i>Euchaeta glacialis</i>			2,6		
<i>Euchaeta</i> spp.		2,2			
<i>Chiridius armatus</i>			2,6		
Calanoida		2,2			
Harpacticoida			15,4		
Copepoda	4,7	11,1	5,1		5,3
Ostracoda		2,2	23,1		
Crustacea		4,4	41		
<i>Gonatus fabricii</i>		2,2			
Hydrozoa			2,6		
Egg ógreind		6,7			
Innyfli fiska	7	2,2	5,1	11,1	10,5
Grútur		20			

Mælingar á orkuneyslu stuttnefju (*Uria lomvia*) og langvíu (*U. aalge*) í Látrabjargi með tvímerktu vatni ($^3\text{H}_2^{18}\text{O}$)

Erpur Snær Hansen og Broddi Reyrr Hansen

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Koltvísýringsframleiðsla og vatnsflæði var mælt hjá stuttnefjum og langvíum sem lágu á eggjum í Látrabjargi í júní 1995. Notast var við styrklækkun "merktra" samsæta ($^3\text{H}_2^{18}\text{O}$) vetnis og súrefnis. Þetta verkefni er frumraun þessarar aðferðar hérlendis, en þessi aðferðafræði hefur haslað sér völl sem besta aðferðin sem völ er á til mælinga á orkuneyslu frjálsra dýra í náttúrunni. Fuglarnir voru veiddir og sprautaðir með samsætunum og sleppt. Að meðaltali tveim sólarhringum seinna voru þeir endurveiddir og blóðsýni tekið. Styrkur samsætanna var mældur í öreindahraðli og styrklækkun fengin með samanburði milli upphafsstyrks og lokasýnis. Súrefni tapast úr líkamanum bæði sem CO_2 og vatn. Þegar orkuinnihald fæðu er þekkt þá er CO_2 framleiðsla beinn mælikvarði á orku og fæðuneyslu. Vetnissamsætan tapast eingöngu í vatni, sem gefur súrefnistapið bundið í vatni. Afgangur súrefnistapsins er því bundinn í koltvísýringsframleiðslu Krebs hringsins. Í upphafi rannsóknarinnar var náttúrulegur styrkur samsætanna þrímældur úr tveim fuglum af hvorri tegund. Meðalstyrkur ^{18}O var 0,2130 atóm %, eða óvenju hár, vanalega er náttúrulegur styrkur ^{18}O á bilinu 0,2000-0,2030 atóm %. Þegar ^{18}O styrkurinn í fuglum nálgast náttúrulegan styrk verður til skekkja í útreikningi CO_2 sem eykst eftir því sem munurinn er minni. Gerð var næmnigreining á útreikningi CO_2 þar sem athugað var hve mikil breyting yrði á útreikningi CO_2 með því að hækka annarsvegar og lækka hinsvegar náttúrulegan styrk um 1%. Þessi athugun var lögð til grundvallar vali okkar á mælingum til útreiknings meðaltala. Stuttnefjur í Látrabjargi á eggjum framleiða $4,42 \pm 1,31 \text{ mL CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$, ($n=7$) eða marktækt meira ($t=5,649$, $P<0,01$) en langvíur á unga í N-Noregi framleiða, ($3,35 \pm 0,86 \text{ mL CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$, $n=11$, Gabrielsen 1996). Tími fuglanna út á sjó er óþekktur í þessum byggðum en vegalend norsku fuglanna á fæðumiðin er óþekkt. Langvíur í Látrabjargi á eggjum framleiða $2,74 \pm 1,202 \text{ mL CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$, ($n=4$), sem er marktækt minna en stuttnefjurnar í þessari rannsókn ($t=4,379$, $P<0,01$) og norsku langvíurnar ($t=2,549$, $P<0,05$). Einn fugl af hvorri tegund var mældur á nýklöktum unga og var CO_2 framleiðsla, stuttnefja; $3,43 \pm 0,282 \text{ mL CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$, ($n=2$), en langvía $5,07 \text{ mL CO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1}$, ($n=1$). Sýnastærð leyfir ekki tölfræðilegan samanburð, en stuttnefju mælingarnar endurspeglar mikið tap á líkamsþyngd sem á sér stað við klak en ekki "hefðbundna" orkuneyslu við ungaeldi. Ef gert er ráð fyrir 50:50 fæðusamsetningu loðnu (*Mallotus villosus*) og sílis (*Ammodytes* spp.) og 80% orkunýtingu fæðunnar, þá fást 5,0 kJ g^{-1} fæðu. Umbreyttistudullinn er $26,1 \text{ J mL CO}_2^{-1}$. Orkuneysla stuttnefja er samkvæmt þessu $2683 \pm 883 \text{ kJ d}^{-1}$ ($n=7$) og á unga $2117 \pm 333 \text{ kJ d}^{-1}$ ($n=2$). Þetta samsvarar 497 g af fæðu (blautvigt) á dag eða 56% af líkamsþyngd sinni á dag (á eggjum). Fæðuneysla reiknuð út frá vatnsflæði leyfir samanburð við orkuneyslu reiknaða með CO_2 framleiðslu. Hjá stuttnefjum sem liggja á eggjum munar 13,3% á milli þessara tveggja mælinga. Á sama hátt var orkuneysla langvía á eggjum $1770 \pm 818 \text{ kJ d}^{-1}$ ($n=4$) og á unga 3088 kJ d^{-1} ($n=1$), -27,5% munur var á milli mælinga en sýnastærð að sama skapi lítil. Samsvarandi fæðuneysla langvía á eggjum er 341 g eða 33% af líkamsþunga daglega. Stofnfæðuneysla varpstofns stuttnefju á Íslandi yfir eggjatímam er áætluð með eftirfarandi útreikningi: 1100 tonn lífmassi x 0,56 kg fæðu d^{-1} x 30 daga álega = 18.480 tonn. Samskonar útreikningur fyrir langvíu er: 2000 tonn lífmassi x 0,31 kg fæðu d^{-1} x 30 daga álega = 19.800 tonn. Með þessum gögnum einum er óraunhæft að framreikna fæðuneyslu á ársgrundvöll, en ljóst er að stærðargráðan liggur líklega á bilinu 400.000-650.000 tonn.

Inngangur

Markmið þessa verkefnis var að mæla orkunotkun tveggja stærstu svartfuglategundanna í Látrabjargi ($65^{\circ}29'N$, $24^{\circ}28'V$). Tvær tegundir, stuttnefja (*Uria lomvia*) og langvía (*U. aalge*) voru teknar til athugunar. Forsendur þessa tegundavals voru þær að stofnar þessara tegunda eru stórir hér við land, (Arnhórr Garðarsson 1995), eru þyngstir allra svartfugla (um 1 kg) og hlutfallslega þungir samanborið við aðrar sjófuglategundir hérlendis. Lífmassi þeirra hérlendis er um 2000 tonn (langvía) og 1100 tonn (stuttnefja), Sandsíli (*Ammodytes* spp.) er aðalfæða þeirra yfir varptímam (að minnsta kosti fyrir ungann), Þessar tegundir eru þekktar fyrir mikla orkueyðslu yfir ungatímam, eða fæðuneyslu sem samsvarar að meðaltali um 41% af líkamsþyngd þeirra daglega (Gabrielsen 1996). Þær hafa hæsta vænghleðslu allra fugla sem gerir flug þeirra sérstaklega orkufrekt (Pennycuick 1987). Þar sem þær fljúga fremur langt í fæðuleit, vakna upp

spurningar um hvort orku- og tímabúskapur stutt- og langvíu foreldra sé þröngum takmörkunum háð. Lífshættir þeirra eru sérstakir þar sem unginn fer út á sjó þegar hann er aðeins um fjórðungur af þyngd foreldranna. Sú tilgáta hefur verið sett fram að foreldrarnir geti ekki alið önn fyrir unganum upp í fullorðinsstærð í bjarginu. Mælingar á orkuneyslu eru einn liður í tilraunum til að svara spurningum um takmörkun afkvæmafjölda og stjórnun vaxtarferla. Sjófuglar eru heppilegt rannsóknarviðfang með tilliti til þessa þar sem þeir verpa flestir aðeins einu eggi.

Þáttur sjófugla í vistkerfi hafsins í kringum Ísland hefur verið stórlega vanrækt rannsóknarefni. Aðeins þarf að benda á stofnstærð lunda (*Fratercula arctica*) 2-3 milljón pör og 2-3000 tonna lífmassi, álku (*Alca torda*) 400.000 pör eða 480 tonn (Arnþór Garðarsson 1995), og fýls (*Fulmarus glacialis*) 5-10 milljón pör eða um 8-16.000 tonn, til viðbótar við víurnar, til þess að gera sér grein fyrir stærðargráðunni. Rannsókn sem þessi hefur því umtalsvert gildi fyrir þekkingu okkar á samskiptum stofna í hafinu.

Foreldrar skiptast á að liggja á eggi eða unga og að fara í fæðuöflunarferðir. Talsverður breytileiki er í tímabúskapnum, og ræðst það sjálfsagt að stórum hluta af meðal vegalengd á fæðumiðin. Í vörpum þar sem tiltölulega langt er á miðin liggur annað foreldrið á egginu í sólarhring samfleytt á eggjatímanum, og fer síðan í um sólarhrings fæðuöflunarferð. Mikill hluti af veiðiferðinni (5-10 klst.) fer í að sitja á sjónum og melta veidda fæðu og fljúga fuglarnir til baka í bjargið með tóman maga. Eftir að eggjið klekst u.þ.b. tvöfaldast tíðni skiptinganna, hvort foreldri er þá í um 12 klukkustundir hjá unga og fer síðan í um 12 tíma veiðiferð (Arnór Sigfússon 1985, Verspoor o.fl. 1987). Þessari rannsókn var sérstaklega beint að orkuneyslu á eggjatímanum með samanburð við unगतímann að markmiði (Gabrielsen 1996).

Þekkt er að stuttnefju foreldrar (Croll o.fl. 1991, Gaston og Perin 1993) þyngjast yfir álegutímann og „losa“ sig við 5-10% af líkamsþyngd (fitu) þegar unginn klekst. Tíðni fæðuöflunarferða eykst að sama skapi (skiptingar á sólarhringsfresti) eftir klak og hefur verið sett fram sú tilgáta að þyngdartapið spari foreldrunum orku í veiðiferðum, þar sem minni þyngd þarf að bera á flugi (Blem 1976, Norberg 1981, Croll o.fl. 1991). Þar sem flug þessara tegunda er orkufrekasti þáttur í atferli þeirra eða um 12 mL CO₂ g⁻¹ h⁻¹ (Erpur S. Hansen og Broddi R. Hansen óútgefið) er raunhæft að gera ráð fyrir að þær reyni að spara sem mesta orku við flugið í ungaeldi, þar sem kostnaðarsamara flug kostar fuglana meiri tíma en ella til þess að afla fæðu fyrir sjálfa sig. Við náðum að mæla orkuneyslu eins stuttnefju foreldris á meðan þyngdartap stóð yfir.

Aðferðir

Risavarpíð Látrabjarg er stærsta fuglabjarg Íslands og í N-Atlantshafi og er með um fjórðung íslenskra varpstofna viðkomandi tegunda og þótti því ákjósanlegt staðarval til þessara rannsókna. Þar verpa 298.000 pör af langvíu og 118.000 pör af stuttnefju (Arnþór Garðarsson 1995). Athuganir okkar fóru fram í Ritugjá við Bjargtangavita í júní 1995 á eggjatíma.

Átta stuttnefjum var náð á eggi, af þessum átta voru sjö endurveiddar, þrjár einu sinni, tvær tvisvar, ein þrisvar og ein fjórum sinnum, samtals var fjórtán sinnum endurveitt. Ein stuttnefja var tekin á nýklöktum unga (fugl nr. 13) og endurveidd þrisvar.

Tíu langvíum var náð á eggi, en aðeins fjórar þeirra endurveiddust, þrjár einu sinni og ein tvisvar. Til viðbótar var ein langvía tekin á nýklöktum unga (fugl nr. 19) og endurveidd þrisvar.

Eftir að fuglunum hafði verið náð urðu þeir varir um sig, sérstaklega langvíurnar, sem eru „félagslyndari“ og verpa þétt í hópum og á stærri syllum en stuttnefjurnar, sem oftast verpa fáar saman á litlum hæpnum syllum. Langvíurnar möggnuðu frekar upp árvekni meðal sín heldur en stuttnefjurnar. Þessi mismunur á milli tegundanna sést á endurheimtunum. Annað vandamál tengt því að framkvæma rannsóknina á eggjatímanum var að foreldrar beggja tegunda voru fremur reiðubúnir að yfirgefa egg en unga, sem sést á því að fuglar með unga náðust oftast en fuglar á eggi.

Aðferðin til mælinga á orkuneyslu sem notast var við kallast „Doubly Labelled Water“ (DLW) á ensku (Lifson og McClintock 1966, Nagy 1980, Nagy og Costa 1980) eða mæling á efnaskiptahraða með tvímerktu vatni. Hugmyndin að baki aðferðinni er einföld; súrefni tapast bæði í koltvísýringi (CO₂) og vatni (H₂O) úr líkamanum, en vetni tapast einvörðungu bundið í vatni. Fuglarnir voru sprautaðir með samsætum af bæði vetni og súrefni (³H og ¹⁸O). Upphafsstyrkurinn eftir að samsætturnar hafa blandast líkamsvatni fuglanna í um klukkustund er mældur í blóðsýni. Fuglunum var síðan sleppt og þeir endurveiddir eins oft og hægt var til blóðsýnatöku. Lækkunin í styrk samsætanna er beinn mælikvarði á hlutfallslegt tap samsætanna úr líkamanum.

Heildarvatnsinnihald líkamans var reiknað útfrá þynningar rúmtaki ¹⁸O samsætunnar (Nagy og Costa 1980). Við notuðum meðaltal fyrir hvora tegund til útreikninga á vatnsinnihaldi fyrir alla einstaklinga. Þetta meðaltal var byggt á sýnum úr þeim einstaklingum sem sýndu samkvæmni í mælingum. Þeim einstaklingum sem sleppt var í útreikningi á meðaltalinu höfðu líklega orðið fyrir leka eftir sprautun og því um ofmat að ræða.

Við endurveiði voru fuglarnir vigtaðir og blóðsýni tekin úr æð í fæti í þar til gerðar glerpípur (e: heparinized microhematocrit tubes) sem var innsiglið með því að bræða báða endana með gasloga á vettvangi. Þessi rör voru geymd við 5°C frá söfnunardegi.

Vatnið í þessum blóðsýnum var einangrað með eimun í lofttæmi. Þetta vatn var svo notað til mælinga á styrk þrívætnis með vökva sindurteljara (e: liquid scintillation spectrometry) og styrk ¹⁸O með svokallaðri „prótónu virkjunar greiningu“ í öreindahraðli (e: proton activation analysis), (Wood o.fl. 1975). Eimingar og samsætu greiningar voru gerðar undir yfirumsjón K. A. Nagy við Kaliforníu háskóla í Los Angeles.

CO₂ framleiðsla var reiknuð með jöfnu Ricklefs o.fl. (1986) sem gefur sömu niðurstöður og jafna (2) í Nagy (1980) nema í undantekningartilfellum. Gegnumflæði vatns var reiknað með jöfnu (4) í Nagy og Costa (1980), að þeirri forsendu gefinni að hlutfallslegt vatnsinnihald breyttist ekki á athugunartímanum (Nagy 1980). Koltvísýringur er afurð bruna í líkamanum (Krebs hringurinn). Ef efnasamsetning fæðunnar (hlutföll fitu, próteina og sykurs) og meltingarnýtni er þekkt þá er koltvísýringismagn sem er framleitt með því að brenna ákveðnu magni af fæðu einnig þekkt.

Í byrjun rannsóknarinnar var náttúrulegur styrkur samsætanna mældur með því að taka blóð úr tveim fuglum af hvorri tegund. Þegar ¹⁸O styrkurinn í fuglunum nálgast náttúrulegan styrk ¹⁸O, sem gerist þegar líða tekur á rannsóknina þar sem samsætan þverr í líkamanum, verður til skekkja sem er fall af mismuninum. Því stærri skekkja (ofmat) því minni er mismunurinn. Ástæðan fyrir því að ¹⁸O veldur þessu er að þessi samsæta þverr hraðar en þrívætnið og nálgast náttúrulegan styrk því fyrr. Því hærri sem náttúrulegur styrkur ¹⁸O er þeim mun fleiri sýni en ella eru líklegri til þess að verða ofmetin. Náttúrulegur styrkur ¹⁸O í þessari rannsókn var óvenju hár. Fyrirhugað er að endurstyrkmæla þessi sýni með massagreini sem gefur einnig nákvæmari niðurstöður en öreindahraðallinn. Af þessum sökum verða þær niðurstöður sem hér eru birtar að skoðast í þessu ljósi. Vandamálið felst í að ákvarða hvaða sýni teljast “örugg” og hver ekki. Gerð var næmnigreining á útreikningi CO₂ framleiðslu m.t.t. hve nálægt lokastyrkur var frá náttúrulegum styrk. Þetta var gert með því að reikna hver útkoma yrði í útreikningunum ef náttúrulegur styrkur var annarsvegar aukinn og hinsvegar minnkaður um 1%. Þau gildi sem breytast mest við þessa næmnigreiningu geta ekki talist jafn trúverðugar niðurstöður eins og þau sem breytast minna. Í þessari rannsókn var einnig tekið tillit til hvort einstaklingar væru mismunandi að þessu leiti. Þetta var gert með því að reyna að endurveiða hvern einstakling sem oftast og er þetta gagnasett það stærsta sem hefur verið aflað til þessa. Gildi þessara mælinga hafa töluverða þýðingu fyrir túlkanir á niðurstöðum þessarar aðferðar almennt.

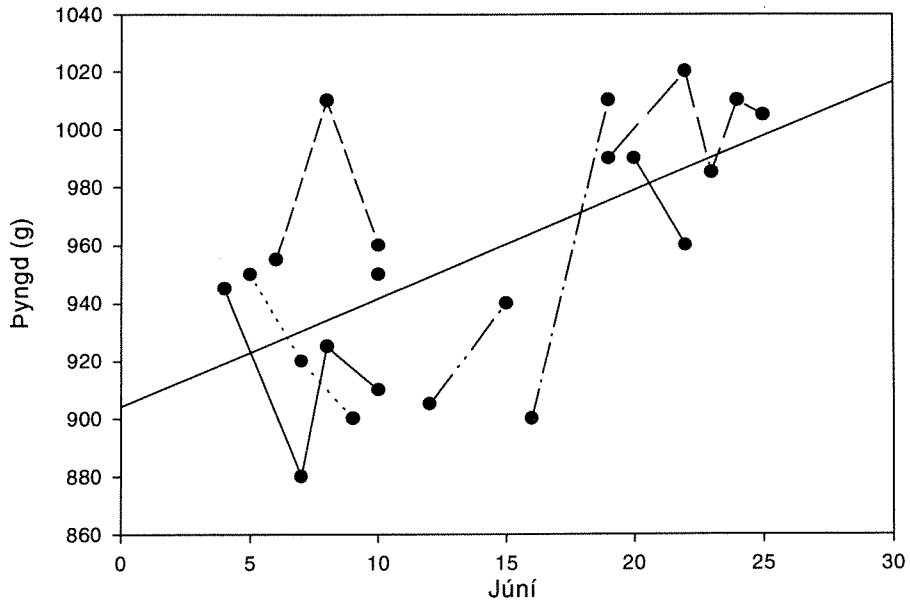
CO₂ framleiðsla var umbreytt í orkuneyslu (kJd⁻¹) með því að nota fastan 0.0261 kJ mLCO₂⁻¹ (Schmidt-Nielsen 1975), þar sem gert var ráð fyrir 50:50 hlutfalli sandsflis og loðnu í

fæðunni. Byggir þessi tala á eftirfarandi efnasamsetningu: *sandsíli*; 70,7% vatn, 6,7% fita og 15,0% prótein, *loðna*; 76,2% vatn, 6,6% fita, 15,2% prótein og 1,9% aska (Barrett o.fl. 1987, Gabrielsen 1996). Þessir útreikningar eru gerðir til athugunar á samræmi á fæðuneyslu byggða á CO₂ framleiðslu og mælds vatnsflæðis. Vatnsflæði inn í líkamann gefur fæðumagn þegar vatnsinnihald fæðu er þekkt, að því gefnu að fuglarnir drekki ekki sjó. Ef lítill munur er á þessum tveim tölum þá stenst sú forsenda og allt innstreymi vatns kemur því eingöngu úr fæðunni (Nagy 1980). Fæðuneyslan er byggð á þeirri forsendu að 80% af orku fæðunnar sé nýtt (e: assimilation efficiency) (Brekke og Gabrielsen 1994). Sandsíli inniheldur 21,35 kJ g⁻¹ (þurrvigt) og 71% vatn. Loðna inniheldur 26,25 kJ g⁻¹ (þurrvigt) og 76,2% vatn. Þannig að umreiknað yfir í blautvigt inniheldur 50:50 blanda af sandsíli og loðnu 6,25 kJ g⁻¹ og af þessu eru 5,00 kJ g⁻¹ fuglunum nýtanleg. Þess skal getið að orkuinnihald sandsílis, loðnu og einnig síldar (*Clupea harangus*) er mjög breytilegt eftir árstíma og fylgir árstíðabundnum breytingum á fituinnihaldi (Hislop o.fl. 1991).

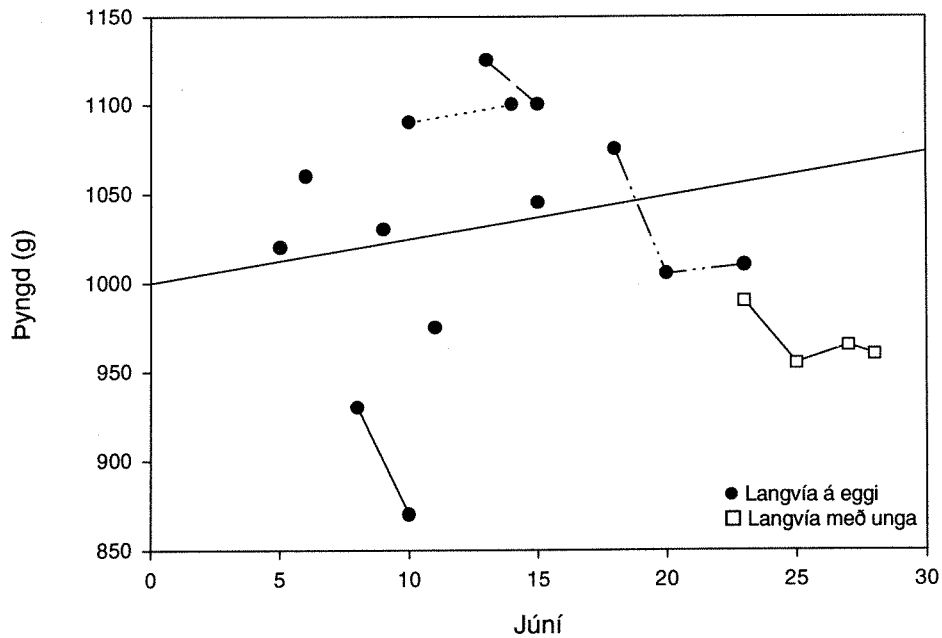
Niðurstöður og umræður

Meðal tímalengd mælinga stóð yfir í um tvo daga hjá báðum tegundunum. Á þessum tíma sátu fuglarnir á eggjum eða unga og fóru í fæðuöflunarferðir. Fuglarnir fara út á sjó og éta og byggja upp fitubirgðir og auka líkamsþyngd, síðan tapa þeir þyngd í álegu með því að brenna fituforðanum. Þar sem mælingatímabilið er að jafnaði tveir dagar þá eru þyngdarbreytingar háðar því hvenær fuglunum er náð í vaktaskiptamynstrinu. Þess vegna má reikna með því að þyngdarbreytingar í álegu séu vanmetnar um allt að helming þar sem um meðaltal þyngdaraukningar og taps yfir tvo daga er oftast að ræða, samanborið við einn dag í ungaeldi (Gabrielsen 1996). Dagleg þyngdarbreyting stuttnefju var að meðaltali -0,03 ± 2,379 % d⁻¹, eða -0,36 ± 22,57 g d⁻¹ (n = 14), (1. tafla) og langvíu -1,46 ± 1,73 % d⁻¹, eða -14,88 ± 17,15 g d⁻¹ (n = 5), (2. tafla). Til samanburðar voru þyngdarbreytingar langvíu í ungaeldi á Hornøya í Noregi: 0,25 ± 2,99 % d⁻¹, 2,0 ± 21 g d⁻¹ (n = 22), (Gabrielsen 1996).

Þyngdarbreytingar yfir álegutímamann sýna tilhneigingu til aukningar hjá báðum tegundum (1. og 2. mynd). Þessi tilhneiging er á mörkum marktækni hjá stuttnefju en ómarktæk hjá langvíu, en það kemur ekki á óvart þar sem sýnastærð var lítil og áhrif breytileika milli og innan einstaklinga er talsverð. Aðhvarfssjafna breytinga á líkamsþyngd stuttnefju yfir álegutímamann er: Þyngd = 931 + 1,455 mánaðardagur júní, R² = 7,6%, ómarktækt, n = 8, þegar aðeins var notuð upphafsmæling hvers einstaklings. Hinsvegar varð aðhvarfssjafnan marktæk þegar endurmælingar voru teknar með: Þyngd = 907 + 4,748 mánaðardagur júní, P < 0,001, n = 22 mælingar, (1. mynd). Samkvæmt fyrri aðhvarfsjöfnunni nemur þessi þyngdaraukning um 43 g yfir 30 daga álegutíma, en þeirri seinni 142 g. Sambærileg þyngdaraukning langvíu er: Þyngd = 981 + 5,06 mánaðardagur júní, R² = 14,6%, óm., n = 9 einstaklingar). Að meðteknum endurmælingum er aðhvarfssjafnan: Þyngd = 1000 + 2,450 mánaðardagur júní, R² = 3,28%, ómarktækt. Samkvæmt jöfnunum tveim eykst líkamsþyngd um 152 g í þeirri fyrri og 74 g í þeirri seinni, yfir 30 daga álegu (2. mynd). Þessar niðurstöður bjóða ekki upp á áráðalegar spár en báðar tegundirnar virðast vera að afla meiri orku en þær brenna yfir áleguna sem endurspeglast í “umfram” fituforða.



1. mynd. Þyngdarbreytingar stuttnefja (*Uria lomvia*) á eggjatíma. (Pyngd = 907 + 4,748 Dagsetning, $R^2 = 37,5\%$, $P < 0,001$, 22 mælingar). Ef sömu einstaklingar eru mældir oftar en einu sinni er línutenging á milli mælipunktanna.

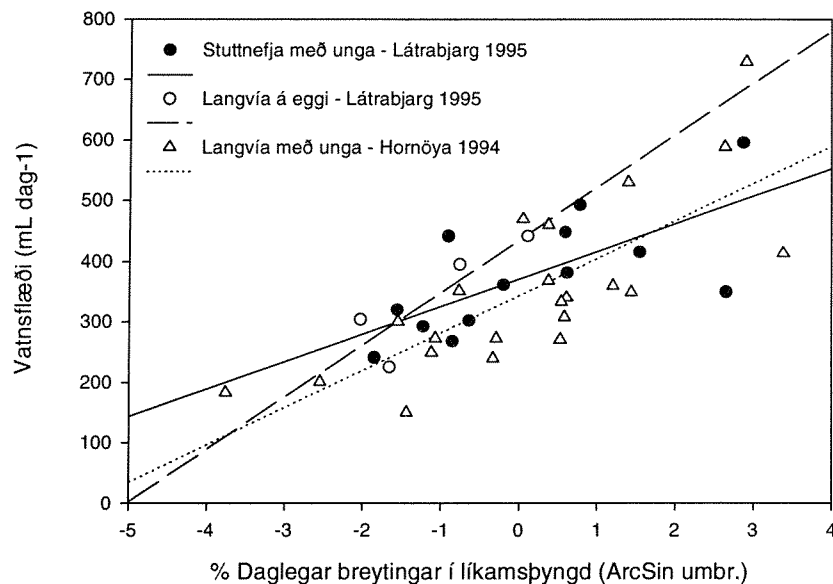


2. mynd. Þyngdarbreytingar langvíu (*Uria aalge*) yfir álegutímann. Aðhvarfslínan er reiknuð útfra fuglum á egg (Pyngd = 1000 + 2,450 Dags., $n = 14$, $R^2 = 3,28\%$ af breytileikanum er skýrður með línunni, ómarktækt). Ef sömu einstaklingar eru mældir oftar en einu sinni er línutenging á milli mælipunktanna.

Í höfuðatriðum eru niðurstöðurnar fyrir a.m.k. stuttnefju í samræmi við erlendar niðurstöður (t.d. Croll o.fl. 1987). Samkvæmt þessu ætti meðaltal daglegra þyngdarbreytinga fyrir langvíu. Ætti því að vera með jákvæðu formerki. Ástæðan fyrir því er líklega sú að fáar mælingar

voru oftast teknar þegar fuglarnir höfðu tapað frekar, en bætt við þyngd. Að öðru leyti eru meðalþyngdarbreytingar og breytileiki í þeim áþekkur á eggjatíma milli tegundanna og sömuleiðis milli stuttnefju á eggjatíma og langvíu á unगतíma í Noregi (Gabrielsen 1996). Þetta segir aðeins hálf söguna eins og áður segir því þyngdarbreytingar í álegu eru líklega vanmetnar þar sem um tveggja daga meðaltöl er að ræða. Samkvæmt þessu ættu þyngdarsveiflur að vera meiri í álegu en á unगतíma, en tíðni þeirra að sama skapi lægri.

Með því að athuga samband innflæðis vatns (fæðumagns) og þyngdarbreytinga (3. mynd), sem er einnig tveggja daga meðaltal fyrir fugla á eggji sést að fuglarnir þurfa að éta u.þ.b. tvöfalt meira í hverri veiðiferð og hljóta því að dvelja lengur úti á sjó í álegu en í ungaeldi, þar sem þekkt er að þeir fasta í einn dag (vakt) í álegu á móti hverri veiðiferð. Þessi vaktatilhögun jafnar út bæði þyngdarbreytingar og vatnsinnflæði.



3. mynd. Samband vatnsflæðis og breytinga á líkamsþyngd. Ungagögn frá Noregi (Hornöya) eru frá Gabrielsen (1996). Vatnsflæðið er mælikvarði á fæðumagn. Sjá skýringar í megintexta.

Þrjár mælingar voru gerðar í Látrabjargi á hvorri tegund í ungaeldi, í báðum tilfellum var sami einstaklingur mældur þrisvar. Stuttnefja nr. 13 var þyngsta stuttnefjan í þessari rannsókn og var að klekja eggji sínu þegar henni var náð fyrst. Þessi fugl var á „góðum“ varpstað uppi við bergið og var þyngst allra stuttnefja sem við mældum. Hún hafði verið merkt í Látrabjargi 1992 og því a.m.k. orpið fjórum sinnum og allavega níu ára gömul þar sem víur hefja varp um fimm ára aldur (Hudson 1985). Klakið átti sér stað 15. júní þegar aðeins um 5% para í Ritugjá hafði klakið eggjum sínum. Fuglinn tapaði 95 g á 17,3 klukkustundum (-8,71% af líkamspunga sínum) eða $131,57 \text{ g d}^{-1}$. Lækkaði vænghleðsla hennar úr $1,74$ í $1,59 \text{ g cm}^{-2}$ (-8,62%). Meðal vænghleðsla stuttnefja á eggjatíma var $1,61 \pm 0,104 \text{ g cm}^{-2}$ ($n = 22$).

Langvía nr. 19 var veidd á nokkurra daga gömlum unga 23. júní og því þyngdartapið líklega yfirstaðið þegar henni var náð. Aðeins ein önnur langvía var jafn létt og hún (nr. 6). Þessi fugl hafði verið merktur árið 1993 og því orpið a.m.k. þrisvar og allavega átta ára gamall. Meðal vænghleðsla hennar var $1,77 \pm 0,031 \text{ g cm}^{-2}$ ($1,75$ - $1,82 \text{ g cm}^{-2}$) ($n = 4$) eða 4,83% lægri en meðal vænghleðsla langvía á eggjatíma $1,86 \pm 0,103 \text{ g cm}^{-2}$ ($n = 14$).

Náttúrulegur styrkur ^{18}O (meðaltal meðaltala fyrir fjórar víur, tvær af hvorri tegund, en hver þeirra var þrímæld) var 0,2108 atóm% og 28 cpm (e. count per minute) fyrir þrívetni. Náttúrulegur styrkur ^{18}O í þessari rannsókn var með því hæsta sem mælst hefur í rannsóknum af sama toga, en hann er yfirleitt á bilinu 0,2000 til 0,2030 atóm%. Niðurstöður næmnigreiningar má sjá á 3. mynd. Þær mælingar sem við ákváðum að sleppa úr meðaltölum um orkuneyslu eru auðkenndar með sviga í 1. og 2. töflu. Ein mæling á langvíu var of lág svo orkuneysla væri útreiknanleg. Af sjö eftirstandandi mælingum var tveimur sleppt. Tvær mælingar á stuttnefju voru of lágar til að orkuneysla væri útreiknanleg. Af 15 eftirstandandi mælingum var sex sleppt.

Meðaltal heildarvatnsinnihalds langvíu var byggt á öllum þeim fimm einstaklingum sem mældir voru og var 71,0 \pm 3%. Þremur einstaklingum var sleppt í útreikningi á meðaltali vatnsinnihalds stuttnefja og var það því byggt á fimm einstaklingum og var 67,3 \pm 2%. Þetta meðaltal var notað í útreikningum fyrir allar stuttnefjur.

Sýnastærð leyfir ekki nákvæman samanburð útreiknaðs vatnsmagns í fæðu og mælds vatnsflæðis nema hjá stuttnefju á eggjatíma og er 13,3%. Þetta getur talist viðunandi og til samanburðar var þessi munur hjá langvíum í ungaeldi í Noregi 7% (Gabrielsen 1996). Sjá nánar 3. töflu.

Bæði stuttnefjur og langvíur þyngjast eftir því sem nær dregur klaki, eftir það dettur þyngdin niður. Niðurstöður okkar athugana benda til þess að hlutfallslegur breytileiki í þyngd sé u.þ.b. tvöfalt meiri á eggjatíma en ungatíma. Þetta styður tilgátu Gabrielsen (1996) að daglegur þyngdarbreytileiki feli í sér sveiflur í magni fituförða, ennfremur að tíðni þyngdarbreytinganna sé í öfugu hlutfalli við stærð þyngdarsveiflunar. Tvöfalt hraðara þyngdartap við klak, en sem nemur bruna, styður þá tilgátu að víurnar létti sig til að mæta aukningu á fæðuöflunarferðum, eins og Gaston og Nettleship (1981) halda fram. Þetta kemur einnig heim og saman við um helmings styttingu á daglegum álegutíma sem orkuforði (fitu) þarf að duga fyrir. Þar sem dagleg flug tíðni tvöfaldast og flug tími líklega líka er öll lækun á vænghleðslu til orkusparnaðar.

Ljóst er af næmnigreiningunni að ef bruni/öndun er mikill yfir mælingartímamann þá eykst næmni útreikninga eftir því sem nálægð lokastyrks nálgast náttúrulegan bakgrunn, umfram það sem gerist við minni bruna. Þetta sést á aukinni næmni „öryggismark“ þeirra gilda sem eru lágt yfir náttúrulegum ^{18}O styrk þegar bruninn er hærri. Einstaklingsbreytileiki virðist ekki hafa nein áhrif sem máli skipta á þessa niðurstöðu (4. mynd).

Stuttnefjur (2683 \pm 883 kJ d⁻¹, n = 7) á eggi eyða tölfræðilega marktækt meiri orku en langvíur (1707 \pm 818 kJ d⁻¹, n = 5) á eggjatíma (t = 4,379, P < 0,01). Þetta er vísbending um að stuttnefjurnar iðki dýrari lífshætti en langvíur í Látrabjargi. Sérstaklega er líklegt að þær séu að fljúga lengur, hugsanlega lengra en langvíurnar. Rannsóknir Guðmundar A. Guðmundssonar og Sylvano Benevutti og Ítalskra samstarfsmanna hans á langvíum og stuttnefjum í Látrabjargi með „stefnu skrásetjara“ (e: event recorder) hafa sýnt að stuttnefjur á ungum fljúga að ísjaðrinum á Grænlandshafi, sem er 140 km aðra leið (Guðmundur A. Guðmundsson, munnl. heimild), en þær rannsóknir voru framkvæmdar sama sumar á sama stað og þessi rannsókn. Sniðtalningar Arnþórs Garðarssonar á sjófuglum á sjó úr flugvél hafa leitt í ljós mikinn fjölda langvía á Faxaflóa. Þessi fjöldi er langt umfram þá varpstofna vía sem við Faxaflóa búa, sem er einvörðungu hægt að skýra með því að þeir komi úr Látrabjargi (Arnþór Garðarsson, munnl. heimild). Samkvæmt þessu eru báðar tegundir að fljúga umtalsverðar vegalengdir á fæðumið, en stuttnefjan líklega þó lengra.

1. tafla. Náttúrulegur efnaskiptahraði (e: FMR; Field Metabolic Rate), vatnsflæði, líkamsþyngd (P t₁: í byrjun athuganatímans og P t₂: í lok athuganatímans, breytingar í g og % dag⁻¹) og athuganatími í dögum hjá stuttnefju (*Uria lomvia*) í útungun og ungaeldi í Látrabjargi, 4.-28. júní 1995.

Fugl Nr.	Tími d	Þyngd				Efnaskiptahraði		Vatns flæði inn mL d ⁻¹
		P t ₁ g	P t ₂ g	Breyting g d ⁻¹	Breyting % P d ⁻¹	mL CO ₂ g ⁻¹ h ⁻¹	kJ d ⁻¹	
Álega								
1A*	2,53	945	880	-25,69	-2,82	3,74	2138	319
1B	1,02	880	925	44,07	4,88	(7,60) [§]	-	594
1C	1,46	925	910	-10,29	-1,12	(6,67) [§]	-	301
2A	2,13	950	920	-14,08	-1,51	3,32	1944	267
2B	2,02	920	900	-9,90	-1,09	4,78	2724	380
5A [#]	1,97	955	1010	27,92	2,85	6,80	-	(618)**
5B	2,32	1010	960	-21,55	-2,19	(1,64) [§]	-	291
11A*	2,84	905	940	12,33	1,34	(5,20) [§]	3005	491
15A	2,64	900	1010	7,57	0,76	2,82	1687	349
17A	2,91	990	1020	10,31	1,02	4,98	3135	447
17B	1,05	1020	985	-33,17	-3,31	(6,84) [§]	-	241
17C	0,94	985	1010	26,60	2,67	-	-	414
17D	1,42	1010	1005	-3,53	-0,35	-	-	360
18A	1,92	990	960	-15,62	-1,60	4,50	2748	441
Meðalt,	1,94	956,07	959,64	-0,36	-0,033	4,42	2683	407
SD	0,67	45,58	47,61	22,57	2,379	1,31	383	69,2
Útungun								
13A	2,043	1100	1090	-4,89	-0,45	3,63	2353	197
13B	0,722	1090	995	-131,58	-12,63	3,23	1882	154
13C	2,19	995	1005	4,566	0,46	(5,06) [§]	-	393
Meðalt,	1,65	1061,66	1030	-43,97	-4,21	3,43	2117	248
SD	0,81	57,95	52,20	76,02	7,309	0,282	333,0	127,4

*Par, [#]leki, [§]gildi ekki notuð; (sjá 4. mynd), **of hátt vatnsflæði. Svigi = gildi sem er sleppt í útreikningi meðaltals.

2. tafla. Náttúrulegur efnaskiptahraði (e: FMR; Field Metabolic Rate), vatnsflæði, líkamsþyngd (P_{t_1} : í byrjun athuganatímans og P_{t_2} : í lok athuganatímans, breytingar í g og % dag⁻¹) og athuganatími í dögum hjá langvíu (*Uria aalge*) í útungun og ungaeldi í Látrabjargi, 4.-28. júní 1995.

Fugl No	Tími d	Þyngd				Efnaskiptahraði		Vatns flæði mL d ⁻¹
		P_{t_1} g	P_{t_2} g	Breyting g d ⁻¹	Breyting % P_{t_1} d ⁻¹	mL CO ₂ g ⁻¹ h ⁻¹	kJ d ⁻¹	
Útungun								
6A	1,82	930	870	-32,92	-3,54	3,05	1719	304
8A	3,88	1090	1100	2,58	0,24	1,03	706	580
12A	1,68	1125	1100	-14,88	-1,32	3,85	2683	395
16A	2,25	1075	1005	-31,11	-2,89	3,03	1973	225
16B	2,59	1005	1010	1,93	0,19	(7,71)*	-	441
Meðalt,	2,44	1045	1017	-14,88	-1,47	2,74	1770	389
SD	0,88	77,70	94,31	17,15	1,73	1,202	818,4	135,4
Ungaeldi								
19A	1,92	990	955	-18,23	-1,84	5,07	3088	471
19B	2,03	955	965	4,93	0,52	(3,74)*	-	509
19C	0,87	965	960	-5,75	0,59	-	-	631
Meðalt,	1,60	970	960	-6,35	-0,24	4.405	3088	537
SD	0,64	18,03	5,00	11,60	1,38	0.940	-	83,59

*Mæling ekki notuð, sjá 4. mynd. Svigi = mæling ekki notuð í útreikning meðaltals.

3. tafla. Útreikningur á daglegri fæðuneyslu byggt á CO₂ framleiðslu og samanburður við mælt vatnsflæði.

n ^a	Meðal orkuneysla kJ d ⁻¹ ±SD	Útreiknað fæðumagn g ^b	Hlutfall daglegs	Vatn í fæðu mL ^c	Efnaskipta vatns-myndun mL ^d	Útreiknuð heildarvatnsnotkun mL ^e	Mælt innflæði vatns ^a mL ±SD	Mismunur á	
			fæðunáms af líkamsþyngd %					mældri og útreiknaðri vatnsnotkun %	
Stuttnefja									
Egg	7	2683 ±883	497	56,0	395	66	461	407(13) ±69,2	13,3
Ungi	2	2117 ±333	423	42,3	311	52	363	248(3) ±127	46,4
Langvía									
Egg	4	1707 ±818	341	33,0	251	31	282	389(5) ±135	-27,5
Ungi	1	3088	618	64,0	392	48	440	537(3) ±83	-18,0

Skýringar:

^aSýnastærð á við orkuneyslu, sýnastærð í sviga á við mælingar á vatnsflæði.

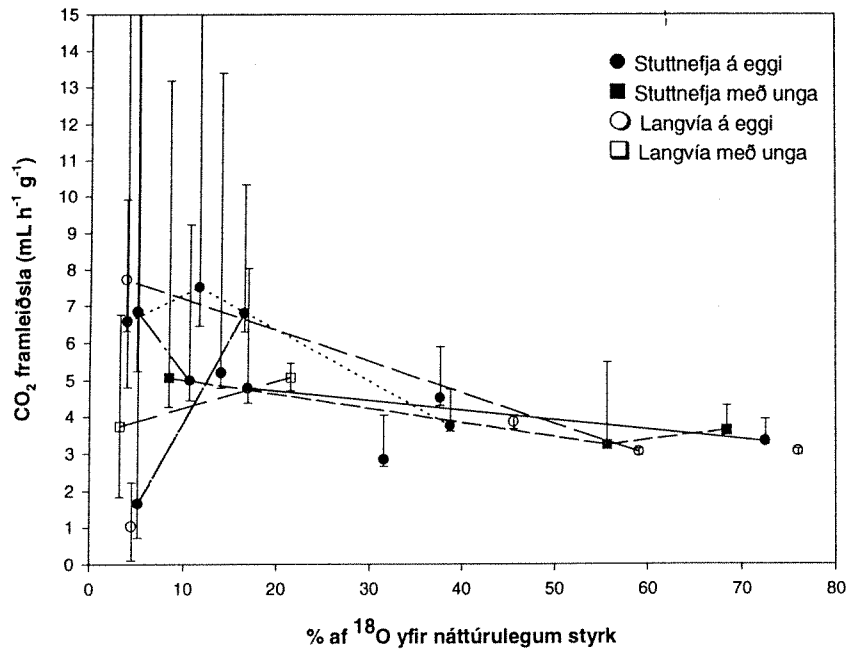
^bGert er ráð fyrir að fæðusamsetning sé 50:50 loðna (*Mallotus villosus*) og sandsíli (*Ammodytes* spp.)

og 80% orkunýtingu (e: assimilation efficiency, Brekke og Gabrielsen 1994). Deilt er með 5,0 kJ g⁻¹ í orkuneysluna.

^cVatnsinnihald loðnu og sandsílis er 73,5%.

^dVið bruna myndast 0,122 mL vatns per g fæðu.

^eVatnsinnihald fæðu (c) lagt við efnaskiptavatnsmyndun (d) gefur heildarvatnsnotkun.



4. mynd. Næmnigreining á CO₂ framleiðslu; ±1% breyting á náttúrulegum grunnstyrk ¹⁸O ísótöpa í endurtekinni sýnatöku hjá stuttnefju (*Uria lomvia*) og langvíu (*Uria aalge*). Ef sömu einstaklingar eru mældir oftari en einu sinni er línutenging á milli mælipunktanna.

Stuttnefjur í Látrabjargi á eggjum framleiða $4,42 \pm 1,31 \text{ mL h}^{-1} \text{ d}^{-1}$, ($n = 7$) eða marktækt meiri orku ($t=5,649$, $P<0,01$) en langvíur með unga í N-Noregi framleiða ($3,35 \pm 0,86 \text{ mL h}^{-1} \text{ d}^{-1}$, ($n = 11$), (Gabrielsen 1996). Fjarvera fuglanna virðist áþekkt í báðum þessum byggðum en vegalend á fæðumiðin er ekki vel þekkt. Hinsvegar er ekki ólíklegt að stuttnefjur í ungaeldi í Látrabjargi hafi enn hærri orkuneyslu en í álegu.

Samkvæmt þessum niðurstöðum éta 596000 langvíur í Látrabjargi um 203 tonn daglega (sjá 3. töflu) og 236000 stuttnefjur um 117 tonn, samtals um 320 tonn daglega, eða 9600 tonn yfir 30 daga útungunartímabil, að því gefnu að fæðan sé loðna og síli til helminga eða af sambærilegri efnasamsetningu. Líklegt verður þó að teljast að stuttnefjur séu að sækja krabbadýr í rekisjaðarinn á Grænlandshafi og veiði síli fyrir ungann nær landi. Rannsóknir Arnþórs Garðarssonar eins og áður segir benda til þess að langvíur treysti frekar á sílamið nær landi.

Þakkarorð

Starfsmönnum Hafrannsóknarstofnunarinnar þökkum við fyrir góð og ánægjuleg samskipti í hvívetna, sérstaklega Ólafi Karvel Pálssyni og Jóhanni Sigurjónssyni fyrir að stuðla að því að gera þetta verkefni mögulegt. Arnþóri Garðarssyni fyrir lán á tækjum, yfirlestur og góðar ráðleggingar. Kristjáni Lillendal fyrir yfirlestur. Náttúrufræðistofnun lagði til merki. Aðrir sem komu við sögu þessarar rannsóknar fá einnig bestu þakkir.

Heimildir

- Arnór Þ. Sigfússon, 1985. Ferðahættir svartfugla og túlkun talninga. Óútg. Fjórðaárritgerð við Líffræðiskor Háskóla Íslands.
- Arnþór Garðarsson, 1995. Svartfugl í Íslenskum fuglabjörgum. Bliki 16: 47-65.
- Barrett, R.T., T. Anker-Nilssen, F. Rikardsen, K. Valde, N. Røv, W. Wader, 1987. The food, growth and fledging success of Norwegian puffin chicks in 1980-1983. *Ornis Scand.*, 18: 73-83.
- Blem, C.R., 1976. Patterns of lipid storage and utilization in birds. *Am. Zool.*, 16: 671-684.

- Brown, G.B., 1985. The Atlantic Alcidae at Sea. Í: Nettleship, D.N., T.R. Birkhead (ritstj.): The Atlantic Alcidae, New York, Academic Press. 384-425.
- Brekke, B.G.W. Gabrielsen, 1994. Assimilation efficiency of adults kittiwakes and Brünnich's Guillemots fed Capelin and Arctic cod. Polar. Biol., 14: 279-284.
- Cairns, D.K., W.A. Montevecchi, V.L. Birt-Friesen, S.A. Macko, 1990. Energy expenditures, activity budgets, and prey harvest of breeding Common Murres. Studies in Avian Biol., 14: 84-92.
- Croll, D.A., A.J. Gaston, D.G. Noble, 1991. Adaptive loss of mass in Thick-billed Murres. Condor, 93: 96-502.
- Degen, A.A., B. Pinshow, P.U. Alkon, H. Arnon, 1981. Tritiated water for estimating total body water and water turnover rate in birds. J. Appl. Physiol., 51: 1183-1188.
- Gabrielsen, G.W., 1996. Energy expenditure of breeding Common Murres. Can. Wild. Ser. Occ. Papers, 91: 49-58.
- Gaston, A.J., S. Perin, 1993. Loss of mass in breeding Brünnich's Guillemots *Uria lomvia* is triggered by hatching. Ibis, 135: 472-475.
- Gaston, A.J., D.N. Nettleship, 1981. The Thick-billed Murres of Prince Leopold Island. Canadian Wildlife Service Monographs No. 6.
- Hislop, J.R.G., M.P. Harris, J.G.M. Smith, 1991. Variation in the caloric value and total energy content of the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*) and other fish preyed on by seabirds. J. Zool. Lond., 224: 501-517.
- Hudson, P.J., 1985. Population Parameters for the Atlantic Alcidae. Í: Nettleship, D.N. og T.R. Birkhead (ritstj.): The Atlantic Alcidae, New York, Academic Press. 233-254.
- Lifson, N., R. McClintock, 1966. Theory of use of the turnover rates of body water for measuring energy and material balance. J. Theor. Biol., 12: 46-74.
- Nagy, K.A., 1980. CO₂ Production in animals: analysis of potential error in the doubly labelled water method. Am. J. Physiol., 238: R466-R473.
- Nagy, K.A., D.P. Costa, 1980. Water flux in animals: analysis of potential errors in the doubly labelled water method. Am. J. Physiol., 238: R454-R465.
- Norberg, U., 1981. Temporary weight decrease in breeding birds may result in more fledged young. Am. Nat., 118: 838-850.
- Pennycuik, C.J., 1987. Flight of seabirds. Í: Croxall J.P. (ritstj.): Seabirds feeding ecology and role in marine ecosystems. Cambridge, Cambridge University Press, 43-62.
- Ricklefs, R.E., D.D. Roby, J.B. Williams, 1986. Daily energy expenditure of adult Leach's storm-petrels during the nesting cycle. Physiol. Zool., 59: 649-60.
- Schmidt-Nielsen, K., 1975. Animal physiology: adaption and environment. Cambridge, Cambridge University Press.
- Verspoor, E., T.R. Birkhead, D. Nettleship, 1987. Incubation and brooding shift duration in the Common Murre, *Uria aalge*. Can. J. Zool., 65: 247-252.
- Wood, R.A., K.A. Nagy, N.S. MacDonald, S.T. Wakakuwa, R.J. Beckman, H. Katz, 1975. Determination of oxygen-18 in water contained in biological samples by charged particle activation. Analytical Chem., 47: 646-650.

Þráðormar í meltingarvegi íslenskra sjófugla

Droplaug Ólafsdóttir, Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson.

Hafrannsóknastofnunin

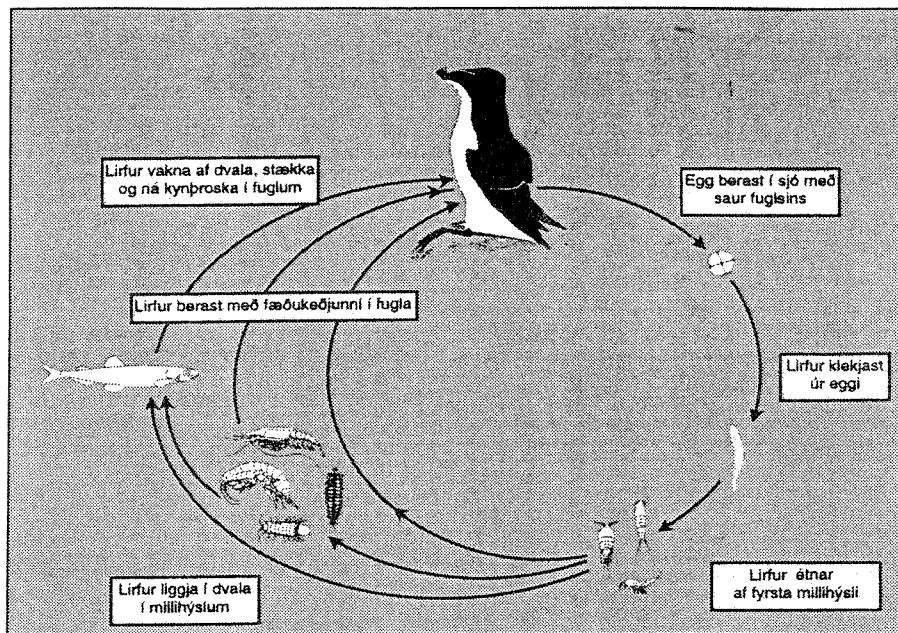
Ágrip

Þráðormum úr mögum og vélinda 184 fýla, 267 langvía, 73 stuttnefja, 201 lunda, 168 álka og 207 rita frá fimm mismunandi svæðum umhverfis Ísland var safnað sumarið 1994. Þráðormarnir voru greindir til tegundar og tíðni þeirra reiknuð. Markmið athugunarinnar voru annars vegar að afla grunnupplýsinga um það sem kalla má eðlilegar ormasýkingar í sjófuglum og hins vegar að kanna tengsl ormasýkinga við fæðu fuglanna og mismunandi svæða umhverfis Ísland. Tólf þráðormategundir fundust í fuglum; *Streptocara californica*, *S. crassicauda*, *Paracuaria adunca*, *Stegophorus stellaepolaris*, *Seuratia shingleyi*, *Contraecum variegatum*, *C. osculatum*, *Anisakis simplex*, *Hysterothylacium aduncum*, *Hysterothylacium sp.*, *Pseudoterranova decipiens*, *Cucullanus sp.*. Enginn munur kom fram á ormasýkingu fuglanna eftir svæðum og engar breytingar voru sjáanlegar á sýkingu fuglanna eftir því sem leið frá komu þeirra frá vetrarstöðvum. Breytileiki sýkinga eftir fuglategund var hins vegar greinilegur. Helstu áhrifaþættir þráðormasýkinga í sjófuglum virðast vera magn, tegundasamsetning og aldur bráðar. Hýsilserhæfingar orma og mismunandi vetrarstöðvar fuglanna geta þó einnig haft áhrif þar á. Fýlar voru mun sýktari af ornum en aðrir fuglar í könnuninni sem stafar sennilega af áti þeirra á fiskslógi og úrgangi sem berst frá fiskiskipum. Lundar voru mun minna sýktir en búast má við út frá áætlaðri orkuþörf þeirra og tengist sennilega herra hlutfalli yngri fiska í fæðunni en hjá hinum fuglum. Langvíur, stuttnefjur og álkur báru að mestu leyti sömu ormategundir en tíðni og fjöldi orma nokkurra tegunda voru mismunandi. Munur á sýkingum í ritu og öðrum fuglum í könnuninni stafar væntanlega af auknum áhrifum mismunandi hýsilserhæfinga ormannna eftir því sem skyldleiki fuglanna minnkar. Athugun á fylgni orma og fæðu fuglanna gaf vísbendingar um sýkingarleiðir ormannna í fugla. Anisakidae ormar berast með fiskum í fugla og munur milli fuglategunda má skýra með mun á magni, tegundum og aldri fiskbráðar. Acuariidae ormar berast með marflóm og fiskum í fugla. Há tíðni *S. stellaepolaris* bendir til að helstu sýkingaleiðir fari í gegnum fiska fremur en lífverur neðar í fæðukeðjunni. *Streptocara* tegundir og *S. shingleyi* berast sennilega aðallega með marflóm í fugla. *Streptocara crassicauda* tengist svæðum rétt neðan fjörunnar en lífsferill *S. californica* virðist bundinn grunnsævi fjær landi. *Paracuaria adunca* sýkir nær eingöngu máfa og helstu sýkingaleiðir geta legið í gegnum marflær eða fiska.

Inngangur

Á hverju vori safnast milljónir sjófugla í helstu björg við strendur Íslands (Arnþór Garðarsson 1995, 1996). Fuglarnir dvelja við björgin við umönnun unga fram eftir sumri og sækja fæðu mislangt á haf út. Á veturnum dvelja þeir hins vegar á mismunandi hafsvæðum á N-Atlantshafi. Vetrarstöðvar stuttnefja og ungra lunda eru til að mynda við Nýfundnaland meðan álka og langvía sækja austur um haf í Norðursjó (Brown 1985). Fýlar virðast dreifast víða og ritur frá Íslandi hafa endurheimst að vetrarlagi við vesturströnd Grænlands (Ævar Petersen 1982).

Áhugi á vistfræði sjófugla hefur aukist undanfarið með aukinni áherslu á stofnivistfræði í umfjöllun um vistfræði hafsins og nýtingu auðlinda þess. Umfangsmiklar fæðuathuganir hafa m.a. verið stundaðar undanfarið á þeim sjófuglum sem taldir eru hafa umtalsverðust áhrif á vistkerfi íslenskra hafsvæða (Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson 1997). Í tengslum við þessar fæðuathuganir þótti tilvalið að kanna ormasýkingar í meltingarvegi fuglanna og leitast við að tengja sýkingar við fæðu þeirra og veiðisvæði. Í öðru lagi var verkefninu ætlað að afla grunnupplýsinga um það sem telja má eðlilegar sýkingar í fuglum.



1.mynd. Lífsferill þráðorma í sjófuglum.

Sjófuglar eru lokahýslar fjölda þráðorma sem berast í þá með fæðunni. Lirfur ormannna lifa í ýmsum hryggleysingjum og fiskum en vakna af dvala og ná kynþroska þegar millihýsill er étinn af réttum lokahýsli (1. mynd) (Anderson 1992). Ormarnir lifa í fuglunum í nokkrar vikur og geta því, ef millihýslar eru þekktir, gefið upplýsingar um fæðu fuglanna umfram þær sem fást við hefðbundnar fæðuathuganir. Breytingar á ormasýkingum í fuglum yfir lengri tíma, geta að auki gefið vísbendingar um breytingar á vistfræðilegum aðstæðum neðar í fæðukeðjunni eða í stofnlíffræði fuglanna sem að öðru jöfnu er erfiðara að koma auga á (Galaktionov 1996, Hoberg 1996, Skörping 1996).

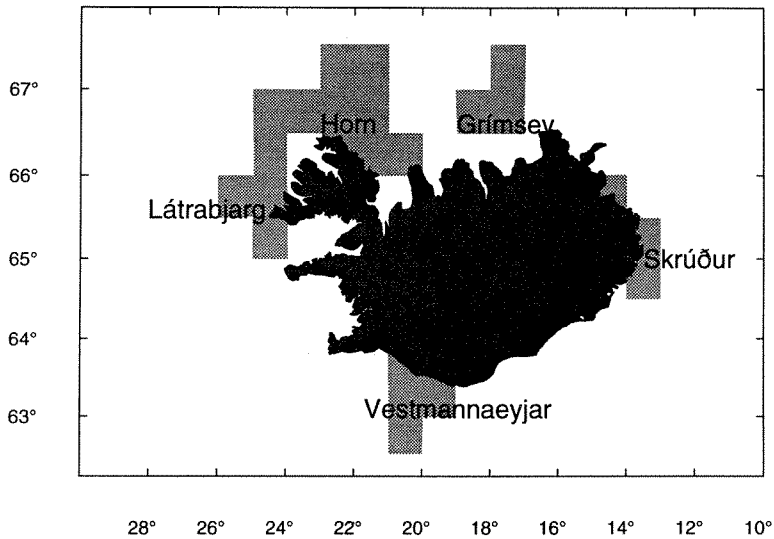
Efni og aðferðir

184 fýlum (*Fulmarus glacialis*), 267 langvíum (*Uria aalge*), 73 stuttnefjum (*Uria lomvia*), 201 lundum (*Fratercula arctica*), 168 álkum (*Alca torda*) og 207 ritum (*Rissa tridactyla*) var safnað í júní til ágúst 1994. Fullorðnir fuglar voru veiddir á sjó við öflun fæðu út af Látrabjargi, Horni, Grímsey, Skrudði og Vestmannaeyjum en ungar voru teknir úr hreiðrum (2. mynd).

Meltingarvegir fuglanna voru opnaðir og varðveittir með magainnihaldi í 70% ísoprópanóli. Ormar og fæða úr mögum og vélinda allra fuglanna voru greind. Sýking undir hornhúð í fóarni var að auki könnuð í 65 ritum, 31 álku, 89 langvíum, 54 stuttnefjum og 99 lundum. Fjallað er um niðurstöður fæðuathugunarinnar í grein Kristjáns Lilliendahls og Jóns Sólmundssonar (1997).

Ormarnir voru lagðir í 95% mjólkursýru í nokkrar mínútur til að auka gegnsæi þeirra og þar með auðvelda tegundagreiningu í ljóssmásjá. Við tegundagreiningar var stuðst við lýsingar Gibsons (1964), Berlands (1961) og Rysavys og Ryzhikovs (1978).

Sýking hverrar tegundar er gefin upp sem tíðni (t =fjöldi fugla sýktir af viðkomandi ormategund/fjöldi athugaðra fugla $\times 100$) og sem meðalfjöldi orma í sýktum fuglum (m_1 =heildarfjöldi orma af viðkomandi tegund/fjöldi fugla sýktir of viðkomandi ormategund). Meðalfjöldi orma í öllum fuglum af viðkomandi fuglategund (m_2) fæst með margföldun á meðalfjölda orma í sýktum fuglum og hlutfalli sýktra fugla ($m_2 = m_1 \times t/100$).



2. mynd. Sýnatökusvæði sjófugla umhverfis Ísland, júní-ágúst 1994.

Niðurstöður og umræður

Nú þráðormategundir fundust í mögum fuglanna. Þær voru *Stegophorus stellaepolaris*, *Seuratia shipleyi* (Spirurida: Acuariidae), *Contracaecum variegatum*, *Contracaecum osculatum*, *Anisakis simplex*, *Pseudoterranova decipiens*, *Hysterothylacium aduncum*, *Hysterothylacium sp.* (Ascaridida: Anisakidae) og *Cucullanus sp.* (Ascaridida: Cucullanidae), (3. mynd a-g). Þrjár tegundir fundust að auki undir hornhúð í fóarni fuglanna. Þær voru *Streptocara californica*, *Streptocara crassicauda* og *Paracuaria adunca* (Spirurida: Acuariidae) (3. mynd c-g). Sýking undir hornhúð í fóarni var ekki könnuð í fýlum og því fengust engar upplýsingar um tíðni *S. californica*, *S. crassicauda* eða *P. adunca* í þeim. Ormategundirnar hafa allar heimsútbreiðslu og að *P. adunca* undanskilinni sýkja þær breiðan hóp sjófugla (Rysavy og Ryzhikov 1978).

Munur á tíðni, fjölda eða tegundasamsetningu orma í fuglunum var ekki merkjanlegur milli svæða og breytingar voru ekki sjáanlegar á sýnatökutímabilinu frá júní fram í ágúst. Þráðormasýkingar voru hins vegar breytilegar eftir fuglategundum (3. mynd a-g). Ungar allra fuglategunda að fýl frátöldum, voru óverulega sýktir af ornum. Fýlsungar báru hins vegar nánast sömu ormategundir og í svipuðu magni og fullvaxnir fuglar (3. mynd a,b).

Spirurida: Acuariidae

Á lífsferli sínum nota Acuariidae ormar marfló eða annan hryggleysingja sem fyrsta millihýsil og fisk sem annan millihýsil. Fiskar eru þó ekki nauðsynlegir fyrir þroskun lirfanna og lokahýslar sem eru yfirleitt fuglar, geta sýkst beint við að éta fyrsta millihýsil (Anderson 1992). Mjög litlar upplýsingar eru til um náttúrulegar sýkingar Acuariidae orma í hryggleysingjum. Lirfur ormanna eru algengar í fiskum en smæð þeirra (um 1 mm), staðsetning inn í þarmavegg fiskanna og erfið tegundagreining eru orsök þess að upplýsingar um físhýsla eru takmarkaðar og lífsferlar einungis fárra tegunda eru þekktir að fullu.

Streptocara crassicauda (Creplin, 1829)

Tveir *S. crassicauda* ormar fundust undir hornhúð í fóarni í einnar langvíu (3. mynd c). Tegundin hefur fundist í fjölda óskildra sjófugla (Rysavy og Ryzhikov 1978). Tíðni sýkingar virðist þó ekki verða há í sjófuglum sem sækja fæðu langt á haf út en finnst þeim mun oftar í öndum og öðrum fuglum sem sækja fæðu rétt neðan fjörunnar (Gibson 1968). Ormurinn hefur fundist í æðafugli (*Somateria mollissima*) hér við land (Karl Skírnisson og Áki Á. Jónsson 1996).

Streptocara californica (Geodelst, 1919)

Streptocara californica fannst undir hornhúð í fóarni 21,2% lunda, 15,7% langvía og 6,4% álka en eingöngu í einni stuttnefju og engri ritu (3. mynd c-g). Þetta gæti bent til millihýsils á grunnsævi þar sem stuttnefja flýgur lengra frá stöndinni í fæðuleit en hinar tegundirnar (Ævar Petersen 1982). Tegundin virðist ekki sýkja máfa (McDonald 1969) og skýrir það hvers vegna hún fannst ekki í ritu. Ormurinn hefur fundist í æðafugli (undir tegundanafninu *S. dogieli*) hér við land (Karl Skírnisson og Áki Á. Jónsson 1996).

Paracuaria adunca (Creplin, 1846)

Paracuaria adunca var algengur undir hornhúð í fóarni ritu (43,1%) en fannst þar að auki í einni langvíu og einni stuttnefju (3. mynd c,d,g). Niðurstöður athugunarinnar eru því í samræmi við upplýsingar um að hýsilsérhæfing tegundarinnar sé aðallega bundin við máfa (Anderson og Wong 1982). Nokkur ruglingur hefur átt sér stað varðandi flokkun og nafngift tegundarinnar í gegnum tíðina (Wong og Anderson 1982). Ormur sem Kreis (1958) fann í ritu hér við land og gaf tegundanafnið *Streptoocara rissae* er til að mynda talinn vera *P. adunca*.

Stegophorus stellaepolaris (Parona, 1901)

Stegophorus stellaepolaris var mjög algengur í mögum fýla. Tíðni sýkingar var 98% í fullvöxnum fuglum og fjöldi í einum fugli var mestur 616 (3. mynd a-b). Ormurinn var einnig algengur í stuttnefju (31,7%) og álku (16,9%) (3. mynd d,f). Orsakir þessa mikla fjölda *S. stellaepolaris* í fýl er ekki hægt að tengja með augljósum hætti við náttúrulega fæðu fuglanna. Fiskslóg er stór hluti af fæðu fýls (Kristján Lillendahl og Jón Sólmundsson 1997) og kann að vera að lirfurnar berist þá leið í fýl. Full vissa um slíkt verður þó að bíða frekari rannsókna á sýkingu Acuariidae lirfa í nytjafiskum. Athugun á fýl frá vesturströnd Grænlands frá 1956 sýndi litla *S. stellaepolaris* sýkingu í fullvöxnum fuglum en þeim mun meiri sýkingu í ungum (Baer 1956). Baer áleit ástæður fyrir þessum mun felast í því að fýllinn bæri aðrar fæðutegundir í ungana en hann æti sjálfur.

Seuratia shipleyi (Stossich, 1900)

Seuratia shipleyi fannst nær eingöngu í mögum fullvaxinna fýla (5,3%) og lunda (4,7%) (3. mynd b,e). Sitt hvor ormurinn fannst að auki í álku og ritu (3. mynd f,g). Niðurstöður fæðuathugunar gefa ekki skýra vísbendingu um ástæður þessa munar á tíðni sýkingar eftir fuglategund (Kristján Lillendahl og Jón Sólmundsson 1997). Fuglarnir sýkjast sennilega er þeir éta marflær en frekari athuganir eru nauðsynlegar til að skera úr um helstu sýkingarleiðir. Athygli vekur að ormurinn fannst í 5,3% fullvaxinna fýla en í engum fýlsunga. Fýlsungar báru að öðru leyti sömu orma og svipaðan fjölda og eldri fuglar sem tengist sennilega því að foreldrarnir æla fæðunni í þá.

Nokkrum *Seuratia* tegundum hefur verið lýst en í dag er talið að eingöngu sé um eina tegund að ræða (Jansen 1979). Ormurinn hefur ekki fundist áður í fuglum við Ísland en er þekktur frá öllum heimshöfum, aðallega í pípunefum (*procellariiformes*) og máfum (Ryshavi og Ryzhikov 1978, Hoberg og Ryan 1988).

Ascaridida: Anisakidae

Anisakidae ormar hafa allir krabbadýr og fisk sem millihýsla (Anderson 1992). Fiskar eru þó ekki nauðsynlegir fyrir þroskun ormannna en gegna veigamiklu hlutverki með því að bera ormana í lokahýslana. Anisakidae ormar virðast ekki mjög sérhæfðir í vali á millihýslum og tíðni þeirra í mismunandi fiskum er sennilega fremur háð fæðuvali fiskanna en hýsilsérhæfingu ormsins (Anderson 1992). Lokahýslar Anisakidae orma eru ýmis hryggdýr en sérhæfing hvernar Anisakidae ættkvíslar er yfirleitt bundin við einn flokk eða ættbálk.

Contraecum variegatum (Rudolphi, 1809)

Fullþroskaðir ormar og lirfur *C. variegatum* fundust í mögum allra fuglategunda nema lunda (3. mynd a-g). Tíðni sýkingar var hvergi há og fjöldi orma í einum fugli var aldrei meiri en 3. Hæsta tíðni var 10,9% í álku en lægst fyrir utan lunda, 0,6% í stuttnefju (3. mynd d,e,f). Ormurinn getur sennilega fræðilega séð sýkt flesta fiska en búast má við að mismunandi

fæðuval fiska orsaki mun á tíðni sýkingar eftir fisktegundum. Upplýsingar um sýkingu *C. variegatum* í fiskum eru hins vegar mjög litlar. Það að enginn ormur fannst í lunda gæti stafað af lágrí tíðni í sandsílum (*Ammodytes spp.*) sem er aðalfæða lunda, eða því að lundar éta að jafnaði yngri fiska en hinar fuglategundirnar (Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson óbirtar niðurstöður).

Nokkrar *Contracaecum* tegundir finnast í sjófuglum við Norðanvert Atlantshaf. Tegundagreining ættkvíslarinnar er erfið og í ljós hefur komið að margar eldri athuganir gefa rangar upplýsingar (Hartwich 1964). Hartwich dró meðal annars tilvist *C. spiculigerum* sem gildir tegundar í efa. Tegundanafnið er skráð úr fjölda sjófuglategunda, þar á meðal í skarfi (*Phalacrocorax sp.*) frá Íslandi (Timmermann 1949 í Kreis 1958). Ekki er ósennilegt að eintak Timmermanns hafi tilheyrt *C. septentrionale* sem er algengur í skörfum við Ísland (Kreis 1958, Droplaug Ólafsdóttir óbirtar niðurstöður) en hefur ekki fundist utan Íslands eða í öðrum fuglum.

Contracaecum osculatum (Rudolphi, 1802)

Contracaecum osculatum lifur fundust í mögum 11,7% stuttnefja en sjaldnar í öðrum fuglum og engir lundar voru sýktir af orminum (3. mynd a-g). Tegundin er ein fárra *Contracaecum* tegunda sem ekki hefur fugl sem lokahýsil en nær hins vegar kynþroska í sel (Anderson 1992). Há tíðni ormsins í fuglum orsakast hins vegar af því hversu algengar lifur tegundarinnar eru í fiskum (Berland 1961, Erlingur Hauksson 1992).

Pseudoterranova decipiens (Krabbe, 1878)

Pseudoterranova decipiens lifra fannst í maga eins fýls (3. mynd b). Ormurinn er ekki algengur í sílum eða loðnu (*Mallotus villosus*) en finnst hins vegar oft í fiskum sem lifa á botnlægum krabbadýrum og stórum ránfiskum (Berland 1961, Erlingur Hauksson 1992). *Pseudoterranova decipiens* verður kynþroska í sel og lifir sennilega ekki lengi í fuglum. Fýllinn hefur sennilega sýkst af orminum við át á fiskúrgangi en þessi sýkingarleið getur þó ekki leitt til hárrar tíðni ormsins í fýl því lifur hans eru aðallega staðsettar í holdi fiska.

Hysterothylacium aduncum (Rudolphi, 1802)

Hysterothylacium aduncum ormar voru algengir í mögum allra fuglategunda (3. mynd a-g). Tíðni sýktra fugla var lægst í lunda, 18,8% en hæst í álku, 44,4%. Fiskar eru millihýslar og lokahýslar tegundarinnar. Lirfan virðist þurfa að ná ákveðinni stærð til að geta þroskast í fiskinum. Að öðrum kosti borar hún sig í gegnum þarmavegg hans og leggst í dvala á innnyflum og himnum í líkamsholi fisksins þar til hann er étinn af öðrum fiski (Køie 1993a). Lirfur ormsins eru mjög algengar í fjölda fisktegunda, þar á meðal loðnu (Jónbjörn Pálsson og Beverley-Burton 1984, Erlingur Hauksson 1992) sem skýrir háa tíðni ormsins í fuglum.

Hysterothylacium sp.

Lirfa af ógreinanlegri *Hysterothylacium* tegund fannst í einni álku út af Látrabjargi (3. mynd f). Svipaðar lifur hafa fundist í skrápflúru (*Hippoglossoides platessoides*) suðaustur af Íslandi (Droplaug Ólafsdóttir í undirbúningi) og líkist einnig *H. rigidum* lifrum sem fundist hafa í fiskum frá Færeyjum (Køie 1993b). *Hysterothylacium rigidum* verður kynþroska í skötusel (*Lophius piscatorius*) (Køie 1993b) sem er útbreiddur suður af Íslandi (Gunnar Jónsson 1992). Ormurinn er algengur í lokahýslinum hér við land (Droplaug Ólafsdóttir óbirtar niðurstöður) og lifur tegundarinnar eru sennilega algengar í ýmsum fiskum á útbreiðslusvæði skötusels en berast væntanlega víðar með fari millihýsla. Fleiri *Hysterothylacium* tegundir eru þekktar í Norður Atlantshafi (Petter og Cabaret 1995) en útbreiðsla þeirra við Ísland hefur ekki verið könnuð.

Anisakis simplex (Rudolphi, 1809)

Anisakis simplex lifur voru algengar í mögum fuglanna (3. mynd a-g). Tíðni sýkingar í fýl náði yfir 50% í ungum en var lægri í fullvöxnum fýlum. Langvía og stuttnefja voru einnig töluvert sýktar af *A. simplex* lifrum. Fuglar eru ekki lokahýslar *A. simplex* og tegundin nær aðeins að ljúka lífsferli sínum í hvólum. Lirfur hennar virðist þó, ólíkt *C. osculatum*, *P.*

decepiens og *Hysterothylacium* lifrum, ná að vaxa og þroskast að einhverju marki í fuglum. Ormarnir ná þó aldrei kynþroska þar og fuglar skifta því engu máli fyrir viðkomu tegundarinnar. Lirfur *A. simplex* eru algengar í fiskum sem lifa á dýrasvifi og einnig í stórum ránfiskum (Smith 1983). Leið þeirra í fugla liggur sennilega aðallega í gegnum loðnu en mikill fjöldi *A. simplex* í fýl umfram aðrar fuglategundir má að öllum líkum rekja til áts á innyflum stórra ránfiska sem kastað er frá fiskiskipum.

Ascaridida: Cucullanidae

Cucullanus sp.

Höfuð af fullvöxnum *Cucullanus* ormi fannst í einum fýlsmaga (3. mynd b). Tvær tegundir eru þekktar í fiskum hér við land. Þær eru *C. cirratus* sem lifir í þorskfiskum (Kreis 1958) og *C. heterochrous* sem lifir í flatfiskum (Droplaug Ólafsdóttir í undirbúningi). Lokahýslar eru alltaf fiskar en tíðni og fjöldi þeirra í fiskum virðist vera árstíðabundin. Við Skotland nær fjöldi fullþroskaðra *C. heterochrous* orma í flyndrum (*Platichthys flesus*) hámarki á sumrin (Gibson 1972). Ef sýking ormsins fylgir svipuðu mynstri hér við land hefði mátt búast við hærri sýkingu, a.m.k. í fýl, í athuguninni.

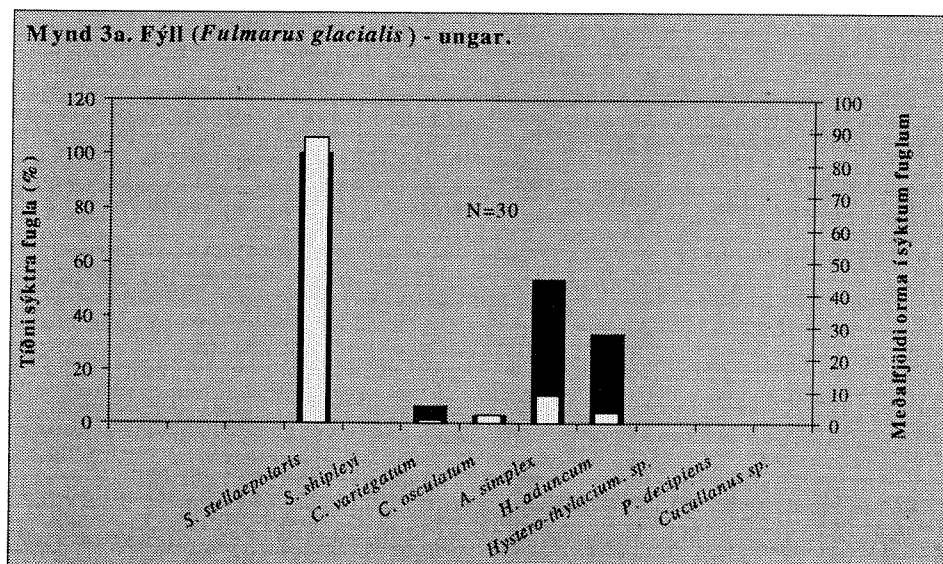
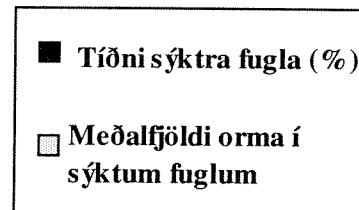
3. mynd. Sýking þráðorma í íslenskum sjófuglum.

Tíðni sýktra fugla og meðalfjöldi orma í sýktum fýlsungum fullvöxnum fýlum, langvíum, stuttnefjum, lundum, álkum og, ritum við Ísland í júní til ágúst 1994

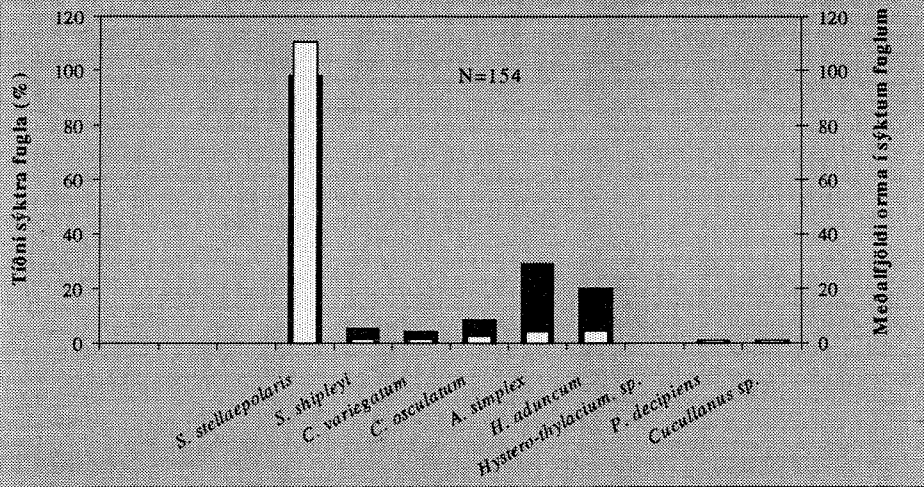
Tíðni = fjöldi sýktra fugla / fjöldi athugaðra fugla x 100;

Meðalfjöldi = heildarfjöldi orma / fjöldi sýktra fugla;

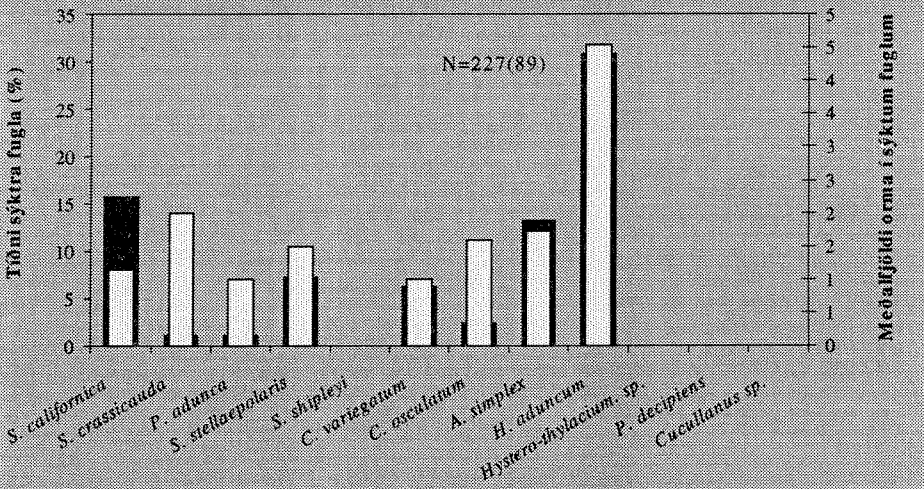
N = fjöldi athugaðra fugla, gildi innan sviga sýna jölda fugla þar sem sýkingar undir hornhúð voru athugaðar



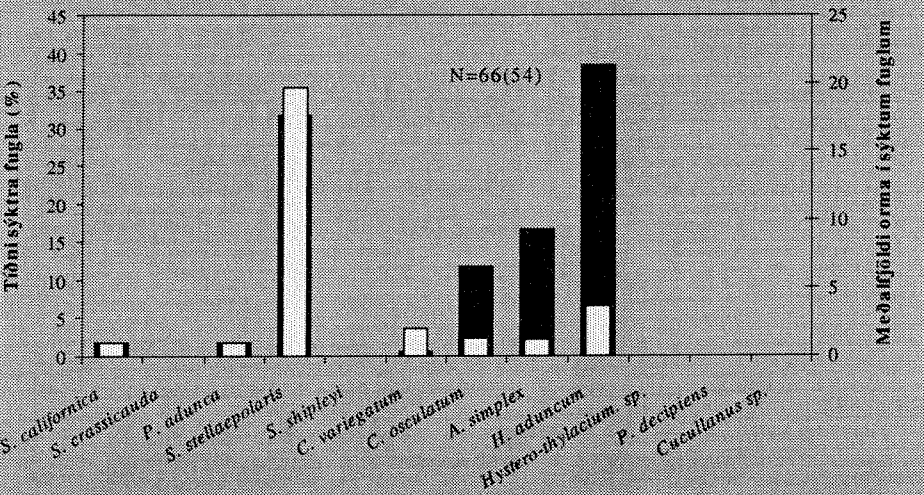
Mynd 3b. Fýll (*Fulmarus glacialis*) - fullvaxnir.



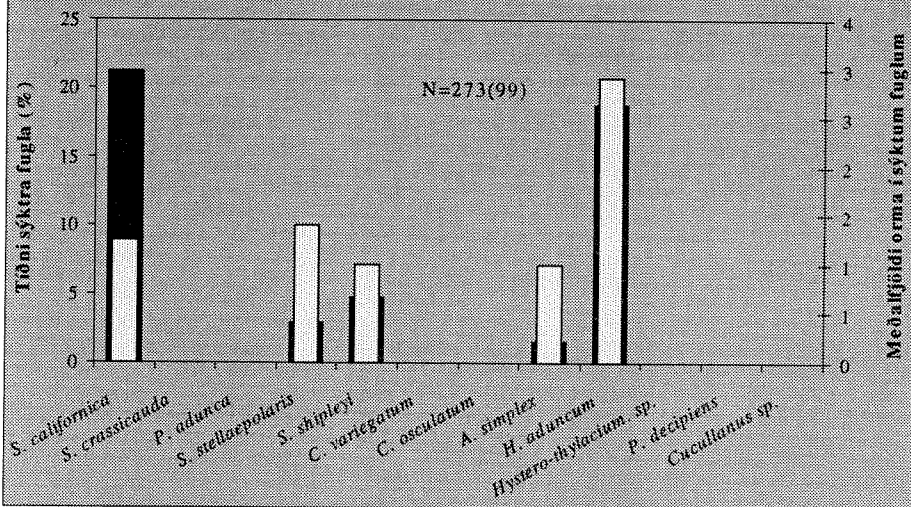
Mynd 3c. Langvía (*Uria aalge*).



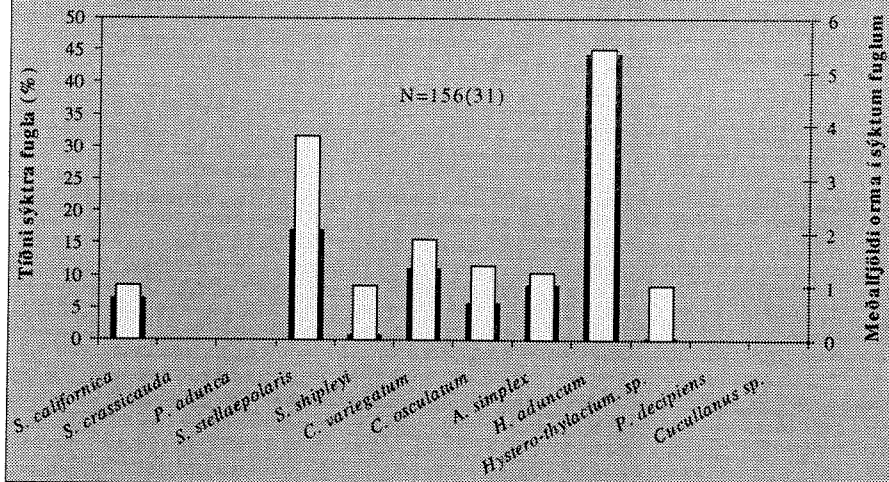
Mynd 3d. Stuttnefja (*Uria lomvia*).



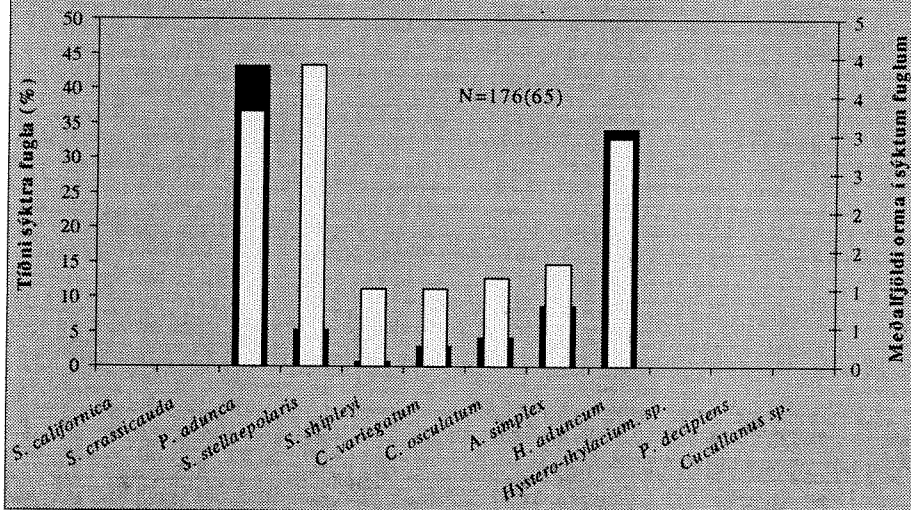
Mynd 3e. Lundi (*Fratercula arctica*).



Mynd 3f. Álka (*Alca torda*).



Mynd 3g. Rita (*Rissa tridactyla*).



Orsakir breytilegrar ormafánu í fuglunum

Sjófuglar bera væntalega orma með sér til Íslands á vorin frá fjarlægari vetrarstöðvum. Því má búast við að tegundasamsetning orma breytist og að hlutfall lirfa hinna innfluttu tegunda lækki á kostnað fullþroska orma þegar líður á sumarið. Engar slíkar breytingar voru hins vegar sjáanlegar í gögnunum. Því má ætla að gamlar sýkingar frá vetrarstöðvunum hverfi fljótt og að ormarnir sem fundust í athuguninni séu alfarið sýkingar af Íslandsmiðum eða að fuglarnir beri sömu ormategundir frá vetrarstöðvunum og þeir sýkjast af hér við land.

Þó flestir ormannanna sem fundust í fuglunum séu þekktir úr stórum hópi fugla eru aðstæður í hverri fuglategund væntanlega mishentugar hverri ormategund. Hýsilsérhæfing þráðorma í sjófuglum er lítt þekkt en búast má við að vægi hennar aukist eftir því sem ormafána fjarskildari fugla er borin saman (Kennedy 1975). Fuglategundirnar í athuguninni tilheyra tveim ættbálkum, þremur ættum og fimm ættkvíslum. Munur ormafáunnar eftir fuglategundum er því sennilega að miklu leyti afleiðing mismunandi fæðuvals þó gera megi ráð fyrir einhverjum áhrifum hýsilsérhæfingar. Tegundasamsetning, magn og aldur bráðar hafi þannig samverkandi áhrif á tegundasamsetningu, tíðni og fjölda orma í fuglunum.

Fæða lunda, langvíu, álku og ritu samanstendur aðallega af loðnu norður af Íslandi en sandsílum vestur, suður og austur af landinu. Ljósáta og önnur smá krabbadýr eru einnig veigamikil í fæðu þessara fugla. Stuttnefja finnst aðallega úti fyrir Norðurlandi. Hún flýgur langt frá ströndinni í leit að æti sem samanstendur aðallega af stórrí loðnu, sandsílum, ljósátu og sviflægum marflóm. Fæða fýls er að miklu leyti fiskúrgangur frá fiskiskipum en náttúruleg fæða hans samanstendur af sömu fæðuhópum og fæða annara sjófugla (Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson 1997).

Sú staðreynd að enginn munur virðist vera á ormafánu fuglanna eftir svæðum umhverfis Ísland þrátt fyrir fyrrgreindan svæðismun í fæðuvali bendir til þess að loðna og sandsíli beri sömu ormategundir eða að helstu millihýslar séu aðrir fæðuhópar sem ekki eru eins áberandi í fæðu fuglanna.

Fjöldi orma í fuglunum fylgdi ekki áætlaðri daglegri orkuþörf fuglanna. Langvíur og stuttnefjur eru taldar þurfa um 2000 kJ á dag, álka og lundi um helmingi minna og þörf fuglategundanna með besta flugaðlögum, ritu og fýls, liggur um fimmtungi þar fyrir neðan eða um 800 kJ á dag (Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson 1997). Samkvæmt þessu mætti búast við hærri sýkingu í lunda en lægri sýkingu í fýl. Ástæður ósamræmisins liggja væntanlega í mun á fæðuvali og aldri fiskbráðar. Fýlar sækja að miklu leyti fæðu sína í frákast frá fiskiskipum sem samanstendur aðallega af innyflum úr stórum fiskum. Loðna í fæðu lunda virðist aftur á móti smærri en hjá öðrum fuglum sem athugaðir hafa verið (Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson, óbirtar niðurst.). Niðurstöður sambærilegra mælinga á sandsílum í fæðu fuglanna eru enn sem komið er ekki tiltækar.

Nánari athuganir á fæðu fuglanna munu væntanlega gefa frekari vísbendingar um helstu millihýsla ormannanna. Beinar athuganir á þeim fæðutegundum sem þykja líklegir millihýslar eru þó nauðsynlegar áður en fullyrt verður um helstu sýkingarleiðir. Markvissar athuganir á loðnu og sandsílum geta skorið úr um þátt þessara tegunda í lífsferlum ormannanna. Eins er áhugavert að kanna ormasýkingar í fiskúrgangi sem fellur frá fiskiskipum. Athuganir á hryggleysingjum gætu reynst erfiðari þar sem tíðni sýkinga í fyrstu millihýslum er yfirleitt mjög lág.

Þakkarorð

Ragnhildur Ólafsdóttir, Salome Guðmundsdóttir og Guðbjörg Haraldsdóttir unnu við úrvinnslu sína. Verkefnið tengist fjölstofnaverkefni Hafrannsóknastofnunarinnar og var auk þess styrkt af Lýðveldissjóðnum.

Heimildir

- Anderson, R.C., 1992. Nematode parasites of vertebrates, their development and transmission. CAB International, U.K. 578 s.
- Anderson, R.C., P.L. Wong, 1982. The transmission and development of *Paracuararia adunca* (Creplin, 1846) (Nematoda: Acuarioidea) of gulls (Laridae). *Can. J. Zool.*, 60: 3092-3104.
- Arnþór Garðarsson, 1995. Svartfugl í íslenskum fuglabjörgum. *Bliki*, 16: 47-65.
- Arnþór Garðarsson, 1996. Ritubyggðir. *Bliki*, 17: 1-16.
- Baer, J.G., 1956. Parasitic helminths collected in West Greenland. *Medd. Grønland*, 124: 1-55.
- Berland B., 1961. Nematodes from some Norwegian marine fishes. *Sarsia*, 2: 1-50.
- Brown, R.G.B., 1985. The Atlantic alciidae at sea. Í: Nettleship, D.N., T.R. Birkhead (ritstj.): *The Atlantic Alciidae*. London, Academic Press, 383-426.
- Droplaug Ólafsdóttir (Í undirbúningi). Parasites in long rough dab (*Hippoglossoides platessoides limandoides*) in Icelandic waters.
- Erlingur Hauksson, 1992. Hringormasýkingar nokkurra fisktegunda við Íslandsstrendur. *Hafrannsóknir*, 43: 107-123.
- Galaktionov, K.V., 1996. Life cycle and distribution of seabird helminths in Arctic and sub-Arctic regions. *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology* 6: 31-49.
- Gibson, G.G., 1964. Taxonomic and biological observations on *Streptocara californica* (Gedoelst, 1919) Gedoelst and Liégeois, 1922 and the genus *Streptocara* (Nematoda: Acuariidae). *Can. J. Zool.*, 42: 773-783.
- Gibson, G.G., 1968. Species composition of the genus *Streptocara* Railliet *et al.*, 1912 and the occurrence of these avian nematodes (Acuariidae) on the Canadian Pacific Coast. *Can. J. Zool.*, 46: 629-645.
- Gibson, D.I., 1972. Contribution of the life-histories and development of *Cucullanus minutus* Rudolphi, 1819 and *C. heterochrous* Rudolphi, 1802 (Nematoda: Ascaridida). *Bulletin of the British Museum (Natural History (Zoology series))* 22: 151-170.
- Gunnar Jónsson, 1992. Íslenskir fiskar. 2. útg. Fjölvi. Reykjavík. 568 s.
- Hoberg, E.P., 1996. Faunal diversity among avian parasite assemblages: The interaction of history, ecology, and biogeography in marine systems. *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology* 6: 65-89.
- Hoberg, E.P., P.G. Ryan, 1988. Ecology of helminth parasitism in *Puffinus gravis* (Procellariiformes) on the breeding grounds at Gough Island. *Canadian Journal of Zoology* 67: 220-225.
- Jansen, J., 1979. On the species composition of the genus *Seurattia* Skrjabin, 1916 (Nematoda: Streptocaridae). *Revista Ibérica de Parasitología* 39: 123-127.
- Jónbjörn Pálsson, M. Beverley-Burton, 1984. Helminth parasites of Capelin, *Mallotus villosus*, (Pisces: Osmeridae) of the North Atlantic. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 51: 248-254.
- Karl Skírnisson, Áki Á. Jónsson, 1996. Parasites and ecology of the common eider in Iceland. *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology* 6: 126-127.
- Kennedy, C.R., 1975. *Ecological animal parasitology*. Blackwell Scientific Publ. 163 s.
- Kristján Lillindahl, Jón Sólmundsson, 1997. Sumarfæða sex sjófuglategunda við Ísland. Þetta rit.
- Kreis, H.A., 1958. Parasitic Nematoda. *The Zoology of Iceland*. II, 15b: 1-24.
- Køie, M., 1993a. Aspects of the morphology and life cycle of *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi) (Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae). *Canadian Journal of Zoology* 71: 1289-1296.
- Køie, M., 1993b. Nematode parasites in teleosts from 0 to 1540 m depth off the Faroe Islands (the North Atlantic). *OPHELIA* 38: 217-243.
- McDonald, M.E., 1969. *Catalogue of helminths of waterfowl (Anatidae)*. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, Special Scientific Report-Wildlife No. 126, Washington, D.C.
- Petter, A., J. Cabaret, 1995. Ascaridoid nematodes of Teleostean fishes from the eastern north Atlantic and seas of the north Europe. *Parasite* 2: 217-230.
- Rysavy, B., K.M. Ryzhikov (ritstj.), 1978. Helminths of fish eating birds of the Palearctic region I, Nematoda. Academia, Publishing house of the Czechoslovak Academy of Sciences. Prague. 318 s.
- Skroping, A., 1996. Why should marine and coastal bird ecologists bother about parasites? *Bulletin of the Scandinavian Society for Parasitology* 6: 98-102.
- Smith, J.W., 1983. *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809, det. Krabbe, 1878) (Nematoda: Ascaridoidea): morphology and morphometry of the larvae from euphausiids and fish, and a review of the life-history and ecology. *Journal of Helminthology* 57: 205-224.
- Ævar Petersen, 1982. Sjófuglar. Í: Arnþór Garðarsson, (ritstj.): *Fuglar*. Rit Landverndar 8: 15-60.
- Wong, P.L., R.C. Anderson, 1982. Redescription of *Paracuararia adunca* (Creplin, 1846) (Nematoda: Acuarioidea) from *Larus delawarensis* Ord. (Laridae). *Canadian Journal of Zoology* 60: 175-179.

Kvikasilfur í fjöðrum sjófugla úr Látrabjargi

Kristján Lilliendahl¹, Jón Sólmundsson¹, Ólafur K. Pálsson¹,

Puríður Ragnarsdóttir² og Guðjón Atli Auðunsson²

Hafrannsóknastofnunin¹, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins²

Ágrip

Erlendar rannsóknir benda til þess að í búkfjöðrum sex tegunda fullorðinna sjófugla úr Látrabjargi sé hlutfallslega meiri styrkur kvikasilfurs en í sömu tegundum frá Skotlandi og Norður-Noregi. Hinsvegar er styrkur kvikasilfurs í öðrum sjávarlífverum við landið lítil en ætla má að kvikasilfur berist í fuglana með fæðu þeirra. Til þess að athuga þetta misræmi nánar öfluðum við sýna úr Látrabjargi 1995 og endurtókum erlendu rannsóknirnar með því að mæla kvikasilfur bæði í búkfjöðrum fullorðinna fugla og dúni og fjöðrum unga. Niðurstöðurnar eru þær að við staðfestum hlutfallslega mikinn styrk kvikasilfurs í fjöðrum fullorðinna fugla úr Látrabjargi. Samanburður við fullorðna fugla frá Skotlandi og Noregi leiðir í ljós að í fjórum tegundum var styrkur kvikasilfurs mestur í fuglum úr Látrabjargi. Einungis í lundum og langvíum frá Skotlandi hefur mælst meiri styrkur en í íslensku fuglunum. Miðað við fjaðrir fullorðinna fugla mældist talsverður styrkur kvikasilfurs í ungunum sem aðeins höfðu fengið fæðu af íslenskum hafsvæðum. Á hinn bóginn benda tvö atriði til þess að styrkur kvikasilfurs í fjöðrum sjófugla úr Látrabjargi þurfi hvorki að endurspeglar ástand á íslensku vistkerfi né geri það frábrugðið öðrum vistkerfum sem samsvarandi upplýsingar liggja fyrir um. Í langvíum og stuttnefjum þaðan virðist vera minni styrkur kvikasilfurs í lifur en í sömu tegundum annars staðar við Norðaustur Atlantshaf. Ennfremur minnkar styrkur kvikasilfurs í fjöðrum og dúni unga úr Látrabjargi með aldri þeirra sem bendir til þess að í fæðunni sé hlutfallslega lítil styrkur kvikasilfurs. Þessar niðurstöður vekja upp ýmsar spurningar. Hver er skýringin á því að í fuglum úr Látrabjargi virðist hlutfallslegur styrkur kvikasilfurs í fjöðrum vera mikill en lítil í lifrum? Á þetta ástand við um aðra hluta landsins, eða er það bundið við Látrabjarg? Er víst að kvikasilfrið komi úr íslenski fæðu og ef svo er, hvaða fæðu? Er munur á fæðu eða atferli fugla úr Látrabjargi samanborið við sömu tegundir annars staðar?

Inngangur

Kvikasilfur (Hg) er þungmálmur sem finnst í náttúrunni en hefur engu þekktu hlutverki að gegna í lífverum. Það getur verið hættulegt heilsu manna og hefur valdið manntjóni og fósturskaða, t.d. í Japan árið 1952. Á þurrlandi er það oftast í ólífrænu föstu formi bundið brennisteini. Ólífrænt kvikasilfur sem berst í hafið er aftur á móti tekið upp af ákveðnum bakteríum sem umbreyta því í lífrænt form, oftast metýl-kvikasilfur. Metýl-kvikasilfur flyst upp fæðuvefinn í hafinu þar sem styrkur þess vex með hverju þrepi. Lífræna formið er hættulegra lífverum m.a. vegna þess að stærstur hluti þess er tekinn upp í líkamann en ólífrænt kvikasilfur miklu síður. Kvikasilfur berst í hafið einkum vegna veðrunar bergs, eldgosa og iðnaðarmengunar.

Ránfiskar, sjávarspendýr og sjófuglar eru efstir í fæðukeðju sjávar og fá í sig kvikasilfur fyrst og fremst með fæðunni. Í fiskum og spendýrum virðist kvikasilfur safnast upp með auknum aldri, einkum í lifur og nýru. Öðru máli gegnir um sjófugla en styrkur kvikasilfurs í fjöðrum og líffærum virðist lítið sem ekkert aukast með aldri fuglanna (Furness o.fl. 1990, Thompson o.fl. 1991). Ástæða þess er sú að uppsafnað kvikasilfur í líkama fuglanna losnar úr læðingi við árleg fjaðraskipti og binst brennisteinsbrúm í vaxandi fjöðrum (sjá Braune og Gaskin 1987). Af þessum sökum er styrkur kvikasilfurs í ýmsum líffærum sjófugla lægstur strax eftir fjaðrafelli en fer síðan yfirleitt vaxandi fram að næstu fjaðraskiptum. Þetta verður einnig til þess að styrkur í fjöðrum er oftast meiri en í innri líffærum og er yfirleitt miðað við sjöfaldan styrk í fjöðrum samanborið við vöðva en um þetta hlutfall eru þó deildar meiningar (sjá Thompson o.fl. 1990).

Erlendar rannsóknir frá árunum 1987-1991 benda til þess að í fjöðrum sex tegunda sjófugla úr Látrabjargi sé yfirleitt meiri styrkur kvikasilfurs en í sömu tegundum frá Skotlandi og Noregi (Thompson o.fl. 1992a, Furness o.fl. 1994). Furness o.fl. (1994) hafa lagt fram þrjár tilgátur til skýringar á þessu. Í fyrsta lagi gæti fæða fuglanna og þar með kvikasilfursstyrkur hennar verið mismunandi á milli þessara staða. Í öðru lagi gæti sjórinn við

Látrabjarg innihaldið meira kvikasilfur en annars staðar t.d. vegna uppstreymis kvikasilfursríks sjávar í nágrenni bjargsins. Í þriðja lagi gæti kvikasilfur frá iðnaði í Norður Ameríku borist hingað með lægðum þar sem kvikasilfur ásamt blýi eru rokgjarnir málmar, en það telja þau líklegustu skýringuna (Furness o.fl. 1994). Þess má einnig geta að fyrir rúmum tuttugu árum var því haldið fram erlendis að styrkur kvikasilfurs væri hlutfallslega mikill í sjónum við Ísland. Sem orsök þess var nefnt að kvikasilfur frá amerískum iðnaði gæti losnað úr Grænlandsjökli við bráðnun hans við Norðvestur Ísland eða væri afleiðing eldvirkni hér á landi. Þessum niðurstöðum var síðar hnekktt (sjá Jón Ólafsson 1983).

Eina vísbendingin um að í hafinu hér sé mikið kvikasilfur er sú að styrkur þess mælist yfirleitt meiri í fjöðrum íslenskra sjófugla en skoskra og norskra fugla af sömu tegundum. Innihaldi hafið við Ísland meira kvikasilfur en annars staðar mætti ætla að styrkur þessi í öðrum dýrahópum í sjónum hér við land væri einnig meiri en í sömu dýrum við Skotland og Noreg. Sú er ekki raunin því styrkur kvikasilfurs í öðrum sjávarlífverum við landið er lítil, þar með talið í dýrahópum sem eru algeng fæða fuglanna. Spurningum sem þessu verkefni er ætlað að svara eru því tvær. Í fyrsta lagi hvort staðhæfingin um mikinn styrk kvikasilfurs í fjöðrum fugla úr Látrabjargi sé rétt. Ef styrkur kvikasilfurs í fjöðrum sjófugla úr Látrabjargi er í rauninni mikill og að því gefnu að það endurspegli ástandið í hafinu, gætu þessar niðurstöður vakið efasemdir um hreinleika sjávarins við Ísland. Slík túlkun gæti haft alvarlegar afleiðingar fyrir þjóð sem byggir afkomu sína að mestu leyti á sölu sjávarafurða. Þetta tengist einnig neyslu á sjófuglum, en eins og áður hefur komið fram er kvikasilfur hættulegt heilsu manna. Til þess að svara spurningunni öfluðum við nýrra sýna úr Látrabjargi og mældum í þeim styrk kvikasilfurs en munur á milli niðurstaðna tveggja aðila getur komið til af ýmsum ástæðum eins og vikið verður að síðar.

Í öðru lagi, að því gefnu að styrkur kvikasilfurs sé raunverulega mikill í fuglum úr Látrabjargi, er þessari rannsókn ætlað að leita svara við því hvort íslenskir sjófuglar hafi fengið þennan meiri styrk kvikasilfurs í fjaðrir sínar hér við land eða annars staðar. Umræddar tegundir eru sumar farfuglar og gætu því hafa náð í kvikasilfur erlendis að vetrarlagi. Þótt lítið sé vitað um vetrarstöðvar íslenskra sjófugla, benda endurheimtur merktra fugla til þess að þær séu mismunandi eftir tegundum. Sem dæmi má nefna að talið er að stuttnefjur og ungir lundar frá Íslandi hafi vetursetu við Nýfundnaland en álka og langvía á Norðursjó (Brown 1985). Ef skýringarinnar er að leita erlendis ættu því íslenskir fuglar yfirleitt að velja vetrarstöðvar með meiri styrk kvikasilfurs í fæðunni en fuglar frá Noregi og Skotlandi. Af þessum sökum mældum við styrk kvikasilfurs í fjöðrum og dúni unga og berum hann saman við styrk þess í fullorðnum fuglum. Þar sem ungarnir höfðu einungis verið við Látrabjarg og aðeins neytt fæðu þaðan, er ástæða til að ætla að mælingar á kvikasilfri í dúni þeirra og fjöðrum gætu varpað nokkru ljósi á hvaðan meintur mikill styrkur kvikasilfurs í fjöðrum fullorðinna fugla væri kominn. Tilgátan er sú að ef styrkur kvikasilfurs í ungunum reynist lítill mætti ætla að fullorðnu fuglarnir hafi fengið kvikasilfur í sig á öðrum hafsvæðum. Finnum við hinsvegar verulegan styrk í ungunum gæti það bent til þess að íslensk fæða þeirra innihaldi talsverðan styrk kvikasilfurs. Það myndi síðan vekja upp spurningar um hvaða fæðu væri að ræða og hvers vegna styrkur kvikasilfurs í henni væri mikill.

Aðferðir

Kannaður var styrkur kvikasilfurs í fjöðrum og dúni álku (*Alca torda*), langvíu (*Uria aalge*), stuttnefju (*U. lomvia*), lunda (*Fratercula arctica*), ritu (*Rissa tridactyla*) og fýls (*Fulmarus glacialis*) úr Látrabjargi. Einungis voru notaðar fjaðrir og dúnn af baki eða kvið fuglanna en búkfjaðrir eru taldar heppilegastar til þessara rannsókna þar sem breytileiki á milli sýna úr sama fugli verður þannig minnstur og samanburður á milli fugla nákvæmari (Furness o.fl. 1986). Styrkur kvikasilfurs var mældur í fjöðrum fullorðinna fugla, í dúni lítilla unga (hafa engar fjaðrir) og ýmist í fjöðrum eða dúni (ef fékkst) stærri unga umræddra tegunda, samtals 144 fuglar. Fuglunum var safnað árið 1995 í fjórum leiðöngrum, fyrst af r.s. Dröfn

þar sem fullorðnir fuglar voru skotnir á sjó. Ungar og þeir fullorðnu fuglar sem á vantaði voru teknir úr Látrabjargi seinna um sumarið og kæfðir (1. tafla).

Fuglarnir voru settir í sérstaka plastpoka (polypropylen) og frystir eins fljótt og auðið var. Úrvinnsla sýna hófst undir lok ársins 1995 en þá voru fuglarnir vegnir, reittir, krufðir og kyngreindir. Í framhaldi af því voru gerðar mælingar á styrk kvikasilfurs í fjöðrum og dúni í ársbyrjun 1996.

1. tafla. Fjöldi veiddra fugla skipt eftir aldri og dagsetningum sumarið 1995. Skammstafanir eru: F = fullorðinn fugl og U = ungi.

Dagsetn.	Álka		Stuttnefja		Langvía		Lundi		Rita		Fýll	
	F	U	F	U	F	U	F	U	F	U	F	U
1.-3.7.	7	-	13	-	12	-	1	-	13	-	12	-
13.-14.7.	6	7	-	12	-	5	-	-	-	3	-	9
25.7.	-	1	-	-	-	-	-	11	-	-	-	6
2.-3.8.	-	4	-	-	-	1	11	1	-	9	-	-
Samtals	13	12	13	12	12	6	12	12	13	12	12	15

Kvikasilfurmælingar voru framkvæmdar samkvæmt aðferðahandbókum snefilefnastofu Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins [auðkenni aðferðar: AMSD-CVAA-70 (4)]. Mæling fer þannig fram að sýni eru fyrst vatnsrofin í lút, síðan oxuð með saltpéturssýru og brennisteinssýru og að lokum með permanganati. Að því loknu er forafoxað með hydroxylamíni og síðan er kvikasilfur afoxað í Hg(0) með tindíklóríði og mælt með kaldgufuatómleypni við 253,65nm með D₂-bakgrunnsleiðréttingu. Tvísýni er mælt. Gæðaeftirlit mælingarinnar felur m.a. í sér mælingu á heimtum viðbættis kvikasilfurs í sýni og mælingu viðmiðunarefna. Tvímæling sýna er gerð þannig að unnt er að meta heildaróvissu hverrar mæliniðurstöðu, þ.e. óvissa mælingarinnar felur í sér alla óvissuþætti í mælingunni, s.s. einsleitni sýnis, vigtun, árangur niðurbrots, aflestur o.s.frv. Teknar voru 7-14 fjaðrir til niðurbrots, en óeinsleitni sýnis (mismunur í dreifingu kvikasilfurs milli fjaðra) er meginorsök óvissu í mælingu og hefur hún veruleg áhrif á heildaróvissu í meðaltali kvikasilfurs fyrir fuglahóp eins og greint er frá síðar.

Niðurstöður og umræður

Þegar meta skal niðurstöður mælinga á kvikasilfri kemur sér vel að hafa einhverskonar viðmiðun til samanburðar. Í 2. töflu er að finna upplýsingar um styrk kvikasilfurs (þurrvig) í algengu sjávarfangi við strendur Íslands. Í fjöðrum fugla var styrkur kvikasilfurs hinsvegar

2. tafla. Styrkur kvikasilfurs í ýmsu sjávarfangi við Ísland

Sjávarfang	Hg µg/g þurrvig
Þang og þari	<0,1
Rækja og humar	0,02-0,10
Loðna (vöðvi)	0,1
Síld (vöðvi)	0,2-0,3
Fiskvöðvi (þorskur, ýsa, sandkoli, karfi)	0,05-0,25
Hákarl, hámeri	2-15
Sjófuglafjaðrir/dúnn	1-15

mældur sem µg/g votvigtar. Fjaðrir eru aðallega úr keratíni, sem er brennisteinsríkt (cystine-ríkt) þráðlaga eggjahvítu efni. Keratín hrindir frá sér vatni og hefur þurrkun því lítill áhrif á þyngd fjaðra, þ.e. lítill munur er á því hvort niðurstöður um styrk kvikasilfurs eru gefnar sem hlutfall af þurrvig eða votvig (Appelquist o.fl. 1984). Munurinn á því hvort um þurrvig eða votvig er að ræða felst í því hvort fjaðrir hafi verið þvegnar og síðan þurrkaðar (yfirléitt við

50°C í 24 tíma) eða ekki. Þegar fjallað er um niðurstöður mælinga á styrk kvikasilfurs eru þær gefnar sem meðaltal í $\mu\text{g/g}$ votvigtar með \pm einu staðalfrávik, nema annað sé tekið fram.

Fullorðnir fuglar

Ætla má að varp geti haft áhrif á styrk kvikasilfurs í fjöðrum kvenfuglsins ef einhver hluti kvikasilfurs líkamans fer í eggid um vorið (Becker 1992, Lewis o.fl. 1993). Því var munur á milli kynja athugaður fyrir hverja tegund. Þótt styrkur kvikasilfurs væri oft meiri í karlfuglum, þá reyndist munurinn aldrei vera marktækur. Hér fyrir aftan er því niðurstöðum úr fjöðrum kven- og karlfugla slegið saman í eitt (arithmetic) meðaltal. Í 3. töflu er samantekt á niðurstöðum mælinga okkar á kvikasilfri í fjöðrum fullorðinna fugla úr Látrabjargi.

3. tafla. Styrkur kvikasilfurs í fjöðrum varpfugla úr Látrabjargi

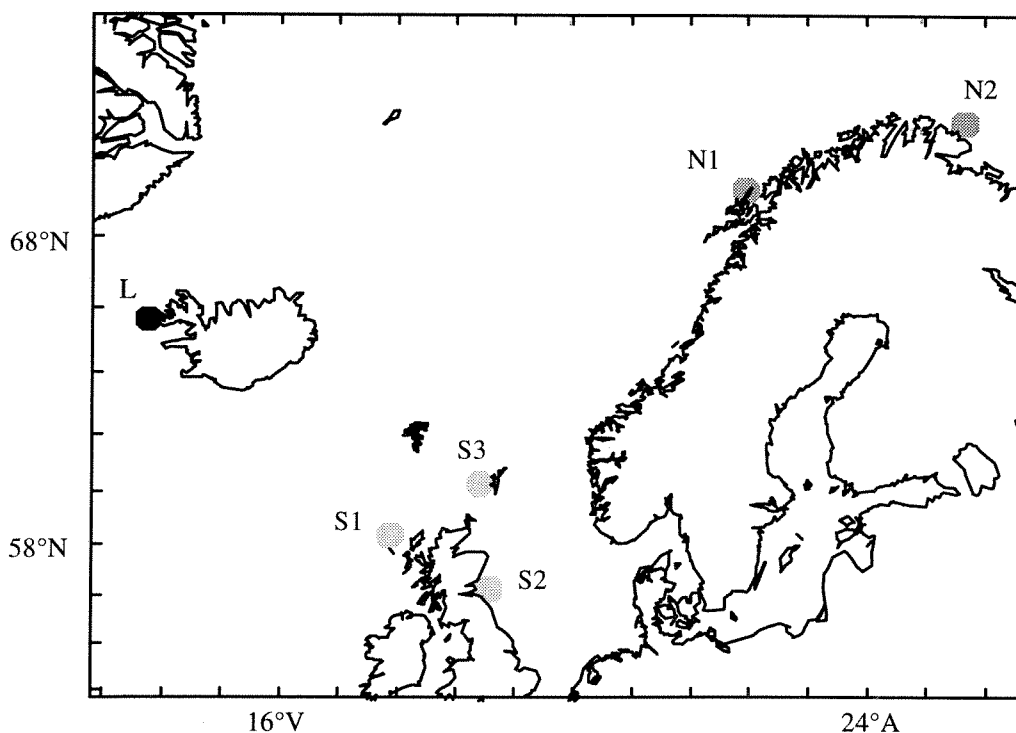
Fullorðnir varpfuglar	Meðalstyrkur kvikasilfurs (Hg), $\mu\text{g/g}$ votvigt	Staðalfrávik meðaltals, $\mu\text{g/g}$ votvigt	Meðalstaðalfrávik í mælingu $\mu\text{g/g}$ votvigt
Álka (n = 12)	2,3	0,5	0,2
Langvía (n = 12)	2,4	0,8	0,5
Stuttnefja (n = 13)	2,6	0,7	0,8
Lundi (n = 12)	4,3	1,2	1,2
Rita (n = 13)	6,1	1,9	1,1
Fýll (n = 12)	5,8	2,4	0,8

Með því að bera saman dálkana tvo lengst til hægri í 3. töflu má sjá að meðalstaðalfrávik í mælingum (lengst til hægri) er hlutfallslega stórt miðað við staðalfrávik meðaltalsins. Þetta þýðir að stóran hluta breytileikans af meðaltali hópsins má rekja til breytileika innan hvers einstaks fugls. Mismunur á milli þeirra tveggja sýna sem voru mæld frá hverjum fugli var því oft svipaður mismuninum á milli einstakra fugla. Ennfremur má skipta þessum sex fuglategundum í þrjá hópa á grundvelli styrks kvikasilfurs í fjöðrum þeirra. Í fyrsta hópnunum eru álka, langvía og stuttnefja með 2,3 til 2,6 $\mu\text{g/g}$, þá lundi með 4,3 $\mu\text{g/g}$ sem er marktækt meiri styrkur kvikasilfurs en í fyrsta hópnunum og marktækt minni en í þriðja hópnunum (t-próf), en í honum eru rita og fýll með 6,1 og 5,8 $\mu\text{g/g}$. Þessar tegundir eru ólíkar um margt og munurinn á milli þeirra í styrk kvikasilfurs gæti endurspeglad ólíka lífshætti og fæðu.

Í niðurstöðunum gerum við grein fyrir samanburði á milli nokkurra fuglabyggða við Norðaustur Atlantshaf (1. mynd). Fuglabyggðirnar eru Látrabjarg (L1 og L2), eyjan St. Kilda undan Norðvestur Skotlandi (S1), eyjar í Firth of Forth við Norðaustur Skotland (S2), eyjan Foula í Hjaltlandseyjaklasanum (S3), eyjan Bleiksøy á norðanverðum Lofoten við Noreg (N1) og Syltefjord og eyjan Hornøy nálægt landamærum Noregs og Rússlands (N2) (1. mynd, Thompson o.fl. 1992a). Einnig berum við okkar mælingar á fjöðrum fullorðinna fugla úr Látrabjargi 1995 (L1) saman við niðurstöður erlendra mælinga á fuglum þaðan frá árinu 1987 (L2, Thompson o.fl. 1992a, 2. mynd).

Álka

Við fengum svipaðan styrk kvikasilfurs í fjöðrum álku úr Látrabjargi (2,3 $\mu\text{g/g}$) árið 1995 og erlendu rannsóknirnar (2,7 $\mu\text{g/g} \pm 1,1$) sýndu 1987. Álkurnar sem við mældum voru með sama styrk í fjöðrum og álkur frá þremur fuglabyggðum í Skotlandi en marktækt meiri en fuglar frá Norðaustur Noregi (2. mynd a). Erlendu niðurstöðurnar sýndu sama styrk kvikasilfurs í fjöðrum íslenskra álka og þeirra frá St. Kilda, en að öðru leyti voru íslensku fuglarnir marktækt hærri en aðrir (Thompson o.fl. 1992a).



1. mynd. Staðsetning fuglabýggða við Norðaustur Atlantshaf þaðan sem styrkur kvikasilfurs í fjöðrum sjófugla var borinn saman við fugla úr Látrabjargi (sjá texta).

Langvía

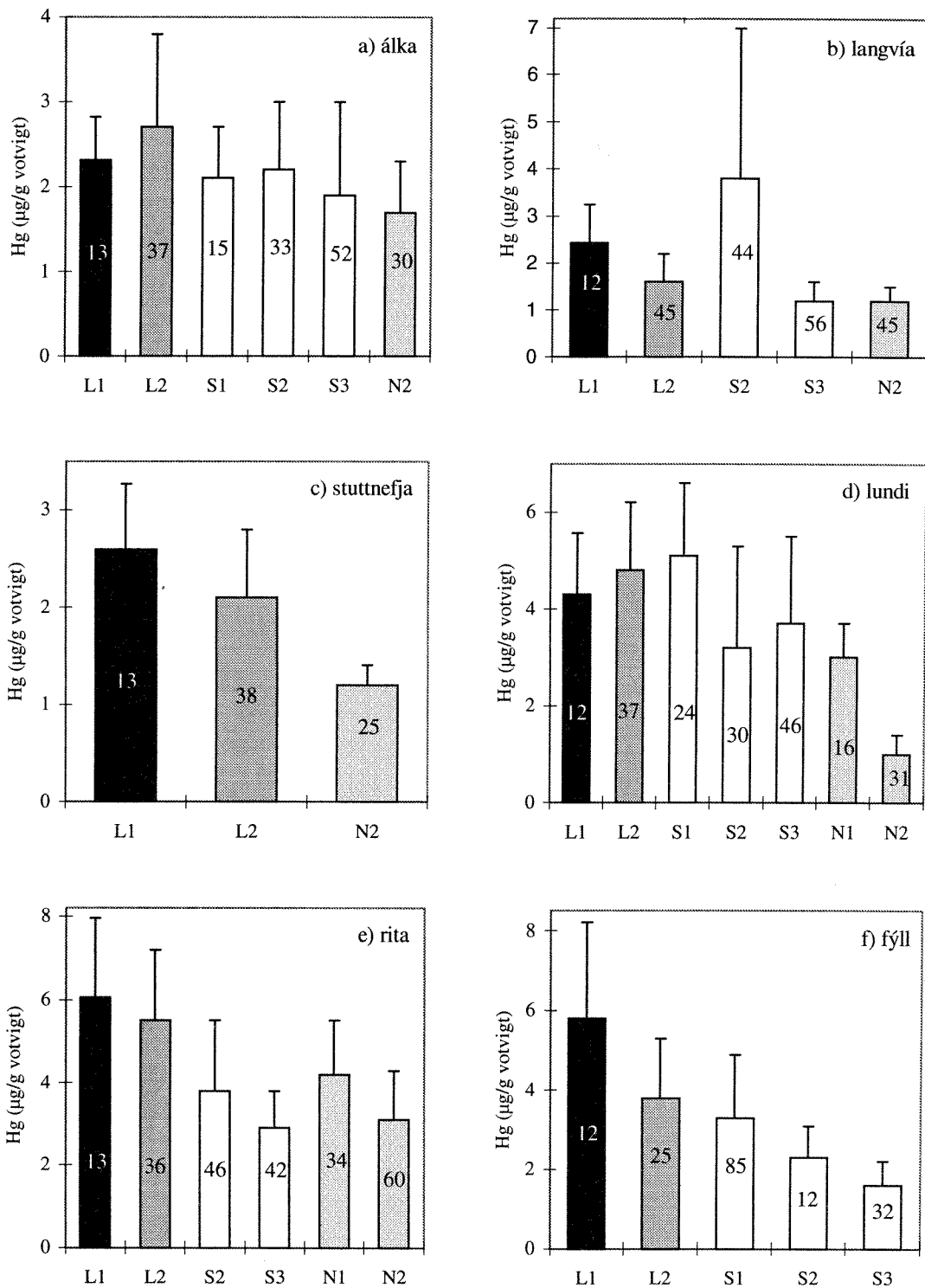
Niðurstöður okkar á styrk kvikasilfurs í fjöðrum langvíu úr Látrabjargi ($2,4 \mu\text{g/g}$) voru um 50% hærri og marktækt frábrugðnar erlendu niðurstöðunum frá árinu 1987 ($1,6 \mu\text{g/g} \pm 0,6$, 2. mynd b). Í íslensku fuglum var styrkur kvikasilfurs marktækt meiri en í langvímum frá Norðaustur Noregi og Hjaltlandseyjum en marktækt minni en í fuglum frá Firth of Forth, Skotlandi (Thompson o.fl. 1992a). Langvíur frá Norðvestur Skotlandi (Summer Isles) voru aftur á móti með sama styrk kvikasilfurs í fjöðrum og fuglarnir sem við mældum úr Látrabjargi (Stewart o.fl. 1994).

Stuttnefja

Okkar niðurstöður voru marktækt hærri ($2,6 \mu\text{g/g}$) en þær erlendu ($2,1 \mu\text{g/g} \pm 0,7$) á styrk kvikasilfurs í fjöðrum stuttnefju úr Látrabjargi (2. mynd c). Þá var styrkur kvikasilfurs í íslenskum stuttnefjum tvöfalt meiri en í fuglum frá Norðaustur Noregi, sem er tölfræðilega marktækur munur (Thompson o.fl. 1992a).

Lundi

Niðurstöðum okkar frá 1995 ($4,3 \mu\text{g/g}$) og erlendu niðurstöðunum frá árinu 1987 ($4,8 \mu\text{g/g} \pm 1,4$) ber allvel saman um styrk kvikasilfurs í fjöðrum lunda úr Látrabjargi. Eins og áður hefur komið fram (3. tafla) þá er þessi styrkur nálægt því að vera tvöfalt meiri en í svartfugli þaðan. Svipaður styrkur fannst í fjöðrum lunda frá St. Kilda, en styrkur kvikasilfurs í fuglum frá þessum tveimur stöðum var marktækt meiri en í lundum frá öðrum stöðum í Skotlandi og Noregi (Thompson o.fl. 1992a). Fjaðrir lunda frá Norðaustur Noregi hafa töluverða sérstöðu því styrkur kvikasilfurs í þeim er minni en á öðrum stöðum og um fimmfalt minni en í Látrabjargi (2. mynd d).



2. mynd a-f. Meðalstyrkur kvikasilfurs í fjöðrum sex tegunda sjófugla frá nokkrum fuglabyggðum við Atlantshaf. Svartar súlur (L1) sýna niðurstöður mælinga okkar úr Látrabjargi árið 1995 en aðrar niðurstöður eru frá Thompson o.fl. (1992a), dökkgráar súlur (L2) sýna eldri niðurstöður úr Látrabjargi, hvítar súlur sýna niðurstöður frá skoskum fuglabyggðum og ljósgráar frá norskum (sjá texta). Fjöldi fugla í sýni er skráður á súlurnar og línurnar sýna eitt staðalfrávik frá meðaltalinu.

Rita

Allgott samræmi var á milli okkar mælinga (6,1 µg/g) og þeirra erlendu frá árinu 1987 (5,5 µg/g ± 1,7) á styrk kvikasilfurs í fjöðrum ritu (2. mynd e). Samanburður við ritur frá öðrum stöðum leiðir í ljós að styrkur kvikasilfurs í íslenskum fuglum var að jafnaði rúmlega 50% meiri og marktækt frábrugðinn ritum frá Skotlandi og Noregi (Thompson o.fl. 1992a).

Fýll

Meðaltal okkar niðurstaðna á styrk kvikasilfurs í fjöðrum fýls úr Látrabjargi árið 1995 (5,8 µg/g) var meira en 50% hærra og marktækt frábrugðið erlendu niðurstöðunum (3,8 µg/g ± 1,5, 2. mynd f). Báðar þessar niðurstöður eru marktækt hærri en fengist hafa frá þremur fuglabýggðum í Skotlandi (Thompson o.fl. 1992a). Í fjöðrum fýls og ritu úr Látrabjargi var því styrkur kvikasilfurs meira en tvöfalt meiri en í svartfuglunum.

Sérstaða varpugla í Látrabjargi

Við nánari skoðun á erlendu niðurstöðunum (Thompson o.fl. 1992; Furness o.fl. 1994) kemur í ljós að íslenski fuglinn hefur nokkra sérstöðu, þar sem mikil fylgni er á milli kvikasilfurþéttni fuglafjaðranna úr Látrabjargi og annarra svæða fyrir allar ofangreindar fuglategundir auk svartbaks (*Larus marinus*) frá bæði Látrabjargi og eyjunni Foula (Hjaltlandseyjum). Ef undanskilinn er lundi frá Norðaustur Noregi, sem er mjög lágur, og langvía frá Firth of Forth (Skotlandi), sem er marktækt hærri en íslenska langvían, fæst að almennt er Látrabjargsfuglinn 27%±9s.d. (n=19, 5 svæði auk Íslands) hærri í kvikasilfri fjaðra en fjöðrum fugla af öllum öðrum svæðum í erlendu rannsókninni eða 27±17% hærri með 95% öryggismörkum. Lundasýnið frá St.Kilda (með 5,1±1,5µg/g(n=24)) ásamt langvíasýninu frá Firth of Forth (með 3,8±3,2µg/g(n=44)) eru einu sýnin frá öðrum stöðum sem eru hærri í kvikasilfri en fjaðrir af sömu fuglum úr Látrabjargi. Ef þetta lundasýni er ekki heldur tekið með í samanburðinum, þá verður munurinn á Látrabjargsfuglinum og öðrum svæðum 31%±7s.d. eða 31±14% með 95% öryggismörkum (n=18, 5 svæði auk Íslands).

Í búkfjöðrum sjófugla úr Látrabjargi (bæði 1987 og 1995) er yfirleitt meiri styrkur kvikasilfurs en í fuglum frá Skotlandi, Hjaltlandseyjum og Norður Noregi, þ.e. virðist fara vaxandi til vesturs. Því vaknar sú spurning hvort aðrar rannsóknir á sjófuglum gefi svipaðar niðurstöður. Rannsóknir á fullorðnum teistum (*Cephus grylle*) árið 1973 sýndu að styrkur kvikasilfurs í fimmtu handflugfjöður var mestur í fuglum frá Norður Eystrasalti, því næst frá Kattegat, þá frá Færeyjum og minnstur í teistum frá Grænlandi (Appelquist o.fl. 1985). Okkur er ekki kunnugt um að styrkur kvikasilfurs í íslenskum teistufjöðrum hafi verið mældur. Á sama hátt var mældur styrkur kvikasilfurs í fjöðrum langvíu og fengust sömu niðurstöður, þ.e. talsvert meiri styrkur í fuglum frá Eystrasalti en Færeyjum. Í stuttnefjum frá Grænlandi fékkst á sama tíma lægri styrkur kvikasilfurs í handflugfjöðrum en í langvíunum frá Færeyjum (Appelquist o.fl. 1985). Þessar niðurstöður eru í mótsögn við athaganir á búkfjöðrum sjófugla því þær benda til þess að styrkur kvikasilfurs lækki til vesturs. Út frá þeim hefði mátt ætla að styrkur kvikasilfur í fuglum úr Látrabjargi mældist á milli þess sem fannst í Færeyjum og á Grænlandi, hafi litlar breytingar orðið í umhverfinu frá miðjum áttunda áratuginum fram til 1987. Niðurstöðurnar benda hins vegar til þess að fuglar úr Látrabjargi hafi raunverulega þá sérstöðu að hafa meiri styrk kvikasilfurs í fjöðrum sínum en fuglar frá öðrum svæðum við Norðaustur Atlantshaf.

Aðrar niðurstöður fengust við könnun heimilda þar sem borinn var saman styrkur kvikasilfurs í lifur stuttnefju og langvíu úr Látrabjargi annars vegar og sömu tegundum frá öðrum stöðum við Norðaustur Atlantshaf hins vegar, en lifrin er einn helsti geymslustaður kvikasilfurs í líkama sjófugla. Í lifur stuttnefju úr Látrabjargi árið 1987 var styrkur kvikasilfurs 1,2 µg/g ± 0,5 þurrvigt (n = 10, Furness o.fl. 1994) sem er um 40 til 50% af því sem fannst í lifur stuttnefju frá bæði Norðaustur og Norðvestur Grænlandi á svipuðum tíma

(Nielsen og Dietz 1989). Þá var styrkur kvikasilfurs í lifrum stuttnefja frá Svalbarða 1977 um 50% meira en í fuglum úr Látrabjargi árið 1987 (Norheim 1987). Í lifur fullorðinnar langvíu úr Látrabjargi mældist kvikasilfur 1,3 µg/g ± 0,8 þurrvigt (n = 12, Furness o.fl. 1994) sem er um þriðjungur til helmingur þess styrks sem fannst í lifur langvíu frá Skotlandi (Summer Isles) í apríl og júní árið 1988 (Stewart o.fl. 1994). Þessir skosku fuglar hafa því marktækt meiri styrk kvikasilfurs í lifur en langvíur úr Látrabjargi þótt styrkur þess í fjöðrum hafi verið sá sami.

Athyglisvert er að niðurstöður okkar á styrk kvikasilfurs í búkfjöðrum fýls, langvíu og stuttnefju úr Látrabjargi árið 1995 voru marktækt hærrí en fengust 1987 (Thompson o.fl. 1992a). Hugsanlega er skýringin sú að einhver munur sé á aðferðum í þessum tveimur rannsóknum. Einnig gæti þetta bent til þess að einhver breyting hafi orðið á umhverfi, lífsháttum eða fæðu fugla úr Látrabjargi á þessu átta ára tímabili. Um þessi atriði er þó lítið vitað. Hins vegar virðist styrkur kvikasilfurs í fjöðrum fugla við Norður Atlantshaf hafa aukist síðustu 150 árin (Appelquist o.fl. 1985, Thompson o.fl. 1992b, Thompson o.fl. 1993) og gæti enn verið að aukast. Í þessu samhengi eru þó átta ár stuttur tími og t.d. sýna athuganir á styrk kvikasilfurs í fjöðrum fýls frá St. Kilda svipaðar niðurstöður á milli árunna 1977 og 1991 (Osborn o.fl. 1979, Thompson o.fl. 1992a).

Ungar

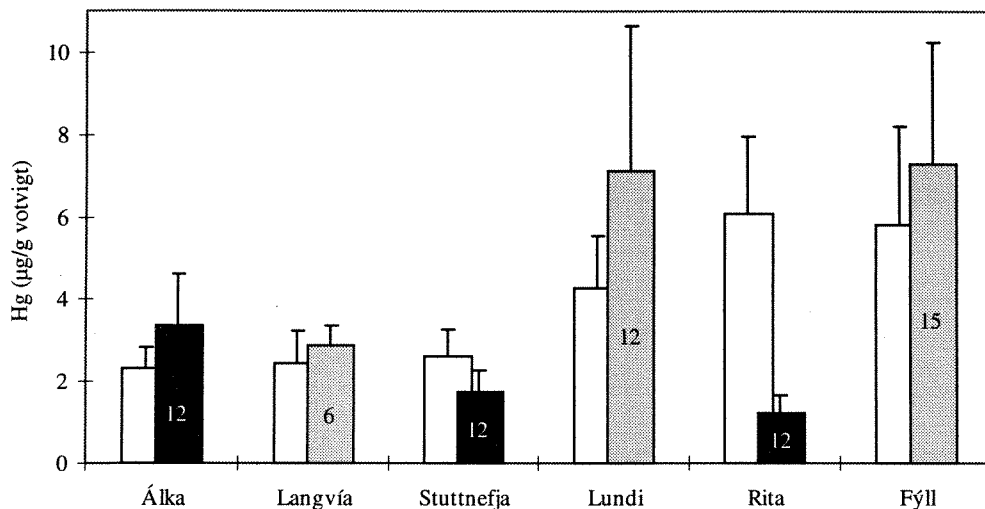
Mældur var styrkur kvikasilfurs í dúni unga þriggja tegunda (fýls, langvíu og lunda) og í fjöðrum unga fjögurra tegunda (álku, ritu, stuttnefju og lunda), því af ungum lunda fengust bæði fjaðrir og dúnn (4. tafla).

4. tafla. Styrkur kvikasilfurs í dúni og fjöðrum unga úr Látrabjargi

Ungar	Dúnn µg/g votvigt		Fjaðrir µg/g votvigt		Meðalstaðalfrávik í mælingu µg/g votvigt	
	Meðaltal	Staðalfrávik	Meðaltal	Staðalfrávik	Dúnn	Fjaðrir
Álka (n = 12)	-	-	3,4	1,3	-	0,3
Langvía (n = 6)	2,9	0,5	-	-	0,2	-
Stuttnefja (n = 12)	-	-	1,7	0,5	-	0,3
Lundi (n = 12,11)	7,1	3,5	2,9	1,0	2,1	0,4
Rita (n = 12)	-	-	1,2	0,4	-	0,1
Fýll (n = 15)	7,3	3,0	-	-	0,4	-

Í þremur tegundum af fjórum var marktækt minni styrkur kvikasilfurs í fjöðrum unga en fullorðinna fugla (t-próf, 95% öryggismörk). Fjaðrir rituunga voru að meðaltali með 20% (12 til 34%) af styrk kvikasilfurs í fjöðrum fullorðinna fugla, ungar stuttnefju með 67% (40 til 100%), og lundaungar voru með um 69% (55 til 155%). Ungar álku höfðu hins vegar marktækt meiri styrk kvikasilfurs í fjöðrum sínum en fullorðnar álkur, að meðaltali með um 150% af styrk fullorðinna (75 til 260%, 3. mynd).

Styrkur kvikasilfurs var marktækt hærrí í dúni lundaunga en í fjöðrum fullorðinna lunda (ungadúnn að meðaltali með 145% af styrk í fjöðrum fullorðinna, en féll frá 210% í 100% með stærð unga). Í dúni af ungum fýls og langvíu var styrkur kvikasilfurs svipaður og í fjöðrum fullorðinna fugla sömu tegunda (3. mynd). Þá voru fjaðrir lundaungans með marktækt minni styrk kvikasilfurs en dúnninn, eða um þrefalt lægri. Meiri styrkur kvikasilfurs í dúni en fjöðrum sama unga er í samræmi við rannsóknir á sílaþernu (*Sterna hirundo*) á bæði lítið og mikið menguðum svæðum, þar sem styrkurinn í dúninum var ávallt um tvöfalt meiri en í fjöðrunum (Furness o.fl. 1995).



3. mynd. Meðalstyrkur kvikasilfurs í dúni (gráar súlur) og fjöðrum (svartar súlur) unga borinn saman við styrk þess í fjöðrum fullorðinna fugla (hvítar súlur) úr Láttrabjargi. Fjöldi fugla í sýni er skráður á súlurnar og strikin sýna eitt staðalfrávik frá meðaltalinu.

Styrkur kvikasilfurs hefur ekki verið mældur í ungum umræddra sjófuglategunda frá Noregi og Skotlandi og því er beinn samanburður ekki mögulegur. Hinsvegar hafa allnokkrar rannsóknir farið fram á hlutfallslegum styrk kvikasilfurs í fullorðnum fuglum og ungum annarra tegunda. Í ýmsum hegrategundum var styrkur kvikasilfurs í dúni og fjöðrum unga á bilinu 9-45% af styrk þess í fullorðnum fuglum (Hoffman og Curnow 1979, Honda o.fl. 1985, 1986). Í sænskum förufálkum (*Falco peregrinus*) var hlutfallslegur styrkur kvikasilfurs í ungum 28-47% (Lindberg og Odsjö 1983), í fálkum (*F. rusticolus*) 15-75% (Lindberg 1984), í skúmum (*Chatharacta skua*) 19% (Thompson o.fl. 1991) og í ungum máfategundar einnar var styrkur kvikasilfurs 80% af styrk þess í fullorðnum fuglum (Furness o.fl. 1990). Í súlu (*Sula bassana*) hafði fullorðinn fugl 3-4 sinnum meiri styrk kvikasilfurs í fjöðrum en fullvaxinn ungi (Walsh 1990). Samkvæmt þessu virðist styrkur kvikasilfurs í fjöðrum unga geta verið á mjög breiðu bili eða frá 10 til 80% af styrk þess í fjöðrum fullorðinna fugla og ugglaustr meiri ef fleiri fuglategundir hefðu verið skoðaðar. Í fjöðrum rituunga úr Láttrabjargi var styrkur kvikasilfurs um 20% af styrk þess í fullorðna fuglinum, í fjöðrum unga stuttnefju og lunda var styrkur kvikasilfurs tæplega 70% af styrk þess í fullorðnum fuglum en um 150% í tilviki álku. Samanborið við ofangreindar erlendar athuganir virðist því styrkur kvikasilfurs vera nokkuð hár í fjöðrum unga stuttnefju og lunda en sérstaklega þó álku en mjög varlega verður að fara í þessum samanburði þar sem um ólíkar fuglategundir er að ræða. Á mun á milli tegunda getur verið um ýmsar skýringar að ræða. Sem dæmi, þá voru rituungarnir (með um 20% af því sem fannst í fullorðnum ritum) þroskaðri en ungar annarra tegunda sem mældir voru, margir þeirra voru næstum fleygir, en eins og fram kemur hér á eftir getur styrkur kvikasilfurs lækkað með aldri ungans. Á mun á milli tegunda getur verið um ýmsar skýringar að ræða. Fæða ritu er svipuð fæðu álku, stuttnefju og lunda og því ekki líkleg sem skýring á minni hlutfallslegum styrk kvikasilfurs í rituunga miðað við fullorðinn fugl. Hins vegar voru rituungarnir þroskaðri en ungar annarra tegunda sem mældir voru, en styrkur kvikasilfurs getur minnkað með aldri ungans. Ennfremur má nefna að rita eignast oftast tvo unga í Láttrabjargi en lundi og stuttnefja einn. Það bendir til þess að hluti kvikasilfurs í ungunum gæti verið komið beint frá móðurinni í eggjð. Þá fengu rituungar hlutfallslega helmingi minna kvikasilfur í sinn hlut en hinar tegundirnar.

Einnig var athugað hvernig styrkur kvikasilfurs breytist með aldri unganna. Fáir ungar fæðu sem inniheldur hlutfallslega lítið kvikasilfur mætti búast við lækkun í styrk þess samhliða

Því að unginna eldist og fleiri fjaðrir myndast. Þetta ætti að gerast vegna þess að unginna notaði nýjan dúna og fjaðrir til þess að losna við kvikasilfur úr líkamanum og ætti styrkurinn því að vera mestur í dúni og þeim fjöðrum sem fyrst myndast. Við fengum marktæka lækun á styrk kvikasilfurs með aukinni þyngd unga í fjöðrum ritu og lunda en ekki álku og stuttnefju (t-próf, 95% öryggismörk). Á svipaðan hátt og fyrir fjaðrirnar, þá reyndist styrkur kvikasilfurs í dúni lækka marktækt með þyngd unga bæði lunda og fýls, en ekki langvíu. Til dæmis féll styrkur kvikasilfurs í dúni fýlsunga frá því að vera hæstur 220% af meðalstyrk þess í fjöðrum fullorðinna fýla í það að vera tæplega 40%. Styrkur kvikasilfurs jókst aldrei með aukinni þyngd unga úr Látrabjargi. Aftur á móti hefur komið fram í nokkrum erlendum athugunum að styrkur kvikasilfurs í ungum getur aukist með aldri. Sem dæmi óx styrkurinn í vefjum og dúni unga sílaþernu með aldri (þyngd) vegna áframhaldandi neyslu á kvikasilfursríkri fæðu (Becker o.fl. 1993) og svipaðar niðurstöður hafa fengist hjá ýmsum hegrategundum (Hoffman og Curnow 1979, Honda o.fl. 1986). Minnkun á styrk kvikasilfurs í ungum með aldri bendir til þess að fæða unganna innihaldi minna kvikasilfur en sem svarar til styrks þess í unganum við klak.

Líklega er styrkur kvikasilfurs í blóði fugla að sumarlagi að hluta til vegna uppsafnaðs kvikasilfurs úr fæðu þeirra frá síðasta fjaðrafelli og að hluta til vegna nýlega étinnar fæðu (Scheuhammer 1988, sjá Thompson o.fl. 1991). Línuleg fylgni á milli styrks kvikasilfurs í blóði og í öðrum vefjum, sérstaklega nýrum og lifur, hefur fundist hjá ýmsum fuglategundum. Þessi fylgni nær einnig til eggisins og þar með ungans (Gochfeld 1980, Heinz 1980, Stoneburner o.fl. 1980, Lewis og Furness 1991, Lewis o.fl. 1993) og t.d. var heildarmagn kvikasilfurs í eggji sílaþernu það sama og í öllum nýklöktum unganum (Becker o.fl. 1993). Ennfremur hefur verið sýnt fram á að kvikasilfur í eggjahvítu fuglaeggja á rætur að rekja til kvikasilfurs í blóði móðurinnar (Romanoff og Romanoff 1949, Bäckström 1969, Jakubowski o.fl. 1970). Ætla má að stór hluti þess kvikasilfurs sem í unganum er, sé að finna í dúninum. Styrkur þess í dúni getur verið sexfalt meiri en í unganum öllum og um 38% af heildarmagni kvikasilfurs í unganum hefur fundist í dúninum (Heinz 1980, Becker o.fl. 1993). Styrkur kvikasilfurs í dúni og fjöðrum unganna endurspeglar þannig að verulegu leyti ástandið í blóði kvenfuglsins við varp.

Almennar umræður og ályktanir

Niðurstöður okkar staðfesta hlutfallslega mikinn styrk kvikasilfurs í fjöðrum fullorðinna sjófugla úr Látrabjargi. Þær styðja því erlendu mælingarnar og ekkert bendir til þess að styrkur kvikasilfurs hafi þar verið ofmetinn. Einungis í lundum og langvíum frá sitt hvorum staðnum í Skotlandi hefur mælst svipaður eða meiri styrkur en í íslensku fuglunum (2. mynd d og b).

Á þessu stigi er erfitt að skýra hvers vegna fullorðnir sjófuglar úr Látrabjargi hafa meiri styrk kvikasilfurs í fjöðrum en sömu tegundir við Skotland og Noreg. Ef styrkur kvikasilfurs væri meiri í íslensku umhverfi en annars staðar ætti annað sjávarfang að sýna sömu tilhneigingu. Sú er ekki raunin og sem dæmi má nefna að í holdi þorsks við Ísland er styrkur kvikasilfurs svipaður og í þorski frá Norður Noregi og aðeins um helmingur þess sem er að finna í þorski frá Austur Skotlandi og Mið Noregi (Anon. 1988, Anon. 1989, Anon. 1990, Magnús Jóhannesson o.fl. 1995). Svipaðar niðurstöður fást fyrir krækling sem oft er notaður við mat á styrk málma, þ.m.t. kvikasilfurs, í nánasta umhverfi hans. Styrkur kvikasilfurs í íslenskum kræklingi er um þrefalt minni en við Mið Noreg, fimmfalt minni en við Hjaltlandseyjar og fimmtánfalt minni en er að finna í kræklingi frá Firth of Forth, á Norðaustur Skotlandi (Magnús Jóhannesson o.fl. 1995 og heilmildir þar í). Við frekari athugun á rökstuðningi Furness o.fl. (1994) fyrir því að líklegast sé um kvikasilfurmengun af mannavöldum að ræða við Látrabjarg, kemur í ljós að hann er byggður á afar vafasömum forsendum. Þeir hafa uppi tvær tilgátur á þessari niðurstöðu sinni sem þeir vilja sannreyna með mælingum á fleiri málum en kvikasilfri í lifur fuglanna, þ.e. kadmín, blý, sink og kopar. Fyrir það fyrsta þá draga þeir þá ályktun að kvikasilfur hafi líklegast borist til Látrabjargs með

loftstraumum sem svo aftur þýddi að aðrir málmar ættu að vera hér í miklum styrk. Sérstaklega ætti þetta við um blý, þar sem bæði kvikasilfur og blý eru rokgjarnir og berast því auðveldlega með loftmössum. Þessu er til að svara að rannsóknir á styrk blýs í íslensku lífríki sýna að hann er mjög lítill (Magnús Jóhannesson o.fl. 1995) og voru niðurstöður um styrk m.a. blýs og kvikasilfurs í kræklingi frá SV-landi birtar fyrir rúmum tíu árum (Jón Ólafsson 1986). Niðurstöður Furness o.fl. (1994) um blý í lifur íslensku fuglanna gátu þeir hins vegar illa túlkað því sambærilegar niðurstöður fyrir svartfugl frá öðrum stöðum í Norðaustur Atlantshafi voru þeim ekki handbærar. Í öðru lagi greina Furness o.fl. (1994) frá því að kadmín berist jafnmikið um jörðina með loftstraumum sem ám og sjávarstraumum. Af þessu draga þeir þá ályktun að þar sem kvikasilfur og kadmín hafi báðir hegðun næringarefna í sjó (og vísa þessu til staðfestingar í Burton og Statham 1990), þ.e. að styrkur þeirra sé lítill í efri lögum sjávar þar sem þeir séu teknir upp af lífríkinu þar og safnist þannig ríkulega upp í því, sérstaklega þegar ofar kemur í fæðukeðjunni, þá ætti kadmín líklega að vera í miklum styrk í vefjum fuglanna. Niðurstöður Furness o.fl. (1994) um kadmín í lifur íslensku fuglanna sýna hins vegar að það er í svipuðum styrk og í sömu fuglum á Vestur-Svalbarða og nokkru minni en í sömu fuglum á Grænlandi (Furness o.fl. 1994 og heimildir þar í). Þess er einnig að geta að kvikasilfur hegðar sér ekki eins og næringarefni í sjó en það gerir kadmín hins vegar eins og t.d. Burton og Statham (1990) greina frá. Af öllu ofangreindu má telja það afar ólíklegt að hugmyndir Furness o.fl. (1994) um kvikasilfursmengun af mannavöldum eigi við um íslenskt umhverfi. Þegar við þetta bætist að styrkur kvikasilfurs í lifur langvíu og stuttnefju er minni í Látrabjargi en annars staðar við Norðaustur Atlantshaf virðist ljóst að samspil kvikasilfurs í fæðu og vefjum fugla er ekki einfalt. Landfræðilegar skýringar á styrk kvikasilfurs í fjöðrum fugla úr Látrabjargi eiga allavega ekki við. Því hlýtur skýringarinnar að vera að leita hjá fuglunum sjálfum. Til greina kemur að í Látrabjargi þurfi fuglar að hafa meira fyrir lífinu en annars staðar (Erpur S. Hansen og Broddi R. Hansen 1997), t.d. vegna lengri fæðuöflunarferða. Þeir þyrftu þá að éta hlutfallslega meira og uppsöfnun kvikasilfurs yrði að sama skapi meiri. Önnur skýring gæti verið sú að fæða fuglanna hér við land sé með einhverjum hætti öðruvísi en við Skotland og Noreg. Við teljum líklegast að um einhverskonar sambland af þessum skýringum eigi við, en þörf er frekari athugana á þessu.

Niðurstöður okkar mælinga á styrk kvikasilfurs í dúni og fjöðrum unga úr Látrabjargi sýna talsverðan styrk af kvikasilfri í ungunum. Styrkurinn virðist hins vegar minnka með þyngd unganna sem bendir til þess að einhver hluti kvikasilfursins í þeim sé kominn úr blóði móðurinnar. Spurningin verður þá um uppruna kvikasilfursins í blóði kvenfuglsins. Í því sambandi hefur afgerandi þýðingu hve langa viðdvöl kvikasilfur úr fæðunni hefur í blóðinu. Ef um stuttan tíma er að ræða, daga eða vikur, endurspeglar blóð fuglanna og þar með ungarnir sérstöðu íslenskrar fæðu eða hátterni fuglanna. Lengri viðdvöl kvikasilfurs í blóði gæti á sama hátt endurspeglad uppsafnaðan styrk þess frá síðasta fjaðrafelli og þar með fæðu eða atferli fuglanna að vetrarlagi. Ekki er ólíklegt að báðar skýringarnar eigi við en um hlutfallslegt vægi þeirra er lítið vitað.

Varðandi neyslu á kjöti sjófugla gefa niðurstöður okkar ákveðnar vísbendingar. Ef reglan um sjöfalt minni styrk kvikasilfurs í kjöti en fjöðrum (sjá Thompson o.fl. 1990) á við um íslenska sjófugla er styrkur kvikasilfurs í kjöti þeirra undir leyfilegu hámarki í matvælum á Íslandi. Beinar mælingar á kjöti liggja þó ekki fyrir. Með þeim fyrirvara að styrkur kvikasilfurs í kjöti íslenskra sjófugla hefur ekki verið mældur teljum við að niðurstöður þessar gefi ekki tilefni til breytinga á neyslu á sjófuglum.

Niðurstöður þessa verkefnis sýna að þörf er frekari rannsókna á styrk kvikasilfurs í íslenskum sjófuglum og umhverfi þeirra. Forvitnilegt væri að vita hvort þetta ástand á einnig við um aðra hluta landsins en Látrabjarg. Nánari upplýsingar um fæðu og fæðunám íslenskra og erlendra sjófugla og styrk kvikasilfurs í ýmsum fæðutegundum fuglanna væru einnig áhugaverðar. Styrkur kvikasilfurs í búkfjöðrum fugla úr Látrabjargi er hlutfallslega mikill en að sama skapi virðist styrkurinn í lifur langvíu og stuttnefju þaðan vera lítill. Frekari

rannsóknna væri þannig þörf á lifur svo og öðrum vefjum fuglanna. Á þessari sérstöðu Látrabjargsfuglsins höfum við enn sem komið er enga viðhlýtandi skýringu.

Þakkir

Við viljum þakka áhöfninni á r.s. Dröfn, Guðmundi A. Guðmundssyni og merkingaleiðangri Náttúrufræðistofnunar Íslands aðstoð við öflun sýna og Jóni Ólafssyni lestur handrits. Fé frá Lýðveldissjóði gerði þessa rannsókn mögulega.

Heimildir

- Anon., 1988. ICES, Coop. Res. Rep., No. 151.
- Anon., 1989. ICES, Coop. Res. Rep., No. 162.
- Anon., 1990. Baltic Sea environment proceedings, No. 35B.
- Appelquist H., S. Asbirk, I. Drabæk, 1984. Mercury monitoring: mercury stability in bird feathers. Mar. Poll. Bull. 15: 22-24.
- Appelquist H., I. Drabæk, S. Asbirk, 1985. Variation in mercury content of guillemot feathers over 150 Years. Mar. Poll. Bull. 16: 244-248.
- Becker P.H., 1992. Egg mercury levels decline with laying sequence in Charadriiformes. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 48: 762-767.
- Becker P.H., R.W. Furness, D. Henning, 1993. Mercury dynamics in young common tern (*Sterna hirundo*) chicks from polluted environment. Ecotoxicol. 2: 33-40.
- Braune B.M., D.E. Gaskin, 1987. Mercury levels in Bonaparte's gulls (*Larus philadelphia*) during autumn molt in the Quoddy region, New Brunswick, Canada. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 16: 539-549.
- Brown, R.G.B., 1985. The Atlantic alcidae at sea. Í: Nettleship, D.N., T.R. Birkhead, (ritstj.): The Atlantic alcidae. London, Academic Press, 383-426.
- Burton, J.D., P.J. Statham, 1990. Trace metals in seawater. Í: Furness, R.W., P.S. Rainbow, (ritstj.): Heavy metals in the marine environment. Boca Raton, Florida, CRC Press, 5-25.
- Bäckström J., 1969. Distribution studies of mercuric pesticides in quail and some freshwater fishes. Acta Pharmacol. Toxicol., 27, Supplement 3: 7-18.
- Erpur S. Hansen, Broddi R. Hansen, 1997. Mælingar á orkuneyslu stuttnefju (*Uria lomvia*) og langvíu (*U. aalge*) í Látrabjargi með tvímerkту vatni ($^3\text{H}_2^{18}\text{O}$). Þetta rit.
- Furness, R.W., S.A. Lewis, J.A. Mills, 1990. Mercury levels in the plumage of red-billed gulls *Larus novaehollandiae scopulinus* of known sex and age. Environ. Pollut. 63: 33-39.
- Furness, R.W., S.J. Muirhead, M. Woodburn, 1986. Using bird feathers to measure mercury in the environment: relationships between mercury content and moult. Mar. Pollut. Bull. 17: 27-30.
- Furness, R.W., D.R. Thompson, F.M. Stewart, R.T. Barrett, 1994. Heavy metal levels in Icelandic seabirds as indicators of pollution. Í: Stötter, J., F. Wilhelm, (ritstj.): Environmental change in Iceland. Munchener Geographische Abhandlungen, B12: 101-110.
- Furness, R.W., D.R. Thompson, P.H. Becker, 1995. Spatial and temporal variation in mercury contamination of seabirds in the North Sea. Helgoländer Meeresunters. 49: 605-615.
- Gochfeld, M., 1980. The distribution of mercury in normal and abnormal young common terns. Mar. Poll. Bull. 11: 362-377.
- Heinz, G.H., 1980. Comparison of game-farm and wild-strain mallard ducks in accumulation of methylmercury. J. Environ. Pathol. Toxicol. 3: 379-386.
- Hoffman, R.D., R.D. Curnow, 1979. Mercury in herons, egrets, and their foods. J. Wildl. Manage. 43: 85-93.
- Honda, K., B.Y. Min, R. Tatsukawa, 1985. Heavy metal distribution in organs and tissues of the eastern great white egret *Egretta alba modesta*. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 35: 781-789.
- Honda, K., B.Y. Min, R. Tatsukawa, 1986. Distribution of heavy metals and their age-related changes in the eastern great white egret, *Egretta alba modesta*, in Korea. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 15: 185-197.
- Jakubowski, M., J. Piotrowski, B. Trojanowska, 1970. Binding of mercury in the rat: studies using $^{203}\text{HgCl}_2$ and gel filtration. Toxicol. Appl. Pharmacol. 163: 743-753.
- Jón Ólafsson, 1983. Mercury concentrations in the North Atlantic in relation to cadmium, aluminium and oceanographic parameters. Í: Wong, C.S., E. Boyle, K.W. Bruland, J.D. Burton, E.D. Goldberg (ritstj.): Trace metals in sea water. New York, Plenum Publishing Corp., 475-485.
- Jón Ólafsson, 1986. Trace metals in mussels (*Mytilus edulis*) from southwest Iceland. Mar. Biol. 90: 223-229.
- Lewis, S.A., P.H. Becker, R.W. Furness, 1993. Mercury levels in eggs, tissues, and feathers of herring gulls *Larus argentatus* from the German Wadden Sea coast. Environ. Poll. 80: 293-299.
- Lewis, S.A., R.W. Furness, 1991. Mercury accumulation and excretion in laboratory reared black-headed gull *Larus ridibundus* chicks. Arch. Environ. Cont. 21: 316-320.
- Lindberg, P., 1984. Mercury in feathers of Swedish gyrfalcons, *Falco rusticolus*, in relation to diet. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 32: 453-459.

- Lindberg, P., T. Odsjö, 1983. Mercury levels in feathers of peregrine falcon *Falco peregrinus* compared with total mercury content in some of its prey species in Sweden. *Environ. Pollut. Ser. B.* 5: 297-318.
- Magnús Jóhannesson, Jón Ólafsson, Sigurður M. Magnússon, Davíð Egilsson, Steinþór Sigurðsson, Guðjón A. Auðunsson, Stefán Einarsson, 1995. Mengunarmælingar í sjó við Ísland. Lokaskýrsla, Umhverfisráðuneytið.
- Nielsen, C.O., R. Dietz, 1989. Heavy metals in Greenland seabirds. *Meddelelser om Grønland. Bioscience* 29: 3-26.
- Norheim, G., 1987. Levels and interactions of heavy metals in sea birds from Svalbard and the Antarctic. *Environ. Poll.* 47: 83-94.
- Osborn, D., M.P. Harris, J.K. Nicholson, 1979. Comparative tissue distribution of mercury, cadmium and zinc in three species of pelagic seabirds. *Comp. Biochem. Physiol.* 64C: 61-67.
- Romanoff, A.L., A.J. Romanoff, 1949. *The avian egg.* New York, J. Wiley and Sons.
- Scheuhammer, A.M., 1988. Chronic dietary toxicity of methylmercury in the zebra finch, *Poephila guttata*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 40: 123-130.
- Stewart, F.M., D.R. Thompson, R.W. Furness, N. Harrison, 1994. Seasonal variation in heavy metal levels in tissues of common guillemots, *Uria aalge*, from northwest Scotland. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 27: 168-175.
- Stoneburner, D.L., P.C. Patty, W.B. Robertson, 1980. Evidence of heavy metal accumulation in sooty terns. *Sci. Tot. Environ.* 14: 147-152.
- Thompson, D.R., P.H. Becker, R.W. Furness, 1993. Long-term changes in mercury concentrations in herring gulls *Larus argentatus* and common terns *Sterna hirundo* from German North Sea coast. *J. Appl. Ecol.* 30: 316-320.
- Thompson, D.R., R.W. Furness, R.T. Barrett, 1992a. Mercury concentrations in seabirds from colonies in the Northeast Atlantic. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 23: 383-389.
- Thompson, D.R., R.W. Furness, P.M. Walsh, 1992b. Historical changes in mercury concentrations in the marine ecosystem of the north and north-east Atlantic ocean as indicated by seabird feathers. *J. Appl. Ecol.* 29: 79-84.
- Thompson, D.R., K.C. Hamer, R.W. Furness, 1991. Mercury accumulation in great skuas *Catharacta skua* of known age and sex, and its effects upon breeding and survival. *J. Appl. Ecol.* 28: 672-684.
- Thompson, D.R., F.M. Stewart, R.W. Furness, 1990. Using seabirds to monitor mercury in marine environments; the validity of conversion ratios for tissue comparisons. *Mar. Pollut. Bull.* 21: 339-342.
- Walsh, P.M., 1990. The use of seabirds as monitors of heavy metals in the marine environment. Í: Furness, R.W., P.S. Rainbow, (ritstj.): *Heavy metals in the marine environment.* Boca Raton, Florida, CRC Press, 183-204.

Lífshættir og fæðunám sjávarspendýra

Stofnþættir landsels og útsels

Erlingur Hauksson og Valur Bogason

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Bæði landsels- og útselsstofninn, hafa minnkað á síðustu árum. Landselsstofninn hefur minnkað um 6% árlega síðan 1980, en útselsstofninn stóð í stað fram til 1990, en hefur minnkað síðan þá. Árið 1995 voru um 14.000 (8.000-22.000) landselir og 8.000 (6.500-9.500) útselir við landið, en árið 1992 um 16.000 (9.000-25.500) landselir og um 9.000 (6.700-10.000) útselir. Ekki liggja fyrir beinar upplýsingar um aldursdreifingu dýra í stofnum landsels og útsels, en aldursdreifingar í veiðinni árið 1992, gefa til kynna að landselir verði elstir 25 ára og urtur verði nokkru eldri en brimlar. Hins vegar verða útselir elstir um 40 ára og eins og hjá landselnum verða urturnar eldri en brimlarnir. Urtur eru nokkru fleiri í útselsstofninum en brimlar, en samkvæmt aldursdreifingu og kynjadreifingu í landselsveiðinni, virðast vera jafnmargir brimlar og urtur. Ef marka má aldursdreifinguna í veiðinni, þá samanstendur landselsstofninn af mun yngri dýrum en útselsstofninn. Dýr yngri en 4 ára eru hlutfallslega mun algengari hjá landselnum, en útselnum. Dánartala 1-5 ára landsela er á bilinu 20-40% og er hærri, en hjá ungum útselum nema 1-2 ára, en þar er dánartalan 79% og 62%. Hjá 3-5 ára útselum er dánartalan 15-20%. Dánartala landsela eldri en 5 ára er mun hærri en hjá útsel, 30-40% á móti 16%. Hins vegar virðast dýr yngri en 5 ára, hlutfallslega ekki mikið fleiri en eldri dýr í útselsstofninum, sem gæti stafað af lélegum árgöngum síðustu árin, vegna veiða. Mismunandi veiðiálag á landsel og útsel, gæti einnig skýrt þennan mun á aldursdreifingunni. Aðalveiðarnar sem fara fram á landsel, eru kópaveiðar og slysaveiðar á vetrungum í hrognkelsanet, á sumrin. Veiðar útsela fara að mestu fram á haustin og þá eru veiddir kópar og fullorðin dýr. Nýjustu gögn um lengdarvöxt landsels og útsels eru birt. Útselur verður mun stærri en landselur. Útselsurta vegur fullvaxin um 165 kg en landselsurta um 90 kg. Hjá útselnum er mun meiri munur á stærð kynja en hjá landsel. Útselsbrimill vegur fullvaxinn um 276 kg, en landselsbrimill um 104 kg. Gögn um kynþroskaaldur, sem byggja á athugunum á eggjastokkum urta, benda til þess að flestar landsels- og útselsurtur séu orðnar kynþroska á svipuðu reki, fjögurra ára og kæpi fyrst árið eftir. Eistu brimla vaxa hratt fyrstu árin en síðan hægir á vextinum, hjá landselsbrimlunum við fimm ára aldur og hjá útselsbrimlunum einu ári síðar. Telja má líklegt að kynþroska sé náð á þessum aldri, þó óvíst sé að brimlunum takist að auka kyn sitt svona ungrir. Fyrst þurfa þeir að berjast fyrir þeim rétti, við þá brimla sem eldri eru.

Inngangur

Í grein þessari verða kynntar niðurstöður nýjustu rannsókna á stofnþáttum landsels og útsels. Rannsóknirnar byggja á mestu á efnivið sem safnað var vegna rannsókna á fæðu landsela og útsela hér við land árin 1992 og 1993, en einnig á eldri gögnum, þar sem það á við (Erlingur Hauksson 1992a, 1992b). Fjallað er um stofnstærð, vöxt og kynþroskaaldur. Niðurstöður rannsókna á líffræði íslenskra sela eru einnig bornar saman við sambærilegar kannanir í öðrum hlutum Norður-Atlantshafsins.

Selir hvílast á þurru hluta lífsins og þessi tími sem þeir hvílast á landi er oft bundin líffræði þeirra og háttum, á þann veg að þeir hvílast meira á þurru á einum árstíma fremur en öðrum og á ákveðnum tíma dagsins fremur en öðrum. Þetta gerir það að verkum að mögulegt er að telja seli á þurru. Þeir hverfa ekki sjónum eftir örskamma stund eins og hvalir í hafi. Mat á stofnstærð sela er því auðveldara að fá með beinum talningum, en stofnstærð hvala (Hammond 1995). Þrjár aðferðir eru notaðar til þess að ákvarða fjölda og stofnstærð sjávarspendýra.

- Vísitala stofnstærðar er metin á öllu útbreiðslusvæði tegundarinnar, með beinum talningum og hún framreiknuð í stofnstærð viðkomandi tegundar.
- Dýr eru merkt eða auðkennd á einhvern hátt af myndum. Stofnstærð er síðan metin sem endurheimt merkt dýr/veidd eða séð dýr.
- Kerfisbundnar talningar, eftir ákveðnum leiðum um útbreiðslusvæði tegundarinnar, en allt svæðið er ekki talið, enda ekki framkvæmanlegt.

Fyrst nefnda aðferðin hefur verið notuð við mat á stofnstærð sela við Ísland. Árangur hennar er háður mörgum þáttum, umhverfis-, líffræði- og veðursfarslegum, sem gerðir verða að umræðuefni hér á eftir.

Niðurstöður stofnfræðilegra rannsókna er nauðsynlegt að setja í viðeigandi samhengi þegar fjalla skal um fæðu sela og samspil sela við umhverfi og aðra stofna í sjónum. Þá eru upplýsingar um fjölda og útbreiðslu sela, aldursdreifingu dýra í stofninum, vöxt þeirra og viðkomu nauðsynlegar.

Aðferðir og efniviður

Aldursákvarðanir

Vígtennur úr neðri kjálka eru losaðar úr kjálkabeini með því að sjóða kjálkana. Tennurnar eru dregnar úr sæti sínu í kjálkabeininu með handafli og láttnar þorna og kólna. Þær eru geymdar í blöndu af 75% ísópropanóli og 25% vatni. Úr vígtönnunum eru síðan sagaðar þunnar, 0,1 til 0,4 mm, þversneiðar með þar til gerðri sög (Erlingur Hauksson 1992b). Þversneiðin er skoðuð undir víðsjá með áfallandi ljósi við hæfilega stækkun og vaxtarhringir taldir og aldur dýra ákvarðaður út frá fjölda þeirra. Nýlegar rannsóknir á áreiðanleika aldursákvarðanna landsela og útsela hafa sýnt þær vera um 80-90% áreiðanlegar. Erfiðara er að ákvarða aldur gamalla dýra en yngri dýra (Dietz o.fl. 1991, Mansfield 1991).

Út frá aldursdreifingunni í veiðinni árið 1992 er dánartala landsela og útsela ákvörðuð. Hjá landselnum er sett upp líftafla sem tekur tillit til þess að stofninn er minnkandi um 6% árlega. Dánartalan við aldurinn x (q_x) er síðan reiknuð sem;

$$q_x = d_x/l_x$$

þar sem d_x er líkurnar á því að dýr deyji við aldurinn x og l_x eru líkur þess að dýr sé á lífi við aldurinn x . Fjöldi við aldurinn 0 er áætlaður með upplýsingum um kynþroska, aldursdreifingunni í veiðinni og áætlaðri frjósemi, 1 kópur á ári hjá kynþroska urtum. Fjöldi dýra við hvern aldur er jafnaður út með *probit* aðhvarfsgreiningu, því ekki geta verið fleiri eldri dýr í stofninum, en ári yngri, svo líftaflan gefi áreiðanlegar upplýsingar um dánartölu dýra á hverjum aldri (Caughley 1977). Út frá þessum upplýsingum er líkleg aldursdreifing urta og brimla í landselsstofninum ákvörðuð, miðað við þá stofnstærð sem fékkst við talningu 1992.

Hjá útselnum eru fyrirbyggjandi aldursdreifingargögn fyrir urtur og brimla í veiðinni frá árinu 1995 til 1990 og 1984 til 1982. Þessi gögn ásamt veiðitölum viðkomandi ár eru notuð til þess að reikna út dánartölur og stofnstærð með aldurs-afla aðferð Popes;

$$N_t = C_t / ((F_t/Z_t)(1 - \exp(-Z_t))) \text{ og } N_t = (N_{t+1} \exp(M/2) + C_t) \exp(M/2),$$

þar sem N er fjöldi útsela, C er veiði, Z heildardánartala, F fiskveiðidánartals og M náttúruleg dánartala (King 1995). Upphafsgildi náttúrulegrar dánartölu eru fengin út frá aldursdreifingu (A) í veiðinni árið 1982, en það ár má segja að útselsveiðar hafi hafist fyrir alvöru og aðhvarfsgreining náttúrulegs logaritma af fjölda dýra af ákveðnum aldri,

$$\ln C_t = k + Z_t A$$

gefi nothæft upphafgildi á Z og M , því F er svo til 0 fyrir þennan tíma og

$$Z = M + F.$$

Mælingar á dýrum

Lengd dýra er mæld upp á cm, með málbandi, dýrin liggjandi á bakinu, frá nefbroddi aftur eftir kvið að enda dindils, sem er svo kölluð staðallengd. Lengd yfir bak er mæld fyrir aftan hreifa og yfir bakið, dýrin liggjandi á kviðnum, með 1 cm nákvæmni. Þungi dýra er ákvarðaður með 1 kg nákvæmni með löggiltum vogum, eða vogum sem sannreyndar voru að mældu rétt. Ekki er leiðrétt fyrir hugsanlegu blóðtapi, við aflífun (Erlingur Hauksson 1992b).

Samband lengdar (L) og þyngdar (P) sela og samband kamblengdar (B) og þyngdar dýra er ákvarðað með aðhvarfsgreiningu samkvæmt veldisfalli;

$$P = aL^b \text{ og } P = aB^b,$$

þar sem a og b eru fastar. Samhengi þyngdar (P), lengdar (L) og kamblengdar (B) er kannað með línulegri tveggja þátta aðhvarfsgreiningu, á logartitmunum af mæligildunum;

$$\log \{P\} = a \cdot \log\{L\} + b \cdot \log\{B\} + c,$$

Sambandi lengdar (L) og aldurs (A) og þyngdar (P) dýra er lýst með von Bertalanfy líkani; þar sem a , b og c eru fastar.

$$L = a\{1 - b \cdot e^{-cA}\}, \text{ og } P = a\{1 - b \cdot e^{-cA}\},$$

þar sem a , b og c eru fastar. Kynjum er haldið aðskildum. Bein lína lýsir hins vegar best lengdarvexti og þyngdarvexti fóstura úr urtum. Lengd og þungi við burð er ákvarðaður við tímann 0.

Ákvörðun kynþroska

Eggjastokkar eru skornir í 2-3 mm sneiðar og leitað að ljósabúum, gulbúum og örum eftir gulbú. Urtur með fullþroskuðum ljósabúum voru skilgreindar sem kynþroska. Einnig var leitað að fósturum í eggjaleiðurum og legi, ef leg bárust í heilu lagi (Härkönen og Heide-Jørgensen 1990, Hammill og Gässelin 1995).

Meðalkynþroskaldur (x) er ákvarðaður með aðferð D.P. DeMaster (1978), sem gefur besta mat á þeim meðalaldri er selir verða kynþroska og rétt ferveik ($v(x)$) þess mats.

$$x = \sum(x)P(x)$$

og

$$v(x) = \sum f(x)(1-f(x)(n_x - 1)^{-1} + w^2 f(w)(1 - f(w)(n(w) - 1)^{-1})$$

95% öryggismörk eru $x \pm 1,96(v(x))^{1/2}$, þar sem $P(x)$ er áætlaðar líkur þess að fyrsta egglos verði við aldurinn x . $P(x) = f(x) - f(x - 1)$, þar sem $f(x)$ eru líkurnar á því að urtur hafi egglos x gamlar og yngri.

Eistu brimla voru vegin með 5 g nákvæmni. Eistu brimla taka vaxtarkipp um það leiti sem brimlar verða kynþroska og var reynt að meta kynþroska brimlana út frá þunga þeirra. Miðað er við að landselsbrimlar með eistu 35 g og þyngri séu orðnir kynþroska. Hjá útselsbrimlum er miðað við að eistu þyngri en 89 g séu í kynþroska brimlum (Härkönen og Heide-Jørgensen 1990, Hammill og Gässelin 1995).

Mat á stofnstærð og stofnstærðarbreytingum

Landselir

Landselir og útselskópar eru taldir úr flugvél og stofnstærð landsels og útsels ákvörðuð út frá fjölda séðra dýra, eins og lýst hefur verið af höfundum fyrr (Erlingur Hauksson 1985a, 1985b, 1986). Rannsóknir á hegðun landsela sem annarra sela hafa þróast mikið á undanförunum árum. Fyrst var einungis fylgst með hópum sela, síðan hófst merking sela svo einstaklingarnir voru þekkjanlegir og að síðustu hófst tímabil rannsókna á ferðum sela um sjóinn með útvarpsbylgju- eða gervihnattasendum (Stewart o.fl. 1989). Samkvæmt Pitcher og McAllister (1981), þá voru 50% ($\pm 7\%$) landsela á þurru daglega í júní, en 41% ($\pm 5\%$) í ágúst. Þetta þýðir að hlutfallið stofnstærð/vísitala stofnstærðar er um 2 (2,2; 1,8 - 2,8). Höfundur leiddi að því líkur að það væru fjórir þættir sem hefðu áhrif á það hversu margir landselir sæjust í látrum á Íslandi (Erlingur Hauksson 1986).

- Hversu vel selir sjást úr lofti. Leiðréttingarstuðull (a) 1,05 ($\pm 0,02$).
- Hvenær talið er miðað við háfjöru. Leiðréttingarstuðull (C_i^*) um háfjöru 1,2 (1,1 - 1,3), og svo stækkandi eftir því sem talningin er fjær háfjöru í tíma (Erlingur Hauksson 1985).
- Hversu margir selir eru hlutfallslega í sjónum rétt við látrín, þegar flestir selir eru á þurru. Leiðréttingarstuðull (b) 1,01 (0,00 - 0,02).
- Tímasetning talninga miðað við þann árstíma er selir liggja mest á landi (h).

Heildarfjöldi landsela mundi þá vera;

$$N = \frac{1}{h} \cdot 1,06(\pm 0,03) \cdot \sum \frac{n_{it}}{C_i^*}$$

þar sem n_{it} er fjöldi séðra landsela í látri, C_i^* er leiðrétting vegna tímamunar talningar og tíma háfjöru. Lítið h er tekið úr jöfnu P. M. Thompson og J. Harwood (1990). 1,06 er summa stuðla a og b .

Með ofangreinda þætti í huga hafa flugtalningar úr lofti verið skipulagðar hér við land. Flogið hefur verið í góðu sólríku veðri, við vindstyrk minni en stinningskalda, í ágúst til byrjun september og frá því tveimur tímum fyrir háfjöru til þriggja tíma eftir háfjöru á hverjum stað. Þetta gerir mögulegt að fljúga og telja 5 klst á dag og einhvern tíma til viðbótar, ef flogið er með sjávarfallabylgjunni, réttisælis í kringum landið.

Höfundur áætlaði heildarfjölda, eða stofnstærð við Ísland með tilliti til þessara leiðréttingarþátta, og gekk út frá því að h væri 0,48, árið 1980 og komst að því að landselsstofninn þá væri að minnsta kosti 30 þúsund dýr, en hugsanlega um 45 þúsund dýr (33-55 þúsund dýr). Heildarmargföldunarstuðull talningarniðurstöðu og stofnstærðar væri 2,86 (2,24-3,74). Þessa stuðla hefur hann notað síðan. Í ljósi nýjustu gagna hefur þó margföldunarstuðli til ákvörðunar á stofnstærð landsels út frá fjölda séðra landsela verið breytt úr 2,1 í 1,25. Sjá kaflann um ákvörðun stofnstærðar landsels í umræðum.

Útselir

Í grein í Náttúrufræðingnum (Erlingur Hauksson 1985) um talningu útselskópa og stofnstærð útsels er rætt um vandkvæði þess að áætla fjölda fæddra útselskópa og að áætla stofnstærð út frá henni. Þar er fjallað um ákvörðun kópaframleiðslu úf frá talningargildum og nefnt að taka verði tillit til þriggja þátta:

- Ekki sjást allir kópar úr flugvélinni, þegar flogið er yfir látrín. Þeir geta verið huldir á bak við kletta, stórgrýti og gróður, og verið á kafi ofan í pollum, eða í fjöruborðinu.
- Taka þarf tillit til þess, hvornig kæpingartíminn kemur heim og saman við hámark kæpingarinnar, því þá eru flestir kópar á landi.
- Taka þarf tillit til þess að kæping útsels teygist yfir langan tíma. Þó að talið sé um það leyti sem kæping er í hámarki og hámarksfjöldi kópa sjáist, þá er það ekki nema vísbending um kópaframleiðsluna í látrínu. Sumir kópar eru ófæddir aðrir fullvaxnir og farnir úr látrínu.

Þegar aflað hefur verið upplýsinga um fjölda fæddra kópa, þá er næsta þraut að ákvarða stofnstærð útselsins út frá þeim fjölda. Það getur reynst erfitt að afla nákvæms mats á stofnstærð út frá kópafjöldanum. Þetta er þó hentugasta aðferðin sem þekktist. Kópaframleiðsla hvers árs er í reynd góð vísitala stofnstærðar og í henni endurspeglast allar meiriháttar breytingar á stofnstærð útselsins. Til þess að ákvarða hversu hátt hlutfall kópa sést úr lofti, þarf að telja "sam tímis" á landi og úr flugvél á sama staðnum. Þetta hefur verið gert í nokkrum tilvikum og eru niðurstöðurnar hér að neðan. Yfirleitt sáust yfir 95% kópa og leiðréttingastuðlar því um 1,05.

Staður	Leiðréttingarstuðull	Öryggismörk	Heimild
Bretlandseyjar	1,05	1,03 - 1,07	Bonner 1976
Bretlandseyjar	1,046	1,040 - 1,052	Wyile og Thompson 1985
Ísland	1,035	1,03 - 1,04	Erlingur Hauksson 1985

Eins og áður sagði þá teygist útselskæpingin í tíma. Í látrunum eru misgamlir kópar frá nýbornum upp í 3 vikna, en þá fara þeir að hugsa sér til hreyfings og yfirgefa látrin, 4 til 5 vikna gamlir. Þegar talið er einu sinni, þá sjást þeir kópar ekki sem óbornir eru og þeir sem farið hafa á brott. Í sinni einföldustu mynd mundi hámarksfjöldi kópa í látri (N) og kópaframleiðsla látursins (P) vera eftirfarandi.

$$P = \frac{p}{n} \cdot N; \text{ (Summers 1978).}$$

Þar sem litla n og p eru sömu stærðir árið á undan eða meðaltal nokkurra ára. Hlutfallið p/n hefur verið áætlað við Bretlandseyjar og Ísland og eru niðurstöðurnar svipaðar, um 1,4.

Staður	p/n	Min	Max	Heimild
Bretlandseyjar	1,38	1,15	1,72	Hiby og Harwood 1979
Ísland	1,36	1,13	1,79	Erlingur Hauksson 1985

Þessum leiðréttingarstuðli p/n hefur verið beitt á íslenska útselinn og var beitt á breska útselinn einnig, þar til bresku vísindamennirnir ákváðu að telja oftast en einu sinni í hverju látri, til þess að gera talninguna nákvæmari.

Önnur aðferð sem þróuð hefur verið til þess að áætla tímasetningu hámarkskaepingar, er að notfæra sér upplýsingar um aldur kópana í látrinu. Þetta byggist því á því að talið sé á landi. Kóparnir eru taldir og aldur þeirra í dögum áætlaður þannig að þeir eru flokkaðir í fimm stig eftir þroska. Frá nýbornum upp í full úrgengna og yfirgefna kópa (Radford o.fl. 1978, Lorentsen og Bakke 1995). Hefur höfundur beitt þessari aðferð nokkuð hér við land, við könnun á tíma hámarkskaepingar.

Einnig hefur margföldunarstuðli til framreikunar á kópaframleiðslu út frá hámarksfjölda haustkópa á landi verið breytt í takt við nýjustu gögn (1. tafla) og fjölda árgamalla og eldri útsela að baki hvers haustkóps verið breytt úr 4 (3,5-4,5) í 4,67 fyrir árin 1982 og 1986, og í 4,12 fyrir árin 1990, 1992 og 1995, í takt við breytingu á aldursdreifingu útselsstofnsins frá 1980 til 1995.

Stærð selastofnanna er gefin upp ásamt líklegum öryggismörkum hennar í sviga.

1. tafla. Hámarksfjöldi útselskópa á landi og leiðréttingarþættir, til þess að umreikna hann í fjölda fæddra kópa.

Staðir	Veiðidagar		Kópa-veiði		Alls (N=n ₁ +n ₂)	Θ (N/n ₁)
	Fyrri ferð	Seinni ferð	Fyrri ferð (n ₁)	Seinni ferð (n ₂)		
Oddbjarnarsker	9. okt '82	2. nóv '82	58	46	104	1.79
Oddleifsey	13. okt '82	4. nóv '82	25	12	40	1.60
Reykey	13. okt '82	4. nóv '82	4	1	5	1.25
Sandey	14. okt '82	6. nóv '82	5	1	6	1.20
Áskelsey	14. okt '82	6. nóv '82	8	1	9	1.13
Æðarsker	14. okt '82	4. nóv '82	16	5	21	1.31
Skaftafellsfjara	21. okt '93	12. nóv '93	184	49	233	1.27
Meðaltal						1.36
95% ö. m.						±0.23

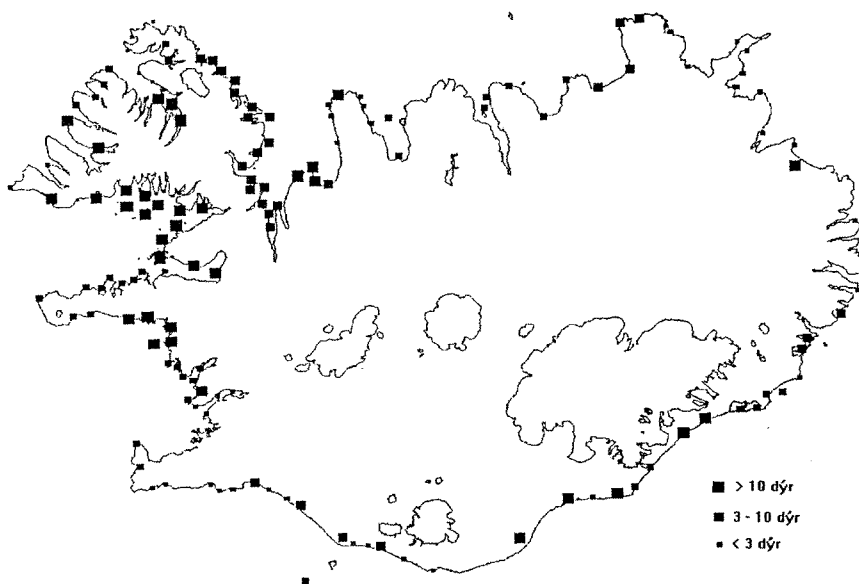
Niðurstöður

Dreifing og fjöldi sela við ströndina

Landselir

Rannsóknir höfundar við Ísland hafa leitt það í ljós að hér eru það sjávarföllin, sem ráða mestu um það hversu margir landselir liggja á þurru á hverjum tíma. Flestir landselir eru á þurru um og rétt eftir háfjöru. Það eru einnig teikn um það að selirnir séu fleiri á landi um síðdegisfjöru, en árdegisfjöru. Með því að beita hornafallsaðhvarfi þá reyndist eftirfarandi jafna lýsa breytingum á fjölda landsela í látrum yfir daginn best;

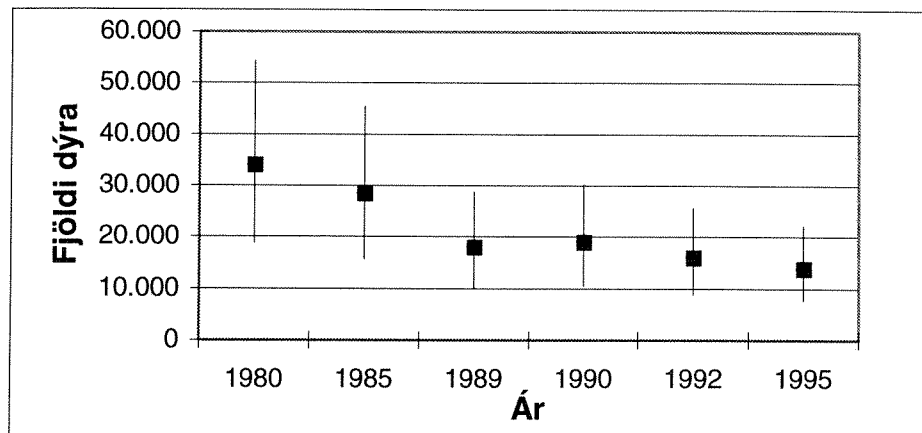
$$N_t = B_0 + B_1 t + B_2 \cdot \sin\left(\frac{\pi t}{6}\right) + B_3 \cdot \cos\left(\frac{\pi t}{6}\right).$$



1. mynd. Útbreiðsla landsels við Ísland

þar sem t er tími dags, N_t fjöldi landsela í látrum og B_n eru fastar lýsandi fyrir hvert látur fyrir sig (Erlingur Hauksson 1985, 1992a). Dæmigerður slíkur ferill er með hámarki síðdegis um það leyti sem sjávarstaða er lægst þann daginn.

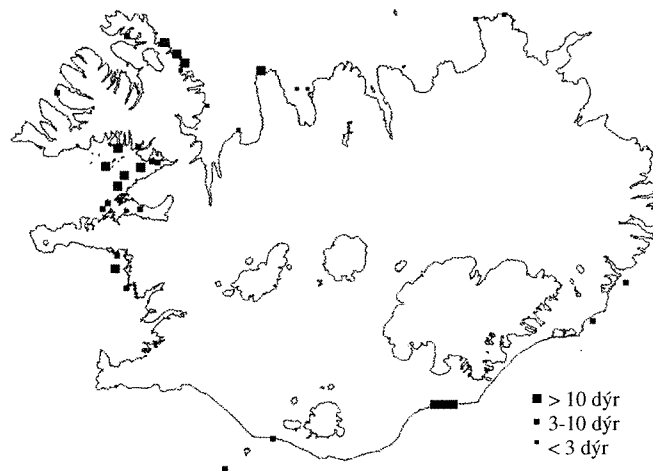
Landselir eru dreifðir um alla ströndina og kæpa í öllum landshlutum, þar sem skilyrði eru fyrir hendi (1. mynd). Algengastir eru landselir við Vesturland og Norðvesturland. Þrátt fyrir talsverða fækkun á síðustu áratugum, hefur útbreiðslumynstur þeirra við landið ekki breyst sem neinu nemur. Landselsstofninn hefur minnkað á síðustu árum um 6% árlega síðan 1980 (2. mynd). Árið 1995 voru um 14.000 (8.000-22.000) landselir hér við land, en árið 1992 voru þeir um 16.000 (9.000-25.500).



2. mynd. Þróun landselsstofnsins 1980 til 1995. Líkleg stofnstærð ásamt áætluðum efri og neðri mörkum.

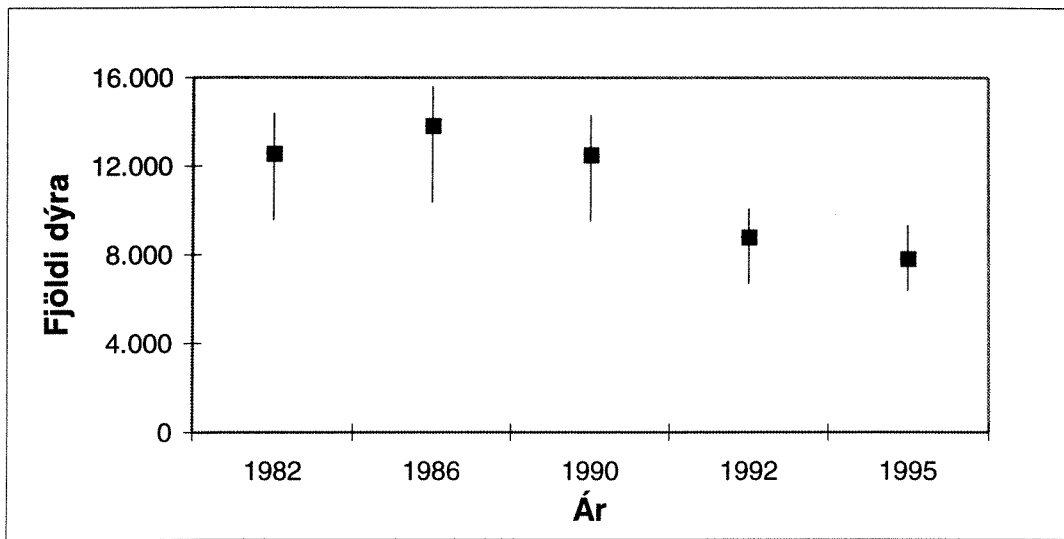
Útselir

Útselir finnast utan kæpingartíma fyrir allri ströndinni. Þeir eru þó algengari við Vesturland, Norðvesturland og Suðausturland, en annars staðar (3. mynd). Kæpingarstaðir útselsins eru einnig í þessum landshlutum. Útbreiðsla útsels hefur aukist nokkuð austur með



3. mynd. Útbreiðsla útsels við Ísland.

Norðurlandi á síðasta áratug og nú kæpa þeir í Málmei, við Snartastaðanúp og á Melrakkaslétu. Þessi útbreiðsluaukning hefur gerst þrátt fyrir að útsel hafi fækkað á síðustu árum (4. mynd). Útselsstofninn stóð í stað fram til 1990, en hefur minnkað síðan þá. Árið 1995 voru um 8.000 (6.500-9.500) útselir við landið. Árið 1992 voru þeir um 9.000 (6.700-10.000).

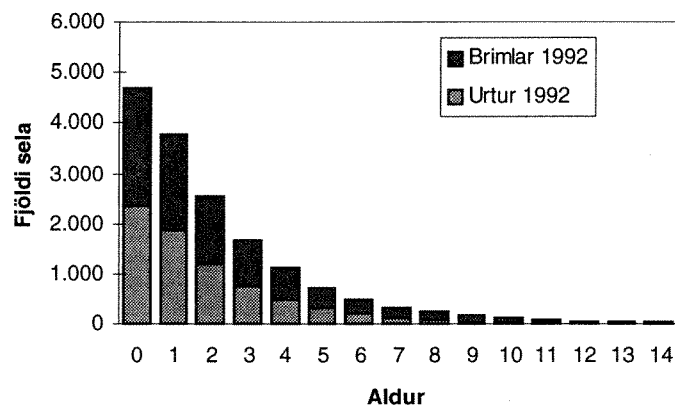


4. mynd. Þróun útselsstofnsins við Ísland 1982 til 1995. Líkleg stofnstærð ásamt áætluðum efri og neðri mörkum.

Aldursdreifing

Landselir

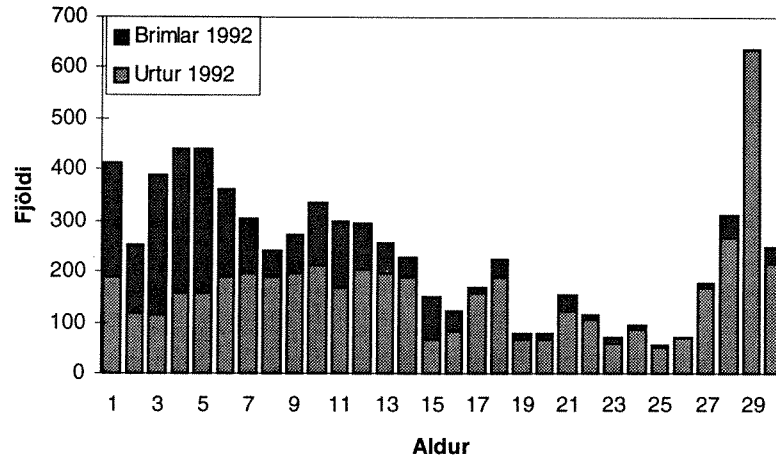
Aldursdreifing landselsstofnsins út frá veiðinni árið 1992, gefur til kynna að landselir verði elstir 25 ára og urtur verði nokkru eldri en brimlar. Brimlar eru hins vegar álíka margir og jafnvel fleiri en urtur í flestum árgöngum. Landselsstofninn samanstendur af mun yngri dýrum en útselsstofninn (5. mynd). Dýr yngri en 4 ára eru hlutfallslega mun algengari hjá landselnum, en útselnum. Dánartala landsela er svipuð hjá báðum kynjum. Hærri hjá ókynþroska selum, dýrum yngri en 4 ára, 0,3 til 0,4, en hjá eldri selum um 0,3.



5. mynd. Aldursdreifing landselsstofnsins að sumarlagi 1992.

Útselir

Aldursdreifing útselsstofnsins út frá veiðinni árið 1992, gefur til kynna að útselir verði elstir um og yfir 40 ára. Urturnar verða eldri en brimlarnir og eru fleiri í elstu árgöngunum (6. mynd). Aldursdreifing útselsins er merkilega flöt, þ.e.a.s. ung dýr eru hlutfallslega ekki mikið fleiri en eldri dýr, og hlutfallslega mikil fjöldi urta í elstu árgöngunum, árgöngum frá 1962-65, kemur á óvart. Þetta gæti stafað af lélegum árgöngum síðustu árin, vegna kópaveiða og veiðum



6. mynd. Aldursdreifing útselsstofnsins að haustlagi, um kæpingu 1992. Kópum fæddum haustið 1992 sleppt.

fullorðinna dýra árána 1982 til 1992. Veiðar útsela fara að mestu fram á haustin og þá eru veiddir kópur og fullorðin dýr. Dánartala útsela er hæst hjá ungum dýrum; 0,8 hjá kópum, 0,6 hjá 1 árs, en 0,2 hjá tveggja ára og eldri. Dánartala útsela er því mun hærri hjá kópum og eins árs, en dánartala jafn gamalla landsela. Hins vegar er dánartala útsela tveggja ára og eldri mun lægri en hjá landsel á sama aldri.

Vöxtur, kynþroskaaldur og fósturþroski

Landselur

Lengdar og þyngdarsambönd

Veldisfall lýsir vel sambandi lengdar og þyngdar hjá landsels brimlum og urtum. Stuðlar jafnanna (a og b), staðalskekkja (SE) og aðhvarfsstuðull (r^2) eru:

Kyn	log(a)	SE	b	SE	r^2	N
Urtur	-3,80	0,325	2,574	0,156	0,92	27
Brimlar	-4,31	0,313	2,821	0,152	0,89	43

Með því að bæta mælingu yfir bak einnig í aðhvarfsgreininguna fæst jafnvel enn betra samband lengdarmælinga og þyngdar selanna. Jafnan fyrir urtur verður;

$$\log\{P\} = 1,773 \cdot \log\{L\} + 0,943 \cdot \log\{B\} - 3,698; (r^2 = 0,91; N = 28),$$

og jafnan fyrir brimla verður;

$$\log\{P\} = 1,673 \cdot \log\{L\} + 0,962 \cdot \log\{B\} - 3,523; (r^2 = 0,97; N = 31).$$

Lengdarvöxtur

Lengd landsela á hverjum aldri er gefin á 7. mynd. Urtur og brimlar vaxa hratt fyrstu æviárin, en þegar kynþroska er náð hægr á vextinum. Gerist þetta hjá báðum kynjum um 5 ára aldur. Samkvæmt von Bertalanfy líkaninu yfir lengdarvöxt landsels verða brimlar að meðaltali stærstir 169 cm, en urtur 156 cm.

Fóstur í landselsurtum (FL) vaxa samkvæmt línulegu falli;

$$FL = 96,06 + 12,63 \cdot T; (r^2 = 0,94; n = 13);$$

þar sem T er tími til fæðingar. Það kom ekki fram munur á milli kynja, enda sýni fá. Við fæðingu eru fóstur/kóparnir um 96 cm að staðallengd.

Þyngdarvöxtur

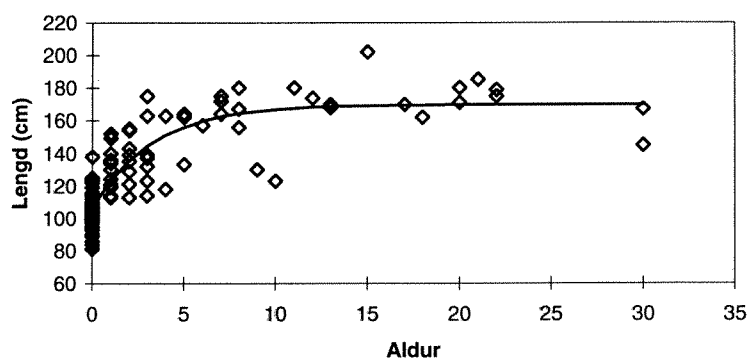
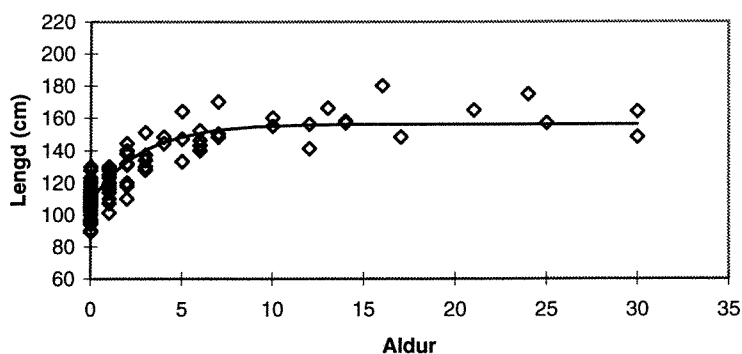
Þyngd landsela miðað við aldur fylgir eins og lengdin von Bertalanfy falli. Fyrir urtur gildir;

$$P_u = 90,2\{1 - 0,715 \cdot e^{-0,322A}\}, (r^2 = 0,70, N = 40),$$

95% öryggismörk fyrir hámarksþyngd eru 77 kg og 103 og fyrir brimla er fallið

$$P_b = 104,4\{1 - 0,780 \cdot e^{-0,234A}\} (r^2 = 0,85, N = 50),$$

95% öryggismörk fyrir hámarksþyngd eru 93 og 115 kg. Gögn um þyngdarvöxt fóstura í landselsurtum voru ekki nægileg til tölfræðilegrar úrvinnslu, en mánuði í burð eru fóstur orðin um 7 kg og með framreikningi má áætla þau um 8 kg á stundu kæpingar. Léttustu kópar sem vigtaðir hafa verið hjá íslenska landselnum eru 12 kg.



7. mynd. Lengdarvöxtur landsels; urtur (efri mynd) og brimlar (neðri mynd).

Lengd urta er $156(1 - 0,30 \exp(-0,36 \text{Aldur}))$; $r^2 = 0,61$, $n = 110$.

Lengd brimla er $169(1 - 0,37 \exp(-0,30 \text{Aldur}))$; $r^2 = 0,75$, $n = 116$.

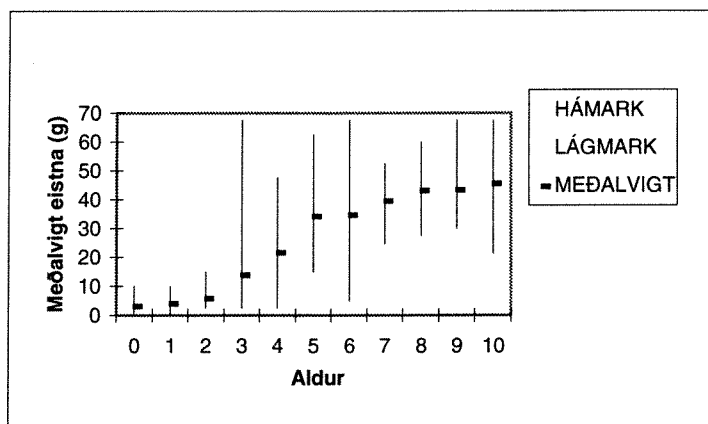
Kynþroski

Gögn um kynþroskaaldur, sem byggja á athugunum á eggjastokkum urta, benda til þess að flestar landselurtur séu orðnar kynþroska fjögurra ára (2. tafla) og kæpi fyrst árið eftir. Meðalkynþroskaaldur er $2,7(\pm 0,55)$.

2. tafla. Fjöldi landselsurta kynþroska í hverjum aldurshópi, samkvæmt þroskastigi eggjastokka.

Aldur	N	Kynþroska	%-kynþroska
0	112	0	0,0
1	78	0	0,0
2	49	8	16,3
3	26	12	46,2
4	14	13	92,9
5	11	11	100,0
6	8	8	100,0
7	10	10	100,0
8	4	3	75,0
9	2	2	100,0
10+	38	38	100,0

Eistun vaxa hratt fyrstu aldursárin en síðan hægir á vextinum, hjá landselsbrimlum við fimm ára aldur (8. mynd). Þá eru eistu brimla orðin um 35 g að þyngd að meðaltali. Telja má líklegt að kynþroska sé náð á þessum aldri, þó óvíst sé að brimlunum takist að auka kyn sitt svona ungir.



8. mynd. Meðalþyngd eistna landselsbrimla miðað við aldur.

Útselur

Lengdar og þyngdarsambönd

Veldisfall lýsir nokkuð vel sambandi lengdar og þyngdar hjá útsel, bæði brimlum og urtum. Stuðlar jafnanna (a og b), staðalskekkingja (SE) og aðhvarfsstuðull (r^2) eru gefnir í töflunni að neðan.

Kyn	log(a)	SE	b	SE	r^2	N
Urtur	-4,30	0,136	2,836	0,064	0,89	249
Brimlar	-4,15	0,131	2,761	0,062	0,90	220

Með því að bæta mælingu yfir bak einnig í aðhvarfsgreininguna fæst betra samband lengdarmælinga og þyngdar útselsurta. Jafnan fyrir urtur verður;

$$\log\{P\} = 1,795 \cdot \log\{L\} + 0,988 \cdot \log\{B\} - 3,808; (r^2 = 0,94; N = 239),$$

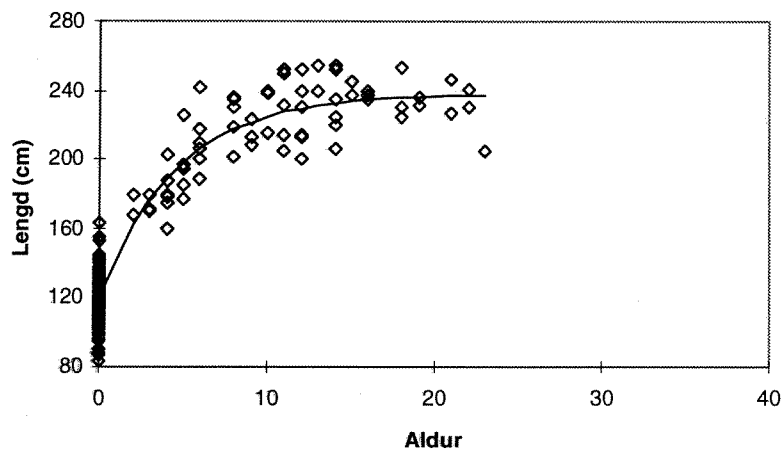
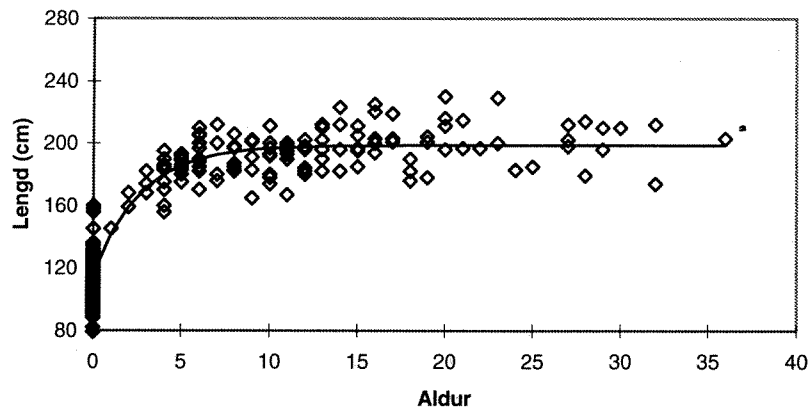
og jafnan fyrir brimla verður;

$$\log\{P\} = 1,941 \cdot \log\{L\} + 0,577 \cdot \log\{B\} - 3,392; (r^2 = 0,63; N = 214),$$

sem er þó ekki betra samband en einungis samband lengdar og þyngdar brimla.

Lengdarvöxtur

Lengd útsela á hverjum aldri er gefin á 9. mynd. Selirnir vaxa hraðast fyrstu ævíárin, en eftir að kynþroska er náð þá hægir á vextinum. Þetta gerist hjá urtum um 5 ára aldur en rúmlega ári seinna hjá brimlum. Staðallengd útselsbrimla er um 238 cm, en um 40 cm lægri hjá útselsurtunum.



9. mynd. Lengdarvöxtur útsels; urtur (efri mynd) og brimlar (neðri mynd). Lengd urta er

$$198(1 - 0,42\exp(-0,37Aldur)); r^2 = 0,90, n = 337.$$

$$\text{Lengd brimla er } 238(1 - 0,49\exp(-0,22Aldur)); r^2 = 0,92, n = 314.$$

Lengdarvöxtur útselsfóstra (FU) fellur vel að línulegu falli. Hjá urtum er fallið;

$$FU_u = 77,361 + 10,299 \cdot T; (n = 37, r^2 = 0,64)$$

og brimlum

$$FU_b = 92,410 + 14,256 \cdot T; (n = 54, r^2 = 0,78).$$

Brimilsfóstur við kæpingu virðast vera lengri en urtufóstur 92,4 cm á móti 77,4 cm.

Þyngdarvöxtur

Þyngd útsela miðað við aldur fylgir eins og lengdin von Bertalanfy falli. Fyrir urtur gildir;

$$P_u = 164,9 \{1 - 0,760 \cdot e^{-0,337A}\} (r^2 = 0,85, N = 252),$$

95% öryggismörk fyrir hámarksþyngd eru 161 kg og 168 og fyrir brimla er fallið

$$P_b = 276,4 \{1 - 0,851 \cdot e^{-0,140A}\} (r^2 = 0,94, N = 220),$$

95% öryggismörk fyrir hámarksþyngd eru 256 og 296 kg.

Þyngdarvöxtur útselsfóstra fylgir línulegu falli; hjá urtum

$$FU_u = 8,097 + 1,588 \cdot T; (r^2 = 0,59, n = 37),$$

og hjá brimlum

$$FU_b = 12,130 + 0,716 \cdot T; (r^2 = 0,73, n = 52).$$

Þungi við fæðingu er því um 8 kg að meðaltali hjá urtum. Brimlar virðast vera þyngri við kæpingu en urtur; um 12 kg. Léttustu kópar sem vigtaðir hafa verið í látrum á Íslandi voru 12 og 13 kg; urta og brimill. Útselskópar við fæðingu eru því styttri en landselskópar, enda fæðast þeir óþroskaðri, í fósturhárum. Landselskópar kasta fósturhárum í urtukviði og fæðast í gráum hárum.

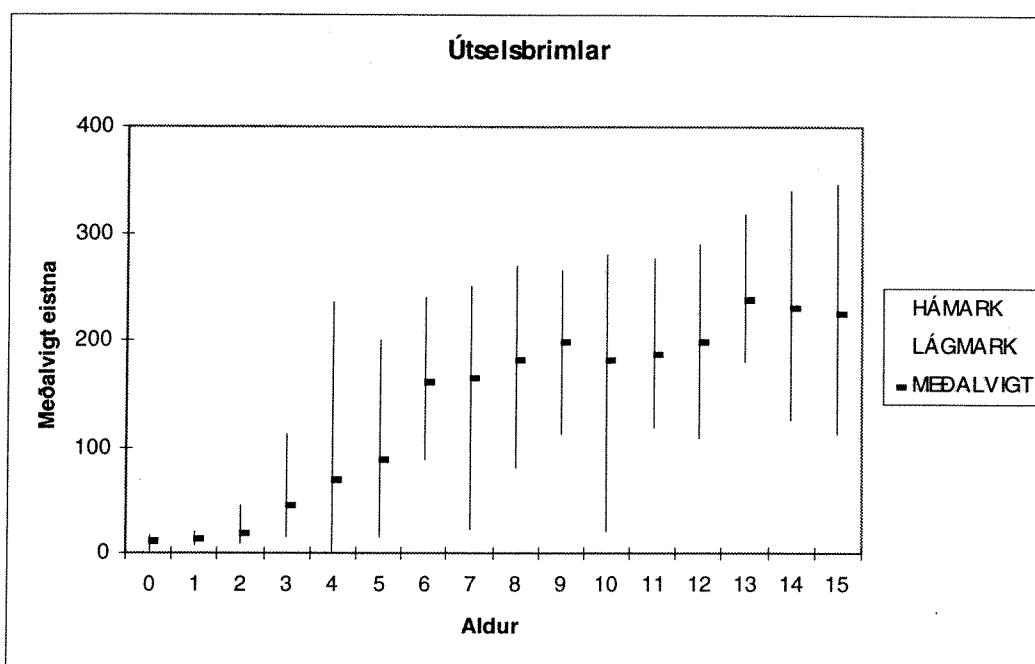
Kynþroski

Gögn um kynþroskaaldur, sem byggja á athugunum á eggjastokkum urta, benda til þess að flestar útselsurtur séu orðnar kynþroska, fjögurra ára og kæpi fyrst árið eftir (3. tafla). Meðalkynþroskaaldur er þó mun lægri 1,9(±0,31).

3. tafla. Fjöldi útselssurta kynþroska í hverjum aldurshópi, samkvæmt þroskastigi eggjastokka.

Aldur	N	Kynþroska	%-kynþroska
0	96	0	0,0
1	17	0	0,0
2	20	9	45,0
3	26	20	76,9
4	18	17	94,4
5	38	38	100,0
6	41	39	95,1
7	28	28	100,0
8	25	25	100,0
9	27	27	100,0
10+	365	365	100,0

Eistun vaxa hratt fyrstu aldursárin en síðan hægir á vextinum, hjá brimlum við sex ára aldur (10. mynd). Þá eru eistu orðin þyngri en 90 g að meðaltali. Telja má líklegt að kynþroska sé náð á þessum aldri, þó óvíst sé að brimlunum takist að auka kyn sitt svona ungrir.



10. mynd. Meðalþyngd eistna útselsbrimla, miðað við aldur.

Umræður

Mat á stofnstærð og stofnstærðarbreytingum

Landselur

Ýmsir þættir hafa áhrif á árangur talningar á landsel. Sumir á jákvæðan hátt og aðrir á neikvæðan hátt. Til þessara þátta verður að taka tillit við skipulagningu talninga á landsel úr lofti. Þess eru mörg dæmi að landselir dvelji meiri hluta ársins í ákveðnum látrum, t.d. yfir sumarið, en fari svo og hafist við í öðrum látrum hinn hluta ársins, t.d. veturinn (Terhune og Almon 1983). Rannsókn höfundar hér á Íslandi undirstrika þetta einnig, en hann fylgdist með fjölda landsela á þurru um háfjöru á þremur stöðum á Vatnsnesi, Vestur-Húnavatnssýslu, árin 1990 og 1991. Sá tími ársins er fjöldi landsela var mestur var mismunandi á þessum stöðum. Í Sigríðarstaðaós voru selirnir flestir snemma vors, en í Hindisvík um sumarið. Selland fylgdi Hindisvík nokkuð, með mestum fjölda landsela á þurru að sumarlagi. Þetta bendir til þess að landselirnir safnist í Sigríðarstaðaós á vorin, áður en þeir dreifast til annarra staða á Vatnsnesinu til þess að kæpa, makast og fara úr hárum. Þeir virðast einnig safnast saman í Sigríðarstaðaós snemma vetrar, eftir að hafa makast og farið úr hárum (Erlingur Hauksson 1993).

Landselir mynda jafnan staðbundnar hjarðir sem koma og leggjast upp á eyjar og sker eða áreyrar. Landselirnir dreifast ekki tilviljanabundið um svæðið, sem er til ráðstöfunar fyrir þá, heldur safnast saman. Hvers vegna þeir safnast saman í hjarðir, er ekki nákvæmlega vitað, en það gæti stafað af landskortu, eða verið hópþöfn gegn afræningjum. Rannsóknir hafa leitt það í ljós, að ekki er beint samband á milli flatarmáls eyjar eða skers (x) og hámarksfjölda landsela sem látrar sig þar (y), heldur log-samband, af forminu;

$$Y = 6,671 \cdot \ln X - 7,55.$$

Eftir því sem svæðið stækkar eru þar með hlutfallslega færri selir á því. Eftir því sem líður á árið og landselum fjölga í látrum, þá fækkar einnig smáhópum þeirra, þar sem hóparnir sameinast í stærri hópa og dýrin liggja þéttar (Krieber og Barette 1984).

Nýrri rannsóknir á merktum landselum, þar sem einstök dýr voru gerð þekkjanleg, hafa sýnt að landselhjarðirnar eru ekki endilega félagslega afmarkaðir hópar. Merktu selirnir

lágu sjaldnast á sama stað innan um sömu einstaklinga, heldur víða á svæðinu og meðal mismunandi landsela hverju sinni. Einungis urtur með kópa sýndust velja stöðugt sama staðinn í fjörunni (Godsell 1988). Það skal tekið fram að rannsókn þessi fór fram á Sableeyju, Kanada, en hún er lágt sandrif án skerja eða kletta.

Með því að setja senditæki, sem gáfu frá sér útvarpsbylgjur, á landseli, á Kodiak eyju við Alaska, þá tókst K. W. Pitcher og D. C. McAllister (1981) að fylgjast með ferðum og atferli 35 landsela. Kom þá í ljós að selirnir flökuðu nokkuð á milli látra. Lengsta ferð landsels var 194 km. Lengsta ferð á dag var 27 km. Í júní voru 50% sela á þurru daglega, en í ágúst 41%. Á Orkneyjum, Skotlandi, hefur komið í ljós við rannsóknir og notkun senditækja á landselum að selirnir nota mismunandi látur, til þess að kæpa, fara úr hárum og hvíla sig í eftir veiðiferðir. Urtur með kópa og brimlar sjást einnig sjaldan saman í látrum, heldur eru þau í aðskildum hópum. Þetta gerist ekki endilega á kæpingartíma, heldur einnig á öðrum tímum ársins. Hver selur virðist velja sér látur sem hentar honum “best” eftir því hvað stendur til að gera, makast, kæpa, fara úr hárum eða hvíla sig nálægt góðri veiðislóð (Thompson 1989). Með því að fylgjast með landselum allt árið sem höfðu útvarpsenditæki, í Innri-Morayflóa, Skotlandi, þá kom í ljós að á vetrum lágu selirnir mun skemur á þurru -15% tímans, en á sumrin -24% tímans. Selirnir sóttu til nokkurra ákveðinna svæða til að “afla sér fæðu” oft í næsta nágrenni við látrin, en einnig lengra, lengst 45 km leið. Veiðiferðir voru oftast stuttar, styttri en sólahringur, en 6 daga veiðiferðir komu fyrir. Eftir því sem þeir fóru lengra til hafs, því lengur voru þeir í ferðinni (Thompson og Miller 1990, Thompson, o.fl. 1992). Selirnir skiptu einnig um látur, höfðu sumarlátur og vetrarlátur. Það sama er uppi á teningnum hjá landselum í Vaðalhafi, við Holland. Eftir því sem ferðir þeirra voru lengri frá látursvæðunum, því lengri tíma voru þeir í burtu. Dæmi voru um að 175 km leið tæki 35 daga (Nörgaard o.fl. 1992).

Rannsóknir hafa sýnt að landselir liggja meir á landi síðdegis, heldur en að morgni til, að því gefnu að sjávarföllin leyfi það, þar sem þau eru ríkjandi (Pauli og Terhune 1987b). Gátu þeir lýst þessu með parbólíska fallinu;

$$Y = -27,92 + 12,62 X - 0,42 X^2 ;$$

þar sem (Y) er meðalhundraðshluti hámarks landsela á þurru og (X) tími dags. Þetta líkan sagði svo fyrir að hámarksfjöldi dýra á þurru væri ávallt síðdegis, um kl 15. Landselir í Glacier Bay, Alaska, látra sig á hafis. Þar hafa sjávarföll því ekki áhrif á möguleika þeirra til þess að komast á þurrt. Flestir eru landselirnir þar á ísnum um hádegi klukkan 12 til 14, þegar sól er hæst á lofti, en rannsóknin fór fram að sumarlagi (Calambokidis o.fl. 1987). Á Sableeyju, Kanada, þá ráða sjávarföllin engu um hversu margir landselir eru á þurru, að því er virðist. Fáir selir skríða hins vegar á land ef mikið brim er. Athuganir hafa leitt í ljós að selirnir liggja ekki uppi yfir nóttina, nema í undantekningartilfellum. Það eru selir sem eru að fara úr hárum og urtur sem liggja hjá kópum sínum. Fyrstu selirnir skríða á land um klukkustund fyrir sólarupprás og selahjarðirnar eru fullmótaðar einni og hálfri klukkustund eftir sólarupprás. Talsverður fjöldi landsela er jafnan í sjónum við ströndina. Víða annars staðar við Austurströnd Kanada ráða sjávarföll miklu um landsetu sela og dæmi eru til þess að landselir liggja á þurru að næturlagi, ef það er fjara (Boulva og McLaren 1979). Landselir að sumarlagi á Sableeyju, eru einnig flestir á þurru um hádaginn. Hámark fjölda þeirra er um klukkan 15 (Godsell 1988). Við Noreg var fjöldi landsela í látrum kannaður með tilliti til sólarhæðar og sjávarfalla á þremur mismunandi stöðum sem höfðu mismunandi einkenni. Á einum staðnum var bjart allan sólahringinn en ríkjandi sjávarföll. Á öðrum staðnum var 5 klukkustunda myrkur um nótt og lítill sem enginn munur flóðs og fjöru, en þriðji staðurinn var þarna mitt á milli, með styttra myrkur og nokkurn mun flóðs og fjöru. Þarna kom fram samspil áhrifa sólarhæðar og sjávarhæðar á fjölda sela í látrum. Þannig að fjarvera selanna var mest að nóttu til, jafnvel þó að bjart væri. Sjávarföll réðu mestu um fjölda sela á landi, meir en tími dags þar sem þau voru ríkjandi (Roan og Björge 1995). Í Vaðalhafi eru það sjávarföllin einnig sem ráða mestu um fjölda landsela í látrum (Nörgaard o.fl. 1992)

Það kemur glögglega fram í mörgum rannsóknum á landsel í látrum, að umhverfið hefur áhrif á þann fjölda sem liggur uppi. Gerð strandarinnar, hversu mikið er af eyjum og skerjum úti fyrir eykur yfirleitt á fjölda landselanna sem hafast við á staðnum. Hins vegar virðast ölduhæð og truflanir ekki hafa mikil áhrif. Sameiginlega geta umhverfisþættir og veðurfar haft áhrif á fjölda dýra í látrum, þó hver í sínu lagi verki þeir ekki marktækt. Þannig hefur það sýnt sig að sjávarföll, lofthiti og brim hafa sameiginlega mikil áhrif á fjölda sela á þurru (Schneider og Payne 1983). Landsel fækkaði í látrunum eftir því sem fjær dró háfjöru í tíma, hitinn hækkaði og brim jókst. Sameiginlega höfðu einnig vindstefna, vindhraði, truflanir og skýjafar áhrif, en þó ekki eins mikil og fyrrnefndu þættirnir. Fjölpátta aðhvarfsgreining þessara þátta leiddi í ljós að sjávarföll (klst. fyrir og eftir háfjöru) skýrðu 36% breytileikans í selafjölda á þurru, aukin skýjapækja skýrði 16% í viðbót og með því að taka truflanir með þá mátti skýra alls 57% breytileikans í fjölda landsela á þurru. Veðurfarsþættir aðrir höfðu lítil áhrif til bóta, þó að þeir væru teknir með inn í líkanið (Schneider og Payne 1981).

Frekari rannsóknir hafa sýnt hversu ríkjandi sjávarföllin eru sem ákvarðandi þáttur á fjölda landsela í látrum (Pauli og J. M. Terhune 1987b). Ofangreindir vísindamenn fundu það út að veðurfarsþættir höfðu áhrif á fjölda sela á landi, að því gefnu að sjávarstöðunni væri haldið óbreyttri "fræðilega". Líkanið sem þeir þróðu er eftirfarandi;

$$Y = 53,61 - 2,1[D] + 0,02[D]^2 + 1,0[V] + 0,02[T] - 8,27[U] - 8,54[S] - 0,75[B]$$

þar sem D er dagsetning ársins hlaupandi frá 1 (15. apríl) og upp í 94 (1. september), V vindhraði, T tími frá sólarupprás (dögun), U úrkoma, S truflanir og B brim. Vindhraði og brim er eðlilega tengt. Þegar brim jókst þá fjölgaði selum jafnvel í látrunum. Það er talið stafa af því að landselirnir flýðu ölduganginn og hvíldu sig er veður voru mest. Fleiri rannsóknir á áhrifum veðurfars á landlegu landsela, hafa farið fram og þær undirstrika það sem fyrr er sagt, að hitastig og sjávarhæð hafa mest áhrif, en síðan úrkoma, skyggni og skýjafar (Krieber og Barette 1984). Úrkoma gerir það að verkum að færri landselir liggja á þurru á Sableeyju, en þegar sólríkt er (Godsell 1988). Á Sableeyju að vetrarlagi eru einnig mun færri landselir á þurru, en á sumrin. Við rannsókn á áhrifum kulda leiðréttum með vindstyrk, þ.e.a.s. vindkælingu, á fjölda sela á landi, kom í ljós að ef kælingin nam meira en -15° þá voru fáir sem engir landselir á þurru (Boulva og McLaren 1979).

Nýlega áætluðu P. M. Thompson og J. Harwood (1990) stærð breska landselsstofnsins (N) út frá talningum úr lofti. Þeirra líkan er eftirfarandi;

$$N = \frac{1}{h} \cdot \sum \frac{n_{it}}{C_t}, \text{ þar sem } h = \frac{(h_1 + h_2)}{2},$$

en h_1 er hlutfall tímans sem brimlar liggja á þurru yfir daginn í ágúst sett sem 1, og h_2 er hlutfall tímans sem urtur látra sig í ágúst. C_t er hlutfall fjölda sela af hámarksfjölda landsela sem sést hefur á þurru, við tímann t , og er frá 0,61 upp í 1,00 (Thompson og Harwood 1990). Stærðarbil h hjá breska landselnum er 0,71 til 0,88, að meðaltali 0,80, eða annað en það h sem höfundur gekk út frá að gildi fyrir íslenska landselinn. Þetta mundi þýða það að leiðréttingarstuðullinn $1/h$ er 1,25 (1,13 - 1,41), eða mun minni en 2,1 sem stuðst var við í talningunni 1980 (Erlingur Hauksson 1986). Stofnstærðin hefur þá, ef breski stuðullinn er réttur, verið ofmetin hér við land. Hún væri árið 1980 um 27 þúsund dýr (24.200 - 30.200) og síðan lægri öll talningarárin en upp hefur verið gefið. Þetta hefur verið leiðrétt hér í ljósi nýrra gagna og stofnstærð landsels lækkuð samsvarandi (2. mynd).

Útselur

Hér er gert ráð fyrir að talið sé einungis einu sinni á kæpingartímanum í hverju látri. Vandamálið er þá að tímasetja talninguna þannig að mestur fjöldi kópa sé á landi. Slíkt er erfitt og það verður því að reyna að finna leiðréttingarstuðul, eða telja oftar en einu sinni, til þess að fá betri yfirsýn yfir ferli kæpingarinnar. Höfundur hefur ekki getað ákvarðað slíkan

leiðréttingarstuðul, en hann hefur fylgst með framvindu kæpingar á nokkrum stöðum hér á landi, til þess að finna þann árstíma þegar kæping er í hámarki. Árið 1989, var flogið fjórum sinnum yfir helstu kæpingarstaði útselsins á Suðurlandi, Surtsey, Vigur í Lóni og Skeiðarársand. Niðurstöður urðu þær að hámark kæpingar er fyrr á Skeiðarársandi (25. október), en í Surtsey og Vigur (21. nóvember), svo munar næstum mánuði (Erlingur Hauksson 1992a). Til þess að vera viss um að telja á þeim tíma er flestir kópar eru á landi þarf því á hverjum stað að þekkja feril kæpingarinnar og stilla talninguna í tíma þannig að talið sé er þessi hámarksfjöldi er á landi. Slíkt er tímafrekt og kostnaðarsamt, vegna þess að það krefst mikils flugtíma. Þetta er einnig varla framkvæmanlegt vegna erfiðra flugskilyrða á Íslandi á haustin. Það er ekki mögulegt að ganga að því vísu að talningarárin megi telja oft en einu sinni í hverju látri.

Samband fjölda fæddra kópa og stofnstærðar fer eftir aldursdreifingunni í stofninum og frjósemi stofnsins. Í vaxandi útselsstofni, sýndu Harwood og Prime (1978) fram á að baki hvers kóps eru 3.5 til 4.5 dýr árgömul og eldri. Þessi stuðull hefur verið notaður á íslenska útselsstofninn fram til þessa, en nú þegar stofninn virðist vera minnkandi, getur þessi margföldunarstuðull hafa breyst, vegna annarrar aldursdreifingar og annarrar frjósemi. Tímabilið 1982-84, þegar útselsstofninn við Ísland var vaxandi eða stöðugur var fjöldi 1+ gamalla dýra að baki hvers kóps ákvarðað sem 4,67, með því að nota upplýsingar um frjósemi og líklega aldursdreifingu í stofninum, sem framreiknuð var eftir aldursdreifingunni í veiðinni þessi ár. Þessi stuðull er einnig notaður fyrir talninguna árið 1986. Árin 1990, 1992 og 1995 virðist margföldunarstuðull 4,12 að stærð vera réttari samkvæmt aldursdreifingunni í veiðinni þessi ár, en frjósemi stofnsins er haldið óbreyttri. Þessum stuðlum hefur verið beitt hér, en eftir er að kanna hversu vel stuðullinn 4,12 hentar stofninum 1995.

Vöxtur, kynþroskaaldur og fósturþroski

Landselur

Lengdar og þyngdar sambönd landsela í Kattegat-Skagerak eru ekki ósvipuð og hjá íslenska landselnum.

$$P = 0,000036 \cdot L^{2,874},$$

en Härkönen og Heide-Jørgensen (1990) fundu ekki mun á þessum samböndum á milli kynja. Við Noreg, er sambærilegt samband;

$$P = 0,0000404 \cdot L^{2,89}$$

(Markussen o.fl. 1989). Við Austur-Kanada, er sambandið hins vegar;

$$P = L^{2,550}/5095,$$

(Boulva og McLaren 1979), eða einnig mjög svipað.

Samanborið við landselsstofna í kringum okkur er íslenski landselurinn nokkru stærri í vexti, miðað við aldur. Hámarks lengd og hámarksþyngd hans er meiri en hjá landselnum í Skagerak-Kattegat, en urtur verða þar lengstar 146(±1,2) cm og brimlar 156(±1,0) cm (Härkönen og Heide-Jørgensen 1990). Munurinn er einnig yfir 10 cm á milli íslenska og norska landselsins (sjá Markussen o.fl. 1989). Stuðlarnir sem lýsa lengdarvextinum eru svipaðir, en þó ekki þeir hinir sömu svo vaxtarferlið er mismunandi. Íslenski landselurinn virðist vaxa hraðar fyrr á ævinni en ná hámarks lengd á svipuðum aldri og landselir frá Skagerak-Kattegat og við Noreg. Það sama er uppi á teningnum hvað hámarksþyngd varðar, þar sem íslenski landselurinn verður mun þyngri, munar rúmum 20 kg. Hámarksþyngdir í Skagerak-Kattegat eru fyrir urtur 67 kg og fyrir brimla 75 kg. Norski landselurinn er einnig mun minni og léttari en sá íslenski. Urtur verða 147 cm að lengd og 77 kg að þyngd, en brimlar verða 155 cm og 88 kg (Markussen o.fl. 1989). Austur-kanadíski landselurinn er einnig styttri og léttari, en sá íslenski; Hámarks lengd og þyngd urta er 143 cm og 70 kg, en brimla 154 cm og 90 kg (Boulva og McLaren 1979). Stærð íslenska landselsins líkist helst stærð *Phoca vitulina richardi* frá

Bresku-Kólumbíu, Kanada, en brimlar verða þar lengstir 161 cm og þyngstir 87 kg, og urtur verða lengstar 148 cm og þyngstar 65 kg. Einnig líkist stærðin þeirri hjá *P. vitulina stejnegeri* frá eyjunni Hokkaídó, Japan, þar verða urtur 169 cm og 60-142 kg, og brimlar 168 cm og 87-170 kg (Markussen o.fl. 1989; tafla 4). Einnig eru líkindi með íslenska landselnum og *P. largha* frá Hokkaídó, Japan, þar sem brimlar verða 170 cm og urtur 159 cm (Bigg 1981).

Kynþroskaaldur sela við Ísland og Skagerak-Kattegat er þó svipaður, 4 ára eru flestar urtur þar orðnar kynþroska og brimlar ná kynþroska 4 til 6 ára (Härkönen og Heide-Jørgensen 1990). Við Noreg verða urtur kynþroska 3,75 ára að meðaltali og brimlar 5 til 7 ára (Bjørge 1992). Það er ári seinna en hjá íslenskum landselsurtum að meðaltali. Urtur við austurströnd Kanada verða fyrst kynþroska 3 ára og ganga með kóp fyrst 4 ára og brimlar verða fyrst kynþroska 4 ára (Boulva og McLaren 1979), svo hér er meðalkynþroskaaldurinn svo til hin sami.

Fóstur við burð í Skagerak - Kattegat eru um 82 cm að lengd og 8-10 kg að þyngd (Härkönen og Heide-Jørgensen 1990), eða mun styttri en hjá íslenska landselnum, en með sömu þyngd. Hér getur munur í söfnun þó skýrt þennan mun að verulegu leiti. Fóstrin úr landselnum í þessari könnun eru öll úr fullfrískum urtum, en fóstrin í urtum úr Skagerak-Kattegat er úr urtum er drápuð úr selafári. Sú staðreynd að urturnar voru veikar er þær gengu með getur skýrt það hversu stuttir kóparnir voru við kæpingu. Nýbornir kópar landsela við Austur-Kanada eru um 85 cm og 10-12 kg við burð (Boulva og McLaren 1979), sem undirstrika það að meðallengd fóstra við kæpingu í þessari könnun er rétt, en þyngd þeirra virðist vera vanmetin. Rannsóknir á Sableeyju, Kanada, hafa leitt það í ljós að við fæðingu eru urtur minni en brimlar, 10,9(±0,09) kg á móti 11,4(±0,09) kg. Einnig að eldri urtur fæða stærri kópa en þær yngri (Bowen o.fl. 1994). Slíkur munur kemur ekki fram í þessari könnun, enda þarf mikinn fjölda sýna til þess að fá fram marktækan svo lítinn mun sem hér um ræðir, innan við 1 kg.

Útselur

Samband þyngdar (M), lengdar (L) og ummáls (G) hjá breskum útselsurtum er svipað og hjá íslenska útselnum;

$$M = 0,0000980 \cdot L^{0,922} \cdot G^{1,926} \text{ (Boyd 1984),}$$

en ummál er ekki sama mæling og sú lengd sem er mæld yfir bakið á íslenska útselnum.

Hámarkslengd og hámarksþyngd íslenska útselsins er gefin í köflunum um lengdarvöxt og þyngdarvöxt útsela. Samanborið við breskar útselsurtur, eru hámarkslengd (staðallengd) og -þyngd meiri hjá þeim íslenska. Breskar útselsurtur verða lengstar um 180 cm og þyngstar um 155 kg og brimlarnir 207 cm og 233 kg (Bonner 1981). Kanadíski útselurinn er þó jafnstór eða stærri en sá íslenski hámarkslengd brimla er 242 cm og hámarkslengd urta 201 cm (Murie og Lavigne 1992). Gomperts vaxtarfalli ($L_t = A \cdot e^{-be-kt}$), var beitt við ákvörðun hámarkslengdar kanadísku útselsins, en von Bertalanfy vaxtarfalli við ákvörðun hámarkslengdar íslenska útselsins, svo líklega eru þessar hámarkslengdir ekki nákvæmlega sambærilegar.

Kynþroskaaldur íslenskra útselsurta, víkur marktækt frá útselsurtum við Austur-Kanada, en hann hafa Hammill og Gässelin (1995) rannsakað. Um 20% urta við A-Kanada eru með kóp 3 ára og því kynþroska á þessu aldursári. Meðalkynþroskaaldur er 4 til 5 ár við A-Kanada eða 2 árum seinna en hjá íslenska útselnum. Norski útselurinn nær kynþroska og kæpir fyrst 4 ára (40% kynþroska), einu ári eldri en íslensku urturnar. Sumar urtur kæpa fyrr eða um 8% 2 ára og 20% 3 ára (Wiig 1991). Brimlar verða kynþroska við austurströnd Kanada 6 ára, þá eru eistu þeirra orðin 60 g að meðalpunga (Hammill og Gässelin 1995), sem er svipað og hjá íslenska útselnum.

Þungi fóstra við burð er 8 kg hjá urtum og 12 kg hjá brimlum, í þessari könnun á íslenska útselnum. Hjá breska útselnum er þessi þungi 14,8 og 15,8 kg, að meðaltali (Bonner 1981), eða mun meiri. Erfitt er að skýra þennan mun sem kemur fram á þyngd kópa hjá íslenskum og breskum urtum, nema ef bresku tölurnar byggðu á vigtun kópa í látrum. Íslensku þyngdirnar byggja á vigtun fóstra úr legi urta. Breskar rannsóknir leiddu það í ljós að stærri

urtur kæpa fyrr og eiga flestar stærri kópa, en þær minni. Einnig voru brimlarnir stærri við fæðingu en urturnar og mæðurnar eyddu meiri orku við framleiðslu og uppeldi brimla en urta (Anderson og Fedak 1987). Smiseth og Lorentsen (1995) komust að annarri niðurstöðu. Þó að brimlar séu þyngri við burð en urtur, sem nemur tæpum 2 kg $19,0 \pm 2,0$ hjá brimlum á móti $17,2 \pm 2,2$ hjá urtum, er ekkert sem bendir til þess að urtur eyði meiri orku við ummönnun kópa eftir kyni þeirra. Línulegt fall lýsti vel lengdarvexti (L) fósra í breskum útselsurtum, líkanið er;

$$L = 0,502 \cdot T - 68,209,$$

þar sem T eru dagar frá getnaði (Boyd 1984).

Lokaorð

Á undanförunum 15 árum hefur Hringormanevnd og nú síðari ár Hafrannsóknastofnun, staðið straum að talverðum rannsóknum á íslensku selategundunum. Þessar rannsóknir hafa náð til margra þátt í líffræði þeirra, eins og stofnstærð, vexti, kynþroska og fæðu (sjá Erlingur Hauksson 1997 og Valur Bogason 1997). Einnig hafa rannsóknirnar náð örlítið inn á svið atferlisfræði sela, en segja má að nú sé það svið líffræði sela hvað minnst kannað hér við land. Upplýsingar skortir tilfinnanlega um árlegar og daglegar ferðir sela. Á þessu þarf að verða bragabót. Nýjasta tækni gerir nú kleift, með notkun radió- og gervihnattarsenda, að afla slíkra upplýsinga um ferðir sela og jafnvel mæla í leiðinni ýmsa lífeðlisfræðilegra þætti í líkamsstarfsemi þeirra, sem tengist fæðunámi og köfun. Í tengslum við fjölstofnarannsóknir Hafrannsóknastofnunar var hugmyndin að fara inn á þessa braut og kanna ferðir og orkuþörf landsela í Húnaflóa, með radiósendum, en vegna m.a. tæknilegra vandamála varð ekkert úr því.

Þakkir

Margir veiðimenn aðstoðuðu við söfnun útselssýna og er öllum þeim þakkað hér með. Sérstakar þakkir fyrir gott framlag fá: Hallbjörn Gíslason, Helgi Héðinsson, Guðmundur Örn Ólafsson. Rósmundur Skarphéðinsson, Vilmundur Reimarsson, Hallgrímur Guðfinnsson, Ingvi Bjarnason, Magnús Björnsson, Jóhann Gunnarsson, Steinar Einarsson, Sævar Guðmundsson, Ásbjörn Magnússon, Daníel Pétursson, Jan Jónsson, Kristmundur Skarphéðinsson, Veiðifélagið Stakkur, Hvalseyjarfélagið ehf. Gunnar Bjarnason, Ari Albertsson, Gunnlaugur Ólafsson, Óðinn Gunnarsson, Einar V. Kristjánsson, Kristján H. Lyngmó, Stefán L. Hólm, Birgir Guðmundsson, Kristlaug B. Sigurðardóttir, Ellert Vigfússon, Guðmundur Gíslason, Hörður Harðarson, Hafsteinn Guðmundsson, Herbert P. Guðmundsson, Kristinn Jónsson, Jón Benediktsson, Óskar Kristinsson, Páll Leifsson og Sigurður Guðjónsson og margir fleiri ónefndir. Droplaug Ólafsdóttir líffræðingur aðstoðaði við úrvinnslu sýna. Hringormanevnd stóð straum að kostnaði við rannsóknirnar á útsel.

Heimildir

- Anderson, S.S. M.A. Fedak, 1987. Grey seal *Halichoerus grypus*, energetics: females invest more in male offspring. *J. Zool.*, Lond 21: 667-679.
- Bigg, M.A., 1981. Harbour Seal, *Phoca vitulina* Linnaeus, 1758 and *Phoca largha* Pallas, 1811. Ridgway, S. H., R.J. Harrison (ritstj.) Í: Handbook of Marine Mammals 2. Seals. Academic Press. London.
- Bjørge, A., 1992. The reproductive biology of the harbour seal, *Phoca vitulina* L., in Norwegian Waters. *Sarsia*, 77: 47-51.
- Bonner, W.N., 1981. Grey Seal *Halichoerus grypus* Fabricius, 1791 Í: Ridgway, S.H & R.J. Harrison (ritstj.): Handbook of Marine Mammals 2. Seals. Academic Press.
- Boulva, J., I. A. McLaren, 1979. Biology of the harbor seal, *Phoca vitulina*, in Eastern Canada. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 200: 24 s.
- Bowen, W.D., O.T. Oftedal, D.J. Boness, S.J. Iverson, 1994. The effect of maternal age and other factors on birth mass in the harbour seal, *Can. J. Zool.* 72: 8-14.
- Boyd, I.L. 1984. The relationship between body condition and the timing of implantation in pregnant grey seals (*Halichoerus grypus*). *J. Zool.*, Lond. 203: 113-123.

- Calambokidis, J., B. L. Taylor, S. D. Carter, G. H. Steiger, P. K. Dawson, L. D. Antrim, 1987. Distribution and haul-out behavior of harbor seals in Glacier Bay, Alaska. *Can. J. Zool.* 65: 1391-1396.
- Caughley, G., 1977. Analysis of vertebrate populations. John Wiley & Sons. New York, 234 s.
- DeMaster, D.P., 1978. Calculation of the Average Age of Sexual maturity in Marine Mammals. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 912-915.
- Dietz, R., M.-P. Heide-Jørgensen, T. Härkönen, J. Teilman N. Valentin, 1991. Age determination of European harbour seal, *Phoca vitulina* L. *Sarsia*, 76: 17-21.
- Erlingur Hauksson, 1985a. Fylgst með landselum í látrum. Náttúrufræðingurinn, 55(3): 119-131.
- Erlingur Hauksson, 1985b. Talning útselskópa og stofnstærð útsels. Náttúrufræðingurinn, 55(2): 83-93.
- Erlingur Hauksson, 1986. Fjöldi og útbreiðsla landsels við Ísland. Náttúrufræðingurinn, 56(1): 19-29.
- Erlingur Hauksson, 1992a. Talningar á landsel og útsel og ástand þessara stofna við strendur Íslands. Hafrannsóknir, 43: 5-22.
- Erlingur Hauksson, 1992b. Vöxtur og viðkoma landsels og útsels við Ísland. Hafrannsóknir, 43: 23-49.
- Erlingur Hauksson, 1993. Árstíðabreytingar á fjölda sela í látrum á Vatnsnesi í Vestur-Húnavatnssýslu. Náttúrufræðingurinn, 62(1-2): 37-41.
- Erlingur Hauksson, 1997. Fæða útsels. Þetta rit.
- Godsell, J. 1988. Herd formation and haul-out behaviour in harbour seals (*Phoca vitulina*). *J. Zool., Lond.* 215: 83-98.
- Hammill M.O., J.F. Gässelin, 1995. Grey seal (*Halichoerus grypus*) from the Northwest Atlantic: female reproductive rates, age at first birth, and age of maturity in males. *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 52:2757-2761.
- Hammond, P. S., 1995. Estimating the abundance of marine mammals: a North Atlantic perspective. Í: Blix, A. S., L. Wallöe, Ö Ulltang (ritstj.). Whales, seals, fish and man. Elsevier Science B. V. Amsterdam, 3-12 s.
- Harwood, J., J.H. Prime, 1978. Some factors affecting the size of British Grey seal populations. *J. Applied Ecology*, 15: 401-411.
- Härkönen, T., M.-P. Heide-Jørgensen, 1990. Comparative life histories of East Atlantic and other harbour seal populations. *Ophelia*, 32(3): 211-235.
- Hiby, A.R., J. Harwood, 1979. The reliability of population estimates for British grey seals. *ICES N*:12, 7 s.
- King, M., 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books. Blackwell Science Ltd. London, 341 s.
- Krieber, M., C. Barrette, 1984. Aggregation behaviour of harbour seals at Forillon National Park, Canada. *Journal of Animal Ecology*, 53: 913-928.
- Lorentsen, S.H., Ø. Bakke, 1995. Estimation of grey seal *Halichoerus grypus* pup production from one or more censuses. A.S. Blix, Ø. Ulltang (ritstj.). Whales, seals, fish and man. Elsevier, Amsterdam, 47-51.
- Mansfield, A.W, 1991. Accuracy of age determination in the grey seal *Halichoerus grypus* of Eastern Canada. *Marine Mammal Science*, 7(1): 44-49.
- Markussen, N.H., A. Bjørge, A. Øritsland, 1989. Growth in harbour seals (*Phoca vitulina*) on the Norwegian coast. *J. Zool., Lond.*, 219: 433-440.
- Murie, D.J., D.M. Lavigne, 1992. Growth and feeding habits of grey seals (*Halichoerus grypus*) in the northwestern Gulf of St. Lawrence, Canada. *Can. J. Zool.*, 70: 1604-1613.
- Nörsgaard, N., E. H. Ries, J. Schwarz, I. M. Traut, 1992. Conservation and management plan for the harbour seal (*Phoca vitulina*) population in the Wadden Sea based on a joint telemetry study. Í: Priede, I. G., S. M. Swift (ritstj.) Wildlife telemetry, remote monitoring and tracking of animals. Ellis Horwood. New York, 687-692.
- Pauli, B. D., J. M. Terhune, 1987a. Meteorological influences on harbour seal haul-out. *Aquatic Mammals*, 13.3,114-18.
- Pauli, B. D., J. M. Terhune, 1987b. Tidal and temporal interaction on harbour seal haul-out patterns. *Aquatic Mammals*, 13.3,114-18.
- Pitcher, K. W., D. C. McAllister, 1981. Movements and Haulout Behavior of Radio-tagged Harbor Seals, *Phoca vitulina*. *Canadian Field-Naturalist*, 95(3): 292-297.
- Radford, P.J. C.F. Summers, K.M. Young, 1978. A statistical procedure for estimating grey seal population from a single census. *Mammal Rev.*, 6(1): 35-42.
- Roen, R., A. Bjørge, 1995. Haul-out behaviour of the Norwegian harbour seal during summer. Í: Blix, A. S., L. Wallöe, Ö Ulltang (ritstj.). Whales, seals, fish and man. Elsevier Science B. V. Amsterdam, 61-67.
- Schneider, D., P. M. Payne, 1983. Factors affecting haul-out of harbor seals at a site in Southeastern Massachusetts. *J. Mamm.*, 64(3): 518-520.
- Smithseth, P.T., S.-H. Lorentsen, 1995. Evidence of equal maternal investment in the sexes in the polygynous and sexually dimorphic grey seal (*Halichoerus grypus*). *Behav. Ecol Sociobiol*, 36: 145-150.
- Stewart, B. S., S. Leatherwood, P. K. Yochem, M.-P. Heide-Jørgensen, 1989. Harbor seal tracking and telemetry by satellite. *Marine Mammal Science*, 5(4): 361-375.
- Summers, C. F., 1978. Trends in the size of British grey seal populations. *J. Applied Ecology* 15: 295-400.
- Terhune, J. M., M. Almon, 1983. Variability of harbour seal numbers on haul-out sites. *Aquatic Mammals*, 10(3): 71-78.
- Thompson, P. M., 1989. Seasonal changes in the distribution and composition of common seal (*Phoca vitulina*) haul-out groups. *J. Zool., Lond.*, 217: 281-294.

- Thompson, P. M., D. Miller, 1990. Summer foraging activity and movements of radio-tagged common seals (*Phoca vitulina* L.) in the Moray Firth, Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 27: 492-501.
- Thompson, P. M., J. Harwood, 1990. Methods for estimating the population size of common seals, *Phoca vitulina*. *Journal of Applied Ecology*, 27: 924-938.
- Thompson, P. M., D. G. Wood, D. Tollit, D. Miller, 1992. Seasonal and between-year differences in harbour seal *Phoca vitulina* foraging activity. ICES CM/N: 15.
- Valur Bogason, 1997. Fæða landsels. Þetta rit.
- Wiig, Ø. 1991. Demographic parameters for norwegian grey seals *Halichoerus grypus*. *Fauna norv.*, Ser. A 12: 25-28.
- Wyle, G., D. Thompson, 1985. The relative efficiency of aerial surveys and ground counts for estimating grey seal pup production. ICES C.M. /N: 2.

Fæða landsels (*Phoca vitulina*) við Ísland

Valur Bogason

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Árið 1992 og fyrri helming ársins 1993 var safnað fæðusýnum úr landsel innan ramma fjölstofnarannsóknna Hafrannsóknastofnunarinnar. Alls söfnuðust 772 magasýni og voru 493 þeirra með fæðuleifar. Fæðuleifar voru greindar til tegunda eða fæðuhópa að mestu eftir hörðum hlutum, t.d. kvörnum fiska. Sambönd kvarnalengdar, fisklengdar og fiskþyngdar voru notuð til að reikna út lengd og þyngd fiskanna. Helstu fæðutegundir voru þorskur með um 48% af heildarþyngd fæðunnar. Síðan komu karfi, síli og ufsi með um 8% af heildarþyngd hver tegund. Aðrar mikilvægar tegundir voru síld, steinbítur, loðna og ýmsir flatfiskar. Á vor og sumarmánuðum (kæpingartími) var síli og ufsi algengari í fæðunni en á haust- og vetrarmánuðum, þegar loðna og síld voru algengari. Svæðisbundinn munur á fæðuvali var nokkur. Við suðurströndina var síli mun algengari fæða en á öðrum strandsvæðum. Ufsi var étinn í meira mæli í Faxaflóa en á öðrum strandsvæðum. Sama á við um karfa við Norðurland og steinbít við Vestfirði og Norðurland. Þorskur var algengasta fæðan á öllum strandsvæðum og árstímum nema við suðurströndina þar sem hlutur hans var mun minni. Algengasta stærð á þorski, ufsa, ýsu og steinbít sem bráð var á bilinu 10 - 40 cm. Stærsti þorskurinn var tæplega 70 cm. Karfi og flatfiskar voru algengastir 10 - 30 cm. Smávaxnar fisktegundir eins og síli, síld og loðna voru algengastar á bilinu 10 -20 cm. Meðal orkuþörf landsels á dag var áætluð 5.192 kcal. Þessi orkuþörf samsvarar 4,89 kg af fæðu á sel á dag miðað við fæðusamsetningu og orkuinnihald bráðarinnar. Heildarneysla landselastofnsins var áætluð 28.540 tonn. Hlutur þorsks var langstærstur eða 11.922 tonn, næst kom síli með 3.875 tonn, ufsi með 2.173 tonn, karfi með 2.134 tonn og loðna með 2.092 tonn. Hlutdeild landsela í afföllum þorsks var mest hjá tveggja og þriggja ára þorski eða um 20% af heildarafföllum þessara aldursflokka.

Inngangur

Landselur (*Phoca vitulina*) finnst meðfram allri strandlengju Íslands. Stofnstærð landselsins var um 16 þúsund dýr (9000 - 25.500) árið 1992, en stofnstærð hefur minnkað um 6% árlega síðan 1980 (Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997). Vitneskja um magn og samsetningu fæðu selanna eru mikilvægar til að meta samspil hinna ýmsu lífvera í hafinu umhverfis landið.

Til þess að geta metið magn fæðunnar þarf að taka tillit til breytileika í magni og samsetningu fæðunnar eftir árstímum og svæðum. Þessi breytileiki getur stafað af mismunandi framboði á tiltekinni bráð, t.d. vegna loðnugangna. Auk þess þarf að taka tillit til aldurs og kynskiptingar í landselastofninum, því atferli mismunandi hluta stofnsins er breytilegt.

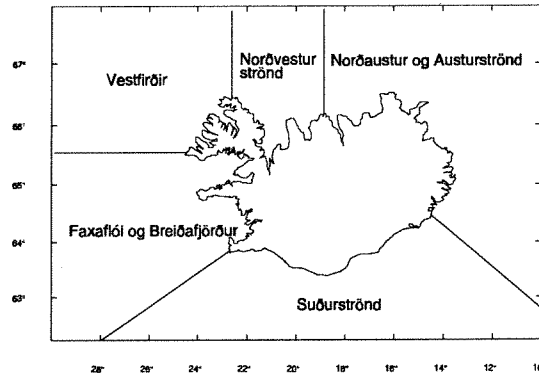
Hér við land kæpir landselur í seinni hluta maí og í júní og eru urtur með kópa í júní og júlí (Erlingur Hauksson 1993). Landselsurtur virðast ekki fasta þær 4-6 vikur sem þær eru með kópa á spena heldur hefja styttri fæduferðir um mitt tímabilið. Líklega stafar þetta af því að þær eru ekki nógu stórar til að geta safnað fituförða sem endist allan tímann (Boness o.fl. 1994, Thompson o.fl. 1994). Í júlí og ágúst fer landselurinn úr hárum. Talið er að mökun hefjist í ágúst og standi fram í september (Erlingur Hauksson 1993). Ýmsar rannsóknir benda þó til þess að mökun eigi sér stað fyrr og hefjist strax eftir að kópar eru vandir af spena en ekki eftir að selirnir fara úr hárum (Thompson 1988). Landselurinn er fjölkvænisdýr og makar sig í sjó.

Í grófum dráttum má segja að hegðun landsela sé sú, að þeir hvílust yfir háfjöruna á landi en haldi til sjávar í ætisleit á flóði. Þeir geta þó verið á hafi úti nokkra daga í einu.

Fyrstu landselsurtur verða kynþroska tveggja ára, þriggja ára er um helmingur orðinn kynþroska og meirihlutinn fjögurra ára. Landselsbrimlar eru flestir orðnir kynþroska um 5 ára aldur. Fullvaxinn brimill er um 170 cm að lengd og 105 kg að þyngd en urturnar eru fullvaxnar um 155 cm og 90 kg (Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997).

Efni og aðferðir

Sýnum var safnað árið 1992 og fyrri helming ársins 1993. Áhersla var lögð á að safna sýnum frá öllum strandsvæðum, árstímum og aldurshópum. Ýmist var heilum dýrum safnað eða neðri kjálka, maga og kynfærum. Sýnin voru fryst þar til unnið var úr þeim. Sýnin komu ýmist frá fiskimönnum sem höfðu fengið sel í net eða frá selveiðimönnum. Alls söfnuðust 772 magasýni og voru 493 með fæðuleifar (1. tafla). Strönd landsins var skipt upp í fimm svæði (1. mynd). Árinu var skipt í tvö tímabil, maí - september báðir mánuðir meðtaldir og er það kallað vor / sumar. Hitt tímabilið er október - apríl og er það kallað haust / vetur. Þessi skipting ákvarðast af lífsháttum selanna (sjá inngang) og því hversu fá sýni fengust suma mánuði og frá sumum svæðum.



1. mynd. Skipting strandar landsins í svæði.

Aldur dýranna var ákvarðaður með því að telja vaxtalög í cementum í vígtönnuselanna. Teknar voru þversneiðar 0.5-0.7 mm þykkar og lesnar undir víðsjá (Erlingur Haukson 1992, Laws 1962). Kyn dýranna var ákvarðað með skoðun á kynfærum þeirra.

Fæðuleifar voru aðgreindar með því að skola magainnihaldið í gegnum sigti með 0.3 mm möskva. Kvarnir og bein fiska, skeljar, skildir krabbadýra og aðrir harðir hlutir voru greindir til tegunda eða fæðuhópa. Sambönd kvarnalengdar, fisklengdar og fiskþyngdar voru síðan notuð til að reikna út lengd og þyngd fiskanna. Þegar kvarnir voru ekki til staðar eða of meltar var notast við reiknaða meðalþyngd fæðuhóps í fæðu selanna. Notast var við sambönd frá Íslandsmiðum þar sem því var komið við. Fyrir aðrar tegundir var notast við meðalþyngdir úr fæðugagnagrunni Hafrannsóknastofnunar.

Stofninum var skipt í þrjá mismunandi hópa: Ungviði 0-2 ára, brimla og urtur þriggja ára og eldri. Þessi skipting miðast við að nokkur hluti stofnsins er orðinn kynþroska þriggja ára.

1. tafla. Skipting sýna eftir strandsvæðum, aldri og árstíma.

Með fæðu	Faxafíoi og Breiðafjörður		Vestfirðir		Norðvesturströnd		Norðaustur og Austurströnd		Suðurströnd		Alls	
	Vor/Sumar	Haut/Vetur	Vor/Sumar	Haut/Vetur	Vor/Sumar	Haut/Vetur	Vor/Sumar	Haut/Vetur	Vor/Sumar	Haut/Vetur	Vor/Sumar	Haut/Vetur
Ungviði	40	13	55	47	80	54	4	43	6	13	185	170
Brimlar	26	16	8	8	6	7	0	1	1	3	41	35
Urtur	23	8	6	3	7	2	0	3	3	0	39	16
Ekki aldursgreint	1	1	0	1	1	0	3	0	0	0	5	2
Alls	90	38	69	59	94	63	7	47	10	16	270	223
Án fæðu												
Ungviði	9	7	11	19	32	8	0	3	1	4	53	41
Brimlar	14	5	4	3	3	0	0	1	1	3	22	12
Urtur	10	4	3	7	1	1	0	0	2	3	16	15
Ekki aldursgreint	23	9	18	32	5	13	0	12	8	0	54	66
Alls	56	25	36	61	41	22	0	16	12	10	145	134
Fjöldi sýna alls	146	63	105	120	135	85	7	63	22	26	415	357

Til að lýsa orkuþörf mismunandi hópa innan stofnsins var orkuþörfinni skipt á eftirfarandi hátt:

Orka til viðhalds er sú orka sem notuð er í grunnefnaskipti, hreyfingu og hitastjórnun. Orkuþörf ungvíðis á dag er (Markussen o.fl. 1990):

$$161\text{kcal} \times \text{þyngd í kg}^{-0.75} \times \text{dag}^{-1}$$

Ungvíði sela þarf að meðaltali 1,4 sinnum meiri orku til viðhalds en fullorðnir (Innes o.fl. 1987). Orkuþörf fullorðinna sela er því:

$$115\text{kcal} \times \text{þyngd í kg}^{-0.75} \times \text{dag}^{-1}$$

Þessar tölur hér að ofan eru byggðar á athugunnum á dýrum í búrum og taka því ekki til orkueyðslu vegna fæðunámsferða. Orka til hreyfingar fyrir ungvíði er því áætluð 21 kcal x þyngd í kg⁻¹ x dag⁻¹ og 13 kcal fyrir fullorðna seli (Härkönen og Heide-Jørgensen 1991).

Orka til vaxtar er sú orka er þarf til vefja, fituvaxtar og fósturvaxtar. Sú orka er talin vera 9090kcal x þyngd í kg⁻¹ (Markussen o.fl. 1990). Vöxtur í mismunandi aldurshópum stofnsins er samkvæmt Erlingi Haukssyni og Val Bogasyni (1997). Orkuþörf til að bæta úr þyngdartapi er 7272 kcal x þyngd í kg⁻¹ (Markussen o.fl. 1990). Orkuþörf til æxlunar, fósturvaxtar og við að fara úr hárum er samkvæmt Härkönen og Heide-Jørgensen (1990 og 1991). Þeir áætla þyngdartap vegna æxlunar fyrir brimla 10 kg og 24 kg fyrir urtur og þyngd fósturs við fæðingu er um 9 kg. Þyngdartap við að fara úr hárum sé 2 kg fyrir ungvíði en 3 kg fyrir fullorðin dýr. Talið er að selirnir nýti sér 80% af orku bráðarinnar og er því orkuþörfin margfölduð með 1,25 (Ronald o.fl. 1984) til að fá þá orku sem fæðan þarf að innihalda.

Niðurstöður

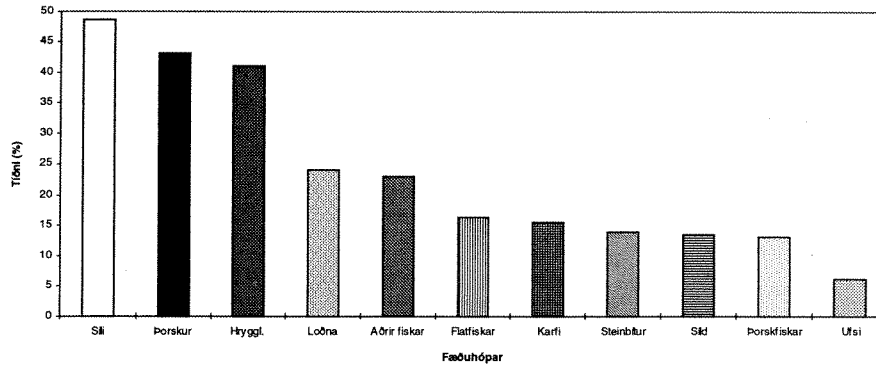
Fæðusamsetning

Reynt var að greina fiska til tegundar. Alls voru greindar 27 fisktegundir, en hryggleysingar voru ekki greindir til tegunda.

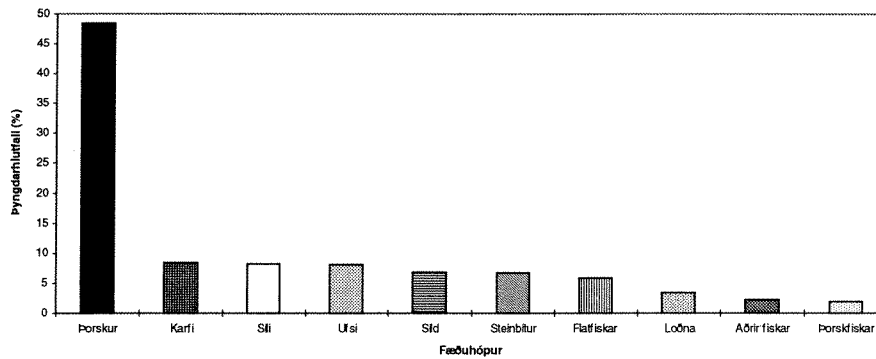
Þegar tíðni fæðuhópa var skoðuð (2. mynd) kom í ljós að síli (Ammodytidae) var í tæplega 50% maga, þorskur (*Gadus morhua*) í ríflega 40%, hryggleysingar (Invertebrates) í um 40%, loðna (*Mallotus villosus*) og aðrir fiskar (Other Pisces) í um 20% maga. Aðrir hópar komu fyrir í innan við 20% maga.

Þess ber þó að gæta að þessi aðferð ofmetur hlut smærri fæðugerða. Sést það best á því að hryggleysingar voru ekki nema um 0,5% af heildarþunga fæðunnar og líklega að mestu komnir úr fiskmögum. Aðeins lítill hluti hryggleysingja telst með einhverri vissu vera étinn sem bráð, t.d. einir í maga. Á þetta aðallega við um trjónu- (*Hyas sp.*) og einbúakrabba (*Pagarus sp.*). Af þessum sökum verður aðaláherslan lögð á fæðusamsetningu eftir þyngd.

Þegar fæðusamsetning eftir þyngd var skoðuð (3. mynd) kom í ljós að hlutur hinna ýmsu fæðuhópa breytist töluvert. Þorskur var um helmingur af heildarþyngd fæðunnar en aðrir hópar voru mun léttvægari sem bráð. Þeir hópar sem komu næst voru með 5-8% af þyngd fæðunnar. Þar á meðal voru karfi (*Sebastes sp.*), síli, ufsi (*Pollachius virens*), síld (*Clupea harengus*), steinbítur (*Anarhichas lupus*) og flatfiskar (Pleuronectidae). Flatfiskarnir voru um 5,8% og skiptust þannig að skrápflúra (*Hippoglossoides platessoides*) var um 2,8%, sandkoli (*Limanda limanda*) 1,2%, skarkoli (*Pleuronectes platessa*) 1,1% og þykkvalúra (*Microstomus kitt*) 0,6%. Aðrir hópar voru innan við 5% af þyngd fæðunnar, þar voru loðna, aðrir fiskar og aðrir þorskfiskar (Other gadidae). Í hópnum aðrir fiskar var lax (*Salmo salar*) um helmingur af þyngd, en hjá þorskfiskum var ýsa (*Melanogrammus aeglefinus*) tæplega helmingur.



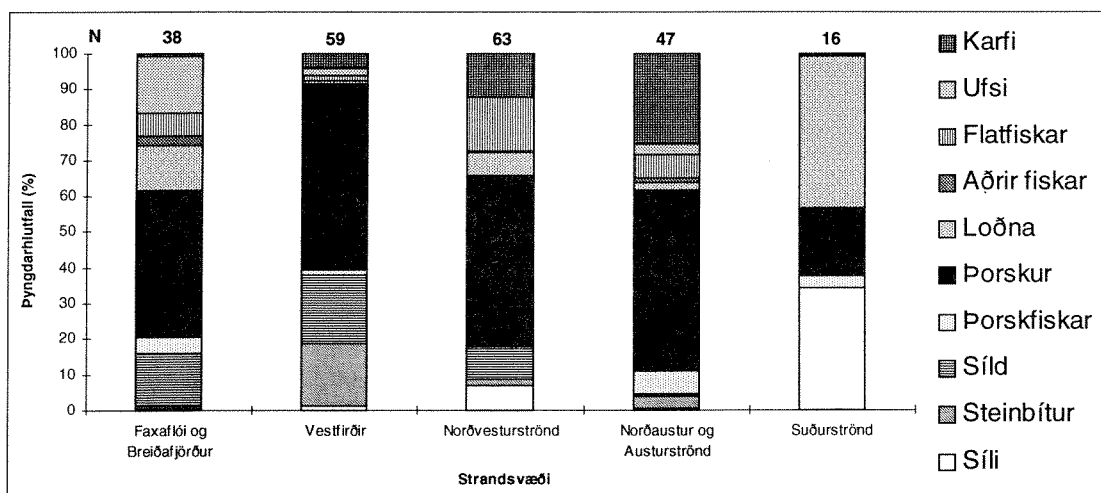
2. mynd. Tíðni fæðuhópa í landselsmögum 1992 og 1993.



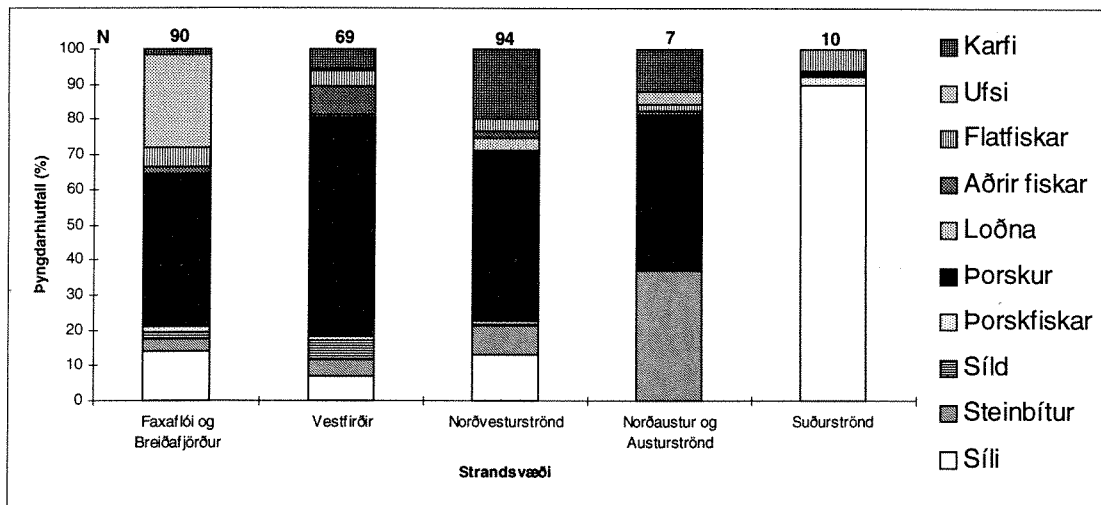
3. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuhópa í landselamögum 1992 og 1993.

Fæða á mismunandi strandsvæðum og árstímum

Það var greinilegur svæðis- og árstíðabundinn munur á fæðusamsetningu (4. og 5. mynd). Loðna og síld voru mun algengari yfir haust og vetrarmánuði, en síli var algengara yfir vor- og sumarmánuðina. Þorskur var algengur bæði tímabil. Þegar fæðusamsetning var skoðuð eftir strandsvæðum þá sást að þorskur var algengastur á öllum svæðum nema við suðurströndina þar sem hlutur hans var mun minni. Þar voru síli og loðna ríkjandi. Ufsi var algengastur við Faxaflóa og Breiðafjörð, karfi við Norðurströnd landsins og steinbítur við Vestfirði og Norðaustur- og Austurströndina. Flatfiskar fundust í einhverjum mæli á öllum svæðum.



4. mynd. Þyngdarhlutfall fæðuhópa eftir strandsvæðum haust / vetur. N = fjöldi maga.

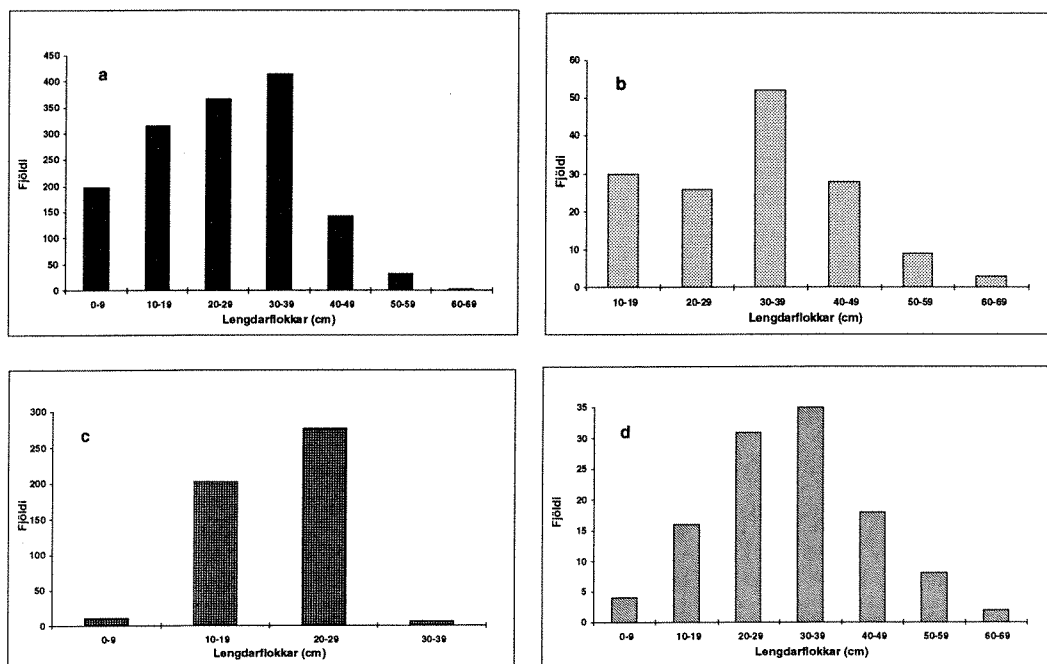


5. mynd. Pyngdarhlutfall fæðuhópa eftir strandsvæðum vor / sumar. N = fjöldi maga.

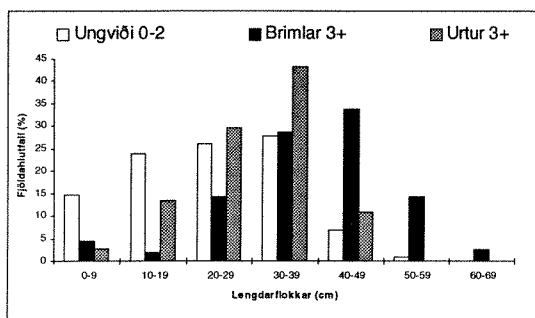
Stærð bráðar

Algengustu lengdarflokkar fisktegunda sem landselurinn át, liggja á bilinu 10-40 cm, samanber 6. mynd. Flattiskar voru flestir á bilinu 10-30 cm og smávaxnar tegundir eins og síli og loðna voru flestar 10-20 cm langar.

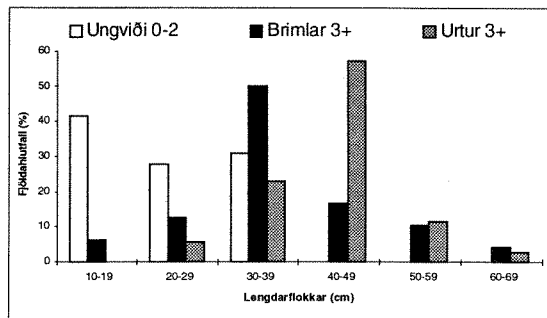
Lengdardreifingar bráðar sýna að greinanlegur munur var á stærð bráðar eftir aldri selanna. Ungviðið virtist ekki taka eins stóran fisk og eldri selirnir. Fiskar stærri en 40 cm voru í meira mæli teknir af eldri selum (7. og 8. mynd).



6. mynd. Lengdardreifing fiskbráðar í landsel, a: þorskur, b: úfsi, c: karfi og d: steinbítur.



7. mynd. Lengdardreifing þorsks eftir aldri og kyni landsels.



8. mynd. Lengdardreifing ufsa eftir aldri og kyni landsels.

Orkuþörf og heildarátt landsela

Stofnstærð landsels 1992 var áætluð 16 þúsund dýr og aldurs- og kynskipting var fengin með athugun á veiddum dýrum árin 1992-3. Meðalþyngd hvers hóps var áætluð þannig að ungvíði er 39 kg, brimlar 75 kg og urtur 78 kg. Gert var ráð fyrir að vöxtur á ári hjá ungvíði sé 16 kg og hjá fullorðnum 3-4 kg (Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997). Út frá þessum forsendum var reiknuð orkuþörf einstaklings í hverjum hóp á ári (2. tafla).

2. tafla. Orkuþörf landsela í kcal eftir aldri og kyni, stofnupplýsingar frá Erlingi Hauksyni og Val Bogasyni (1997). Annars byggt á gögnum frá Härkönen-Heide-Jörgensen (1990 og 1991), Markussen o.fl. (1990) og Ronald o.fl. (1984).

Orkuþörf á ári í Kcal	Ungviði 0-2	Brimlar 3+	Urtur 3+
Meðalþyngd kg	39	75	78
Orka til viðhalds	922722	1066968	1103699
Orka vegna hreyfingar	301381	354637	371008
Vöxtur á ári kg	16	4	3
Orka til vaxtar	145604	34849	25108
Fóstur vöxtur kg	0	0	9
Orka til fósturvaxtar	0	0	81810
Þyngdartap vegna æxlunar kg	0	10	24
Orka til æxlunar	0	72720	174528
Þyngdartap við að fara úr hárum kg	2	3	3
Orka vegna hára	14544	21816	21816
Heildarorkuþörf á ári (80% nýtt.fæðu)	1384250	1550990	1777969
Fæðuorkuþörf á ári (HO *1,25)	1730313	1938738	2222461

Orkuþörf á hverju strandsvæði var fundin með því að margfalda orkuþörf einstaklings í hverjum hóp með fjölda á hverju svæði. Orkuþörf á mismunandi árstímum var síðan fundin með því að skipta orkuþörf ársins niður eftir lengd tímabilanna (3. tafla). Heildarorkuþörf landsestofnsins var áætluð 30.317×10^6 kcal fyrir árið 1992 og meðal orkuþörf sels var 5.192 kcal á dag. Orkuþörf á hverju svæði og árstíma (3. tafla) ásamt þyngdarhlutföllum fæðuhópa og orkuinnihaldi fæðunnar (4. tafla) var notað til að reikna út heildarátt landsestofnsins. Heildarátt landsestofnsins árið 1992 var áætlað 28.540 tonn og þar af var þorskur 11.922 tonn. Átið milli tímabila skiptist þannig að yfir vor og sumarmánuðina var átið 12.740 tonn en 15.800 tonn yfir haust og vetrarmánuðina. Meðalát sela á dag var 4,89 kg. Fjöldi fiska var reiknaður út frá meðalþyngd hverrar tegundar í fæðunni (4. tafla).

3. tafla. Orkuþörf landsels eftir aldri og kyni skipt eftir fjölda á mismunandi strandsvæðum. Ungviði 0 - 2 ára var áætlað 55% af fjölda, brimlar 3+ 20% og urtur 3+ 25% (Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997). Tímabilið vor / sumar er 153 dagar eða 42% af árinu og tímabilið haust / vetur er 212 dagar eða 58%. Orkuþörf (OP) er gefin upp í kcal x 10⁶, nema meðalorkuþörf landsels / dag.

	Ungviði 0 - 2		Brimlar 3+		Urtur 3+		Alls		V / S	H / V
	Fjöldi	OP	Fjöldi	OP	Fjöldi	OP	Fjöldi	OP	42%	58%
Faxaflói og Breiðafjörður	3013	5214	1096	2124	1370	3044	5479	10383	4352	6031
Vestfirðir	1085	1878	395	765	493	1096	1973	3739	1567	2172
Norðvesturströnd	2531	4380	920	1784	1151	2557	4602	8721	3656	5065
Norðaustur og Austurst.	769	1330	280	542	350	777	1398	2649	1111	1539
Suðurströnd	1400	2423	509	987	637	1415	2546	4825	2022	2802
Alls	8799	15225	3200	6203	4000	8889	15998	30317	12708	17609
Meðalorkuþörf landsels / ár							1,89			
Meðalorkuþörf landsels / dag							5192 kcal			

4. tafla. Meðalorkuinnihald fæðuhópa (Droplaug Ólafsdóttir og Erlingur Hauksson 1993). Át landselastofnsins í tonnum eftir fæðuhópum á strandsvæðunum fimm árið 1992 og heildarfjöldi étinn af hverjum fæðuhóp. A: Faxaflói og Breiðafjörður, B: Vestfirðir, C: Norðvesturströnd, D: Norðaustur- og Austurströnd og E: Suðurströnd.

* Merktir fæðuhópar eru áætlun og flatfiskar ** merktir eru meðaltal af orkuinnihaldi skarkola og sandkola.

Orkuinnihald fæðuhópa		Át í tonnum					Át í fjölda	
Fæðuhópur	kcal / gramm	A	B	C	D	E	Alls	Fjöldi
Trjónukrabbi	1*	6	7	4	2	0	20	4.979.111
Einbúakrabbi	0,78	35	12	14	12	0	73	5.223.242
Aðrir hryggj.	1*	15	6	10	3	1	35	-
Síli	1,21	649	136	796	9	2284	3875	968.649.859
Loðna	1,61	693	24	417	36	923	2092	174.304.926
Síld	1,92	864	467	430	11	0	1772	65.636.493
Þorskfiskar	0,86	234	23	13	79	117	467	-
Þorskur	0,86	4112	2025	4022	1340	423	11922	45.503.617
Ýsa	0,89	81	25	46	28	0	180	2.814.419
Ufsi	0,94	2038	39	0	96	0	2173	4.994.802
Aðrir fiskar	1*	227	137	101	28	5	498	-
Flatfiskar	0,88**	587	99	849	123	119	1777	-
Steinbitur	0,86	203	422	400	498	0	1523	4.104.106
Karfi	1,18	112	176	1299	547	0	2134	15.465.998
ALLS		9856	3600	8401	2811	3872	28540	-

Afföll þorsks af völdum landsela

Þorskur var helsta fæða landsela og til að meta áhrif selanna á þorskstofninn, var farin sú leið að áætla afföll þorsks af völdum landsela árið 1992. Í 4. töflu er gefinn fjöldi þorska er féllu í valinn af völdum landsela. Þessum fjölda var skipt eftir aldursdreifingu þorsks í fæðu selanna (5. tafla). Þorskarnir voru á aldrinum 0-5 ára. Stofnstærð 3-5 ára þorsks í upphafi árs 1992 var þekkt, en áætla verður fjölda 0-2 þorsks. Þessir árgangar voru bakreiknaðir með mismunandi dánarstuðlum. Þessir stuðlar voru áætlaðir 0,4 fyrir 2 ára (árgangur 1990), 0,6 fyrir 1 árs (árgangur 1991) og 0,3 fyrir 0-grúppu (árgangur 1992). Árganganir voru bakreiknaðir frá þeim tíma er þeir komu inn í stofnstærðarmat 3 ára, þ.e. frá 1993-1995. Stofnstærðarupplýsingar og dánarstuðlar 3-5 ára þorsks eru samkvæmt Anon. 1996 (5. tafla).

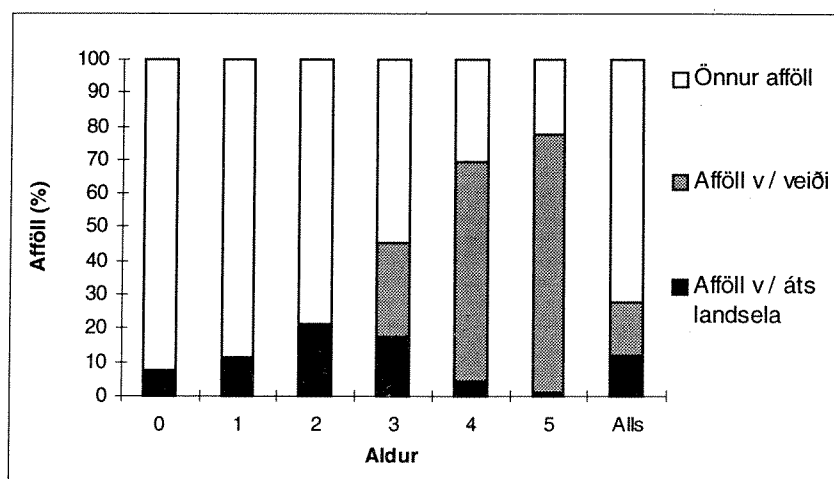
Fjöldi í upphafi árs og afföll þorsks í hverjum aldurshóp var síðan reiknað samkvæmt viðurkenndum stofn- og aflajöfnum (Beverton og Holt 1957). Afföllin af völdum sela voru mest hjá 2 og 3 ára þorski eða 21,4% og 17,4% af heildarafföllum. Hjá 4 og 5 ára fiski voru afföll vegna veiða (F) orðin afgerandi. Í hverjum aldurshóp var reiknaður dánarstuðull M_{1s} ,

þ.e. afföll af völdum landsela. Hann var um fjórðungur af náttúrulegum dánarstuðli hjá 2 og 3 ára þorski en lægri í hinum aldurshópnum. Á 9. mynd er sýnd skipting heildaraffalla (Z) þorsks á aldrinum 0-5 ára 1992.

5. tafla. Skipting affalla þorsks eftir aldri í þeim aldursflokkum sem selirnir éta. Heildarafföll voru reiknuð og % hluti landsela í þeim metin. Í neðri helmingi töflunar eru gefnir upp dánarstuðlar fyrir náttúruleg dauðsföll (M), fiskveiðidánarstuðull (F), heildarafföll (Z). Selveiðidánarstuðull (M_{is}) var reiknaður og hluti hans í M skoðaður. Upplýsingar um stofnstærð þorsks eru skv. Anon. (1996).

* Fjöldi í upphafi árs fyrir 0-grúppu er fjöldi í upphafi síðasta þriðjungs ársins.

Aldur ár	0	1	2	3	4	5	Alls
Aldursskipting í sel (%)	18,6	18,6	42,06	16,71	3,29	0,74	100
Fjöldi í upphafi árs *	421.969.117	163.096.910	270.882.545	180.138.000	76.475.000	60.702.000	1.173.263.571
Fjöldi í lok árs	312.602.410	89.509.482	181.578.000	136.417.935	43.119.007	25.996.883	789.223.717
Afföll alls	109.366.707	73.587.428	89.304.545	43.720.065	33.355.993	34.705.117	384.039.855
Afföll v / veiði	0	0	0	12.266.781	21.713.413	26.519.948	60.500.142
Önnur afföll	100.903.034	65.123.755	70.165.724	23.849.630	10.145.512	7.848.442	278.036.097
Afföll v / áts landsela	8.463.673	8.463.673	19.138.821	7.603.654	1.497.069	336.727	45.503.617
% hluti ls af afföllum	7,74	11,50	21,43	17,39	4,49	0,97	11,85
M	0,3	0,6	0,4	0,2	0,2	0,2	1,9
F	0	0	0	0,078	0,373	0,648	1,099
Z	0,3	0,6	0,4	0,278	0,573	0,848	2,999
M_{is}	0,023	0,069	0,086	0,048	0,026	0,008	0,260
M - M_{is}	0,277	0,531	0,314	0,152	0,174	0,192	1,640



9. mynd. Skipting heildaraffalla (Z) þorsks í aldursflokkum 0-5 ára árið 1992.

Umraeður

Aðferðafræði

Í yfirlitsgrein Pierce og Boyle (1991) eru aðferðafræðilegir annmarkar teknir fyrir. Þar er bent á að melting sela sé hröð og fæða er frekar stuttan tíma í maga eftir að hún er étin. Auk þess meltast fæðuhópar mishratt og geta fæðuhópar því verið of- eða vanmetnir. Sama á við um kvarnir og aðra harða hluti. Einnig er viðúið að stórir fiskar séu ekki étnir í heilu lagi, t.d. hausinn ekki étin og kvarnir tapist þar með. Einnig getur verið erfitt að greina hvað sé fæða sela og hvað fæða þeirra fiska sem selurinn hefur étið.

Ekki er hægt að meta hvort um of eða vanmat mismunandi fæðuhópa sé að ræða. Til að draga úr skekkju af völdum slits á kvörnum vegna meltingar, voru einungis notaðar kvarnir sem voru ekki taldar hafa tapað lengd. Skekkja vegna þess að fæða fiska sé tekin sem fæða

selanna er líklega óveruleg. Í hverjum maga voru oftast fáar tegundir fiska, og smáar tegundir eins og síli og loðna voru iðulega í miklu magni sem eina bráðin. Þetta á þó ekki við um hryggleysingja og komu þeir yfirleitt ekki fyrir nema einnig væri fiskur í maga selanna. Vægi hryggleysingja í heildarþyngd fæðunnar var óverulegt, ekki nema 0,5%.

Tómir magar voru 279 (36%) og ástæða fyrir þessum fjölda tómsra maga getur verið að langur tími líður frá síðustu máltíð og að næstu ferð sels frá látrum í fæðuleit. Því geta selir sem veiddir eru við látrín frekar verið tómir (Pierce og Boyle 1991).

Thompson og Miller (1990) könnuðu hversu langt þrír landselir merktir radó-senditækjum fóru í fæðuferðir. Selirnir fóru allt að 45 km frá látrum. Flestar ferðirnar tóku innan við tólf tíma en gátu staðið í allt að sex daga. Marktækt samband var á milli ferðatíma og vegalengdar. Landselir virðast því sækja mest af fæðu sinni á grunnsævi nálægt landi. Miðað við tímalengd flestra fæðuferða ættu því flest sýni með fæðu að standa fyrir eina máltíð eða fæðuferð.

Fæðusamsetning

Uppistaðan í fæðu landsela var fiskur og voru nytjastofnar uppistaðan af fæðunni, fyrir utan síli.

Aðrar kannanir sem gerðar hafa verið hér við land, sýna einnig að landselurinn er að mestu fiskæta. eru þorskfiskar, síli, flatfiskar og loðna algengasta fæðan (Jónbjörn Pálsson 1977, Jón Eldon 1977, Erlingur Hauksson 1984). Þessar kannanir hafa byggst á fremur fáum sýnum og yfir stutt tímabil, nema könnun Erlings Haukssonar (1984) þar sem sýnafjöldi var 193 þar af 140 með fæðu.

Þegar niðurstöður þessarar rannsóknar eru bornar saman við niðurstöður Erlings Haukssonar (1984) á fæðu landsela árin 1979-1982 var tíðni þorsk svipuð eða um 40%, en tíðni sílis var 60% og ufsa 18% sem er öllu herra en fæst í þessari rannsókn. Fæðusamsetning eftir þyngd er ekki sú sama. Í þessari könnun var þorskur um helmingur af þyngd fæðunnar og ufsi um 8%, en árin 1979-1982 var þorskur um 24% og ufsi um 33%. Meira samræmi er á milli tegunda eins og sílis og loðna þar sem munurinn er ekki mikill. Þessi munur bendir til breytinga í fæðuvali landsela á milli þessar tímabila, þ.e. að át á þorski hafi aukist en dregið hafi úr áti á ufsa. Meginskýringin er þó líklega sú að fjöldi sýna er mun meiri í þessari rannsókn, auk þess sem mismunandi aðferðum var beitt við útreikninga á þyngd fiska. Í þessari könnun voru notuð sambönd kvarnalengdar og fiskþyngdar en meðalþyngdir í hinni könnunni. Það sem styður þessa ályktun er svipuð tíðni þorsks í báðum könnunum og mun minni munur í tíðni ufsa en þyngd.

Stærð bráðar, svæðisbundin og árstímabundin munur í fæðuvali

Ýmsar aðrar rannsóknir á fæðu landsela (Behrends 1982, Erlingur Hauksson 1984, Härkönen 1987, Pierce o.fl. 1990, 1991, Olsen og Björge 1992) hafa sýnt svæðis- og árstíðabundinn mun í fæðuvali.

Þorskur var ráðandi sem fæða á öllum strandsvæðum (4. og 5. mynd) óháð árstíma nema við suðurströndina. Útbreiðsla hans í þeim aldurshópum sem selirnir eru að éta er á landgrunninu allt í kringum landið en þó mest fyrir norðan land. Magn ungvíðis (0-2 ára) er mest fyrir norðan land en minnst fyrir sunnan land (Ólafur K. Pálsson 1980). Þetta útbreiðslumynstur er að öllum líkindum skýringin á mun minna þorskáti við suðurströndina. Við suðurströndina var síli algengasta fæðan enda er síli í meira mæli þar en á öðrum strandsvæðum (Gunnar Jónsson 1992). Munur á fæðuvali milli strandsvæða virðist því vera tengdur útbreiðslu og magni hverrar tegundar eða fæðuhóps.

Breytingar í fæðuvali milli árstíma eru helst í tengslum við göngur fiska, eins og loðnu inn á strandsvæðin. Hún var mun algengari í fæðunni yfir haust og vetrarmánuði (4. mynd), sérstaklega við suðurströndina en einnig við Faxaflóa, Breiðafjörð og Norðurland. Hrygning loðnunnar fer að mestu fram í mars og hrygningarstöðvar loðnunnar eru sunnan- og vestanlands en einhver hrygning fer einnig fram við norðurströnd landsins (Hjálmar

Vilhjálmsson 1994). Fyrir austan land er loðnan það langt frá landi að hún er ekki aðgengileg fyrir selinn sem fæða. Það er ekki fyrr en hún gengur inn á sjálfar hrygningarstöðvarnar upp við landið að hún verður aðgengileg. Síli var algengara á vor- og sumarmánuðum (5. mynd) og virðist því aðgengilegra sem fæða á þeim árstíma. Við Skotland er síli einnig algengara í fæðu landsela á vor og sumarmánuðum (Pierce o.fl. 1991). Aðrar tegundir og fæðuhópar sveiflast einnig eitthvað til í magni eftir árstímum og stjórnast það líklega af sömu þáttum og nefndir voru hér að framan.

Eldri selir virtust taka meira af stærri bráð en yngri selirnir (7 og 8. mynd). Þó er mikil skörun í því, en gera má ráð fyrir því að eldri og stærri selir ráði við stærri bráð. Landselurinn étur mest fisk á bilinu 10-40 cm, en stærstu fiskarnir voru allt að 70 cm langir (6. mynd). Svo stórir fiskar voru fáir og líklega liggja efri mörk í stærð bráðar þar.

Orkuþörf landsela

Til að áætla heildarátt landsela við Ísland var farin sú leið að meta hina ýmsu þætti í lífsháttum selanna eftir aldri og kyni í formi orkukostnaðar. Mat þetta á orkuþörf byggir á tilraunum í búrum, þar sem orkuþörf til viðhalds og vaxtar er metin út frá þyngdarbreytingum. Magn og orkuinnihald fæðunnar er þekkt. Jafna Kleibers (1975) fyrir þurrlandis spendýr er lögð til grundvallar, en hún virðist líka eiga vel við sjávarspendýr (Lavigne o.fl. 1986, Innes o.fl. 1987). Heildarorkuþörf landsela í þessu mati er tæplega þrefalt hærri en orkuþörf til viðhalds samkvæmt jöfnu Kleibers (1975), en heildarorkuþörf spendýra er yfirleitt á bilinu 1,5-3 sinnum hærri en hún (Innes o.fl. 1987). Orka vegna hreyfingar er áætluð um 20% af heildarorkuþörf og er erfitt að meta óvissu í þessum þætti. Ræðst það af því að orkukostnaður vegna hreyfingar er háður magni, þéttleika og hversu langt þarf að sækja fæðu.

Aðrir þættir í svona áætlun á orkuþörf sem orsaka óvissu eru stofnþættir selanna, eins og stofnstærð, aldurs- og kynskipting, æxlun o.fl (Innes o.fl. 1987). Stofnstærð í þessari áætlun er 16.000 dýr en skekkjumörk á stofnstærð eru 9.000 til 25.500 dýr (Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997), en hér er aðeins stuðst við meðalstofnstærð og orkuþörf og át ekki reiknað fyrir neðri og efri mörk. Aldurs- og kynskipting í stofninum er áætluð út frá aldurs og kynjaskiptingu í veiðinni en hugsanlega lýsir það ekki stofninum nákvæmlega. Ýmislegt bendir til að orkuþörf stofns sé viðkvæmust fyrir breytingum í stofnstærð, en þættir eins aldurs- og kynjaskipting stofns hafi minni áhrif (Lavigne o.fl. 1985). Meðalorkuþörf landsels við Skagerrak var sú sama árin 1979 og 1989 þrátt fyrir breytingar á aldurs- og kynjasamsetningu stofnsins á milli tímabila (Härkönen og Heide-Jørgensen 1991).

Annað sem hefur áhrif á matið er orkuinnihald bráðarinnar sem er mismikið eftir árstímum (Innes o.fl. 1987). Hér er stuðst við meðaltal á orkugildum úr athugun á orkuinnihaldi helstu fæðutegunda við Ísland (Droplaug Ólafsdóttir og Erlingur Hauksson 1993). Æskilegt hefði verið að hafa mismunandi orkugildi fyrir tímabilin, en gögn eru ófullnægjandi í því tilliti.

Í þessari áætlun á orkuþörf og áti landsela er gert ráð fyrir að orkuþörfin sé jöfn yfir allt árið, enda virðast landselir ekki fasta yfir langt tímabil. Hugsanlegt er þó að orkuþörfinni sé mætt í meira mæli yfir haust- og vetramánuði hjá fullorðnum dýrum vegna þyngdartaps af völdum æxlunar, auk þyngdartaps við að fara úr hárum í öllum aldurshópum. Í athugun með tvímerkту vatni á orkueyðslu hjá kynþroska brimlum á mökunartíma kom í ljós að dagleg orkueyðsla var 12.547 kcal (Reilly og Fedak 1991) sem er meira en tvöfalt herra en áætluð orkuþörf. Upplýsingar liggja ekki fyrir um hversu hratt og á hve löngum tíma þetta þyngdartap er unnið upp. Þessir þættir veða ekki mjög mikið í heildarorkuþörfinni eða um 1% vegna hárfellis. Þyngdartap vegna æxlunar er um 5% hjá brimlum og 10% hjá urtum.

Dagleg orkuþörf landsela hér við land, 5,192 kcal, er hærri en fengist hefur úr sambærilegum könnunum erlendis. Dagleg orkuþörf landsela í Skagerrak er 4,680 kcal (Härkönen og Heide-Jørgensen 1991) og 3,554 kcal við Bresku Columbiu í Kanada (Olesiuk 1993). Meiri orkuþörf landsels hér við land skýrist líklega að mestu af því að þeir eru að meðaltali þyngri en selir á þessum svæðum (Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997).

Afrán á þorski

Landselurinn át umtalsvert magn af nytjafiskum (4. tafla) og langsamlega mest af þorski eða um 12 þúsund tonn. Erlingur Hauksson (1989) lagði mat á neyslu landselastofnsins og áætlaði ársneyslu á þorski vera um 6700 tonn miðað við stofnstærð upp á 43000 dýr. Þetta er mun minna en fæst í þessari könnun þrátt fyrir að stofnstærð landsela hafi farið minnkandi. Þessi mikli munur liggur líklega í þeim ólíku aðferðum er beitt var.

Áfrán sela á þorski sem hlutfall af heildarafföllum var mest á 2 og 3 ára fisk (9. mynd). Erfitt var að meta afföll á 0-2 ára þorski, þar sem stærð þessara aldursflokka er óþekkt. Stærð þessara aldurshópa í upphafi árs 1992 var fundin með því að bakreikna árgangana með ágiskuðum dánarstuðlum (5. tafla), þannig að afföll minnki með vaxandi aldri. Fyrir 3-5 ára þorsk er stofnstærð mæld og heildarafföll þekkt (Anon. 1996). Hluti affalla vegna afráns landsela af heildarafföllum á 3-5 ára þorsk er því áreiðanlegri en þær vísbendingar sem fást fyrir 0-2 ára þorsk.

Þegar dánarstuðlar (M_{1s}) vegna afráns sela eru skoðaðir í samanburði við afföll vegna náttúrulegra dauðsfalla (M) kemur í ljós að þeir rúmast vel innan þeirra. Hlutfall M_{1s} er stærst hjá þriggja ára þorski eða um fjórðungur af M . Því má álykta að útreikningur á M_{1s} sé skref í þá átt að útskýra hvernig náttúruleg afföll (M) skiptast upp.

Ályktun

Af þessum niðurstöðum er ljóst að landselir virðast vera tækifærissinnaðar fiskætur í fæðuvali og taka það sem býðst á hverjum stað og tíma. Helsta fæða landsela er nytjastofnar og þá sérstaklega ungvíði stofnanna. Af þeim sökum er nauðsynlegt að gera ráð fyrir þeim í hverskonar fjölstofnalíkönunum.

Mikilvægt er að afla betri gagna til að auka nákvæmni áætlana um orkuþörf og át sela hér við land. Má þá nefna auknar rannsóknir á orkubúskap selanna, á mismunandi árstímum, aldri og kyni. Rannsóknir á ferðum sela geta einnig minnkað óvissu í mati á orkuþörf vegna fæðuferða. Einnig er nauðsynlegt að afla betri gagna um orkuinnihald fæðuhópa á mismunandi tímum árs.

Þakkir

Ég vil þakka öllum þeim er aðstoðuðu við framkvæmd þessarar rannsóknar og þá sérstaklega þeim veiðimönnum er lögðu til sýni. Einnig vil ég þakka Sigurði Þ. Jónssyni fyrir þarfar ábendingar um útreikninga á afföllum þorsks og Ólafi K. Pálssyni fyrir lestur handrits.

Heimildir

- Anon, 1996. Nytjastofnar sjávar 1995/96. Aflahorfur fiskveiðiárið 1996/97. Hafrannsóknastofnun fjölrit nr. 46.
- Behrends, G., 1982. Analysis of stomach- and colon contents of 185 common seals from the Waddensea of Schleswig-Holstein (Fed. Rep. Germany). ICES C.M. 1982/N:11.
- Beverton, R.J.H., S.J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery Investigations II/XIX.
- Boness, D.J., W.D. Bowen, O.T. Oftedal, 1994. Evidence of maternal foraging cycle resembling that of otarid seals in small phocid, the harbour seal. Behav Ecol Sociobiol, 34: 95-104.
- Droplaug Ólafsdóttir, Erlingur Hauksson, 1993. Orkuinnihald helstu fæðuteygunda sela við Ísland. Óbirt skýrsla, Hafrannsóknastofnun Reykjavík, 8 s. + töflur.
- Erlingur Hauksson, 1984. Fæða landsels og útsels við Ísland. Hafrannsóknir, 30: 27-64.
- Erlingur Hauksson, 1989. Selir og áhrif þeirra á fiskveiðar. Ægir 6/89: 290-295.
- Erlingur Hauksson, 1992. Vöxtur og viðkoma landsels og útsels við Ísland. Hafrannsóknir, 43: 23-49.
- Erlingur Hauksson, 1993. Íslenskir selir. Í: Páll Hersteinsson og Guttormur Sigbjarnason, (ritst): Villt íslensk spendýr. Hið íslenska náttúrufræðifélag. Reykjavík, 188-201.
- Erlingur Hauksson, Valur Bogason 1997. Stofnþættir landsels og útsels. Þetta rit.
- Gunnar Jónsson, 1992. Íslenskir fiskar. 2. útgáfa Fjölvaútgáfa, Reykjavík 568 s.

- Härkönen, T., 1986. Guide to the otoliths of the bony fishes of the Northeast Atlantic. Danibu ApS, Hellerup Denmark, 256 s..
- Härkönen, T., 1987. Seasonal and regional variations in the feeding habits of the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Skagerrak and the Kattegat. J. Zool., Lond. 213, 535-543.
- Härkönen, T., M.-P. Heide-Jorgensen, 1990. Comparative life histories of East Atlantic and other harbour seal populations. Ophelia 32 (3): 211-235.
- Härkönen, T., M.-P. Heide-Jorgensen, 1991. The harbour seal *Phoca vitulina* as a predator in the Skagerrak. Ophelia 34 (3): 191-207.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Rit Fiskideildar, 13 (1) 1-281.
- Kleiber, M., 1975. The fire of life. Robert E. Krieger Publishing Co., Huntington, NY.
- Innes, S., D.M. Lavigne, W.M. Earle, K.M. Kovacs, 1987. Feeding rates of seals and whales. Journal of Animal Ecology, 56: 115-130.
- Jónbjörn Pálsson, 1977. Nematode infestation and feeding habits of Icelandic seals. ICES C.M 1977/N: 20.
- Jón Eldon, 1977. Athuganir á fæðu landsels og útsels í Breiðafirði, Faxaflóa og við Þjórsárós í janúar og febrúar 1977. Rannsóknastofa fiskiðnaðarins, Fjölrítuð skýrsla, 10 s..
- Lavigne, D.M., S. Innes, R.E.A. Stewart, G.A.J. Worthy, 1985. An annual energy budget for north-west Atlantic harp seals. Í: Beddingtin, J.R., R.J.H. Beverton, D.M. Lavigne, (ritst): Marine mammals and fisheries. George Allen and Unwin London, 319-336.
- Laws, R.M., 1962. Age determination of pinnipeds with special reference to growth layers in the teeth. Saugetierkunde Mitteilungen 27(3): 129-145.
- Markussen, N.H., M. Ryg, N.A. Oritsland, 1990. Energy requirements for maintenance and growth of captive harbour seals, *Phoca vitulina*. Can. J. Zool. 68: 423-426.
- Olesiuk, P.F., 1993. Annual prey consumption by harbor seals (*Phoca vitulina*) in the Strait of Georgia, British Columbia. Fishery Bulletin 91: 491-515.
- Olsen, B., A. Bjorge, 1992. Diet of the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Hvaler area in 1990 and 1991, compared to the abundance of fish in the area. ICES C.M. 1992/N:19.
- Ólafur K. Pálsson, 1980. Über die Biologie junger Gadiden der Altersgruppen 0, I und II in isländischen Gewässern. Meeresforsch. 28: 101-145.
- Pierce, G.J., P.R. Boyle, P.M. Thompson, 1990. Diet selection by seals. Í: Barnes, M., R.N. Gipson (ritstj.): Trophic Relationships in the Marine Environment. Proc. 24th Europ. Mar. Biol. Symp. Aberdeen University press, 222-238.
- Pierce, G.J., P.R. Boyle, 1991. A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., 29: 409-486.
- Pierce, G.J., P.M. Thompson, A. Miller, J.S.W. Diack, D. Miller, P.R. Boyle, 1991. Seasonal variation in the diet of common seals (*Phoca vitulina*) in the Moray firth area of Scotland. J. Zool., Lond. 223: 641-652.
- Reilly, J.J., M.A. Fedak, 1991. Rates of water turnover and energy expenditure of free-living male common seals (*Phoca vitulina*). J. Zool., Lond. 223: 461-468.
- Ronald, K., K.M. Keiver, F.W.H. Beamish, R. Frank, 1984. Energy requirements for maintenance and faecal and urinal losses of gray seal (*Halichoerus grypus*). Can. J. Zool. 62: 1101-1105.
- Thompson, P.M., 1988. Timing of mating in the common seal (*Phoca vitulina*). Mammal Rev. 18(2): 105-112.
- Thompson, P.M., D. Miller, 1990. Summer foraging activity and movements of radio-tagged common seals (*Phoca vitulina* L.) in the Moray firth, Scotland. Journal of Applied Ecology, 27: 492-501.
- Thompson, P.M., D. Miller, R. Cooper, P. Hammond, 1994. Changes in the distribution and activity of female harbour seals during the breeding season: implications for their lactation strategy and mating patterns. Journal of Animal Ecology: 63: 24-30.

Fæða útsels

Erlingur Hauksson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Fæðusýnum úr útsel var safnað á tímabilinu 1992 og fram á sumarið 1993. Alls söfnuðust á níunda hundrað magar, af þeim voru 454 með leifum af fæðu. Fæðuleifar voru greindar til tegunda og tegundahópa. Með kvarnalengdar, fisklengdar og fiskþyngdar samböndum, var lengd kvarna umbreytt í lengd og þunga fiska. Með orkuinnihaldsstuðlum, var þunga fæðu breytt í orku. Orkuþörf sela er áætluð sem 41,1 kcal/kg/dag fyrir ungvíðið (dýr yngri en 4 ára) og 35,5 kcal/kg/dag fyrir urtur og brimla eldri en 3 ára. Auk þess er bætt við vegna vaxtar hjá ungvíðinu, orkuþörf vegna kæpingar og kópauppeldis hjá urtum og vegna fengitíma hjá brimlum. Mikilvægustu fæðutegundir útsela við Ísland, eru að magni til þorskur, síli, steinbítur, marhnútur, ufsi og hrognkelsi, í þessari röð. Í orku eru síli, þorskur, steinbítur, ufsi, hrognkelsi og marhnútur mikilvægastar. Útselir sýna allnokkuð, svæðis-, árstíma- og kynjabundið fæðuval. Útselir við suðurströndina, bæði urtur og brimlar (4 ára og eldri) og ungvíðið (hér skilgreint sem urtur og brimlar yngri en 4 ára), éta mest síli að magni til, á öllum tímum árs. Annars staðar við landið ber meira á þorski, hrognkelsum, steinbít og flatfiskum í fæðunni, sérstaklega á fæðunámstímanum, tímabilinu janúar til september. Ungvíðið sækir meira í síli og hrognkelsi, en fullorðnu dýrin. Brimlarnir éta meira af steinbít, lúðu, ýsu og ufsa en urturnar, sem velja fremur marhnút, síli og flatfiska. Á kæpingartímanum étur útselurinn, á hvaða aldri og af hvaða kyni sem er, marhnút, þorsk og flatfiska. Útselir éta smávaxnar fisktegundir, eins og síli og loðnu, en einnig ráða þeir við stærri fiska. Sílin sem fundust í mögum útselanna voru langflest 20-30 cm að lengd. Algengasta stærð af þorski sem fannst í mögunum var 30-50 cm og á aldrinum 2-4 ára. Brimlar éta yfirleitt stærri fiska af hverri fisktegund en urtur og ungvíðið. Heildarneysla útselsstofnsins er áætluð 30.000 þúsund tonn sjávarfangs. Mest er étið af þorski, um 7.200 tonn, síli um 6.500 tonn, steinbít tæp 3.400 tonn, marhnúti tæp 3.000 tonn, ufsa tæp 1.900 tonn og hrognkelsum rúm 1.700 tonn. Hryggleysingjar eru ekki étnir í miklum mæli.

Inngangur

Í tengslum við Fjölstofnarannsóknir Hafrannsóknastofnunar, var fæðusýnum úr útsel safnað á tímabilinu 1992 og fram á sumarið 1993. Alls söfnuðust 848 magar, af þeim voru 454 með fæðuleifum.

Þetta er fimmta könnunin á fæðu útsels hér við land. Fyrr hafa Jón Eldon (1977), Jónbjörn Pálsson (1977), og höfundur (Erlingur Hauksson 1984, 1993a) kannað fæðu útsela ýmist við allt landið eða ákveðin strandsvæði. Þetta er víðamesta könnunin til þessa, sýnafjöldi er mestur og sýni koma frá svo til öllum strandsvæðum landsins.

Fæða útsela er skoðuð eftir árstíma, strandsvæðum, aldri og kynjum. Neysla útsels hér við land er áætluð með upplýsingum um orkuþörf, samkvæmt erlendum athugunum, en aldursdreifing og þyngd dýra koma frá rannsóknum á íslenska útselnum (sjá Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997). Einnig er neysla útsela skoðuð í samhengi við fiskaflla 1992.

Rannsóknaaðferðir

Úrvinnsla sýna

Magar voru vigtaðir fyrir og eftir meðhöndlun fæðuleifa og magn fæðu í þeim ákvarðað upp á 0,1 kg nákvæmni. Fæðumagnið í þeim, magafyllin, er síðan skoðuð hjá urtum og brimlum eftir mánuðum ársins.

Fæðuleifar voru tíndar og síaðar úr mögunum með fínu sigti (0,35 mm), og þær greindar til tegunda og tegundahópa. Með samböndum milli kvarnalengdar, fisklengdar og fiskþyngdar, sem tekin voru saman sérstaklega fyrir þessa fjölstofnarannsókn, var lengd þeirra kvarna sem fundust í mögum selanna umbreytt í lengd og þunga fiska. Með upplýsingum um orkuinnihald fæðutegundanna, sem aflað var með sérstakri könnun á þeim þætti á

Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, var síðan þunga fæðu breytt í orku (Erlingur Hauksson 1993b, Droplaug Ólafsdóttir og Erlingur Hauksson 1993).

Kvarnir hverrar fisktegundar voru taldar og fjöldi fiska ákvarðaður sem helmingur þeirra. Eyddar kvarnir eru einungis teknar með í fjölda en ekki umreiknaðar yfir í fisklengd og fiskþunga. Fiskbein, hveljubitar hrognkelsa, tennur fiska af steinbítsætt, tindar skata og leifar hryggleysingja, eru einnig notuð til þess að segja til um étna fæðu, en ekki eru þessar leifar beint notaðar til framreikninga á lengd og þyngd.

Dreifing maga án fæðuleifa, og maga með fæðuleifum er skoðað aðskilið hjá urtum og brimlum yfir árið og reynt að meta neyslumynstur dýranna á þann hátt. Spikþykkt dýra er mæld við neðanvert bringubein með 1 cm nákvæmni og ástand dýra kannað á þennan hátt.

Úrvinnsla gagna

Íslandsmiðum er skipt upp í tvö svæði; suðurströndina, frá Reykjanestá að Eystra-horni, og önnur svæði. Útselir við sandströnd Suðurlands mynda þannig einn hóp og útselir við skerjöttar og vogskornar klettastrendur landsins annan hóp. Árinu er einnig skipt upp í kæpingartíma, október til og með desember, og fæðunámstíma frá janúar til og með september. Þá er stuðst við upplýsingar um líffræði útselsins (sjá Erlingur Hauksson 1993c). Um 21% útselsstofnsins er talinn kæpa við suðurströndina, en meiri hluti stofnsins annars staðar. Á fæðunámstímanum benda talningar til þess að hluti útsela fari frá suðurströndinni og leiti á önnur svæði við landið, því er gert ráð fyrir því að 15% útselsins sé við suðurströndina á þeim tíma, en 85% stofnsins við önnur strandsvæði. Gert er ráð fyrir því að hlutfallsleg aldurs- og kynjadreifing sé hin sama á þessum tveimur svæðum, þessi tvö tímabil (1. tafla). Sýni úr ungum selum (yngri en 4 ára) frá suðurströndinni skortir alveg, svo hér er gert ráð fyrir því að þar eti ungir selir samskonar fæðu og urturnar.

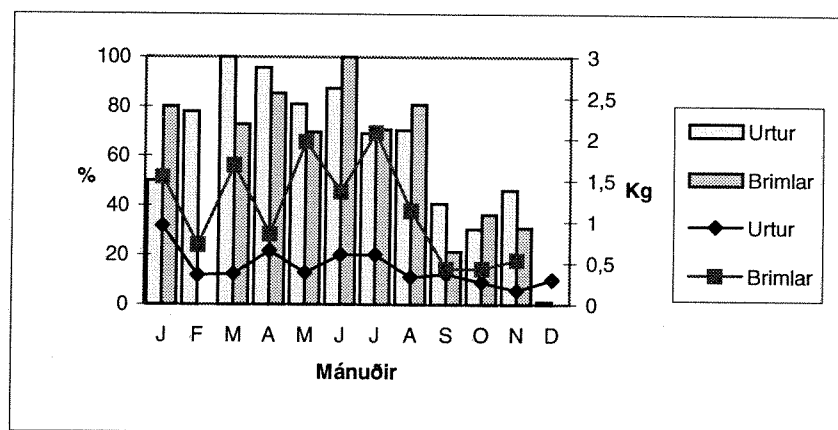
1. tafla. Skipting fjölda útsela á milli aldurshópa, árstíma og svæða.

Fæðutímabil	Ungviði	Urtur	Brimlar	Alls
V, NV, NA og A-land	2083	3335	1692	7110
Suðurströndin	554	886	450	1890
Alls	2637	4221	2142	9000
Kæpingartímabil				
V, NV, NA og A-land	2241	3588	1821	7650
Suðurströndin	396	633	321	1350
Alls	2637	4221	2142	9000

Áætlun á neyslu

Við mat á neyslu útsela, er reiknað með að orkueyðsla á dag sé 41,1 kcal/dag/kg hjá ungvíðinu og 35,5 kcal/dag/kg hjá urtum og brimlum (Murie og Lavigne 1992, Worhty 1987, Lavigne o.fl., 1986, Kastelein 1990). Þetta er það sem áætlað hefur verið út frá niðurstöðum rannsókna á orkuþörf útsela í sjóbúrum, í hvíld og við takmarkaða hreyfingu. Reiknað er með því að ungvíðið sé að meðaltali 2 ára og 100 kg, urtur 15 ára og 165 kg og brimlar 12 ára og 232 kg. Aukaorkuneysla vegna vaxtar er sett 0 hjá urtum og brimlum, en 4.289 kcal/kg hjá ungvíðinu. Hún er reiknuð út sem vaxtaraukning á milli 2 og 3 ára aldurs. Orkuinnihald hvers

kg í þyngdaraukningunni, er reiknað út sem 0,6 kg þyngdaraukning á kjöti, innyflum og skinni og 0,4 kg aukning á þunga spiks. Orkuinnihald kjöts, innyfla og skinns er reiknað út frá þunganum, sem 27% prótein og margfaldað með orkustuðli fyrir prótein sem er 23 MJ/kg (5.497 kcal/kg). Spik er áætlað sem 90% fita og þunginn margfaldaður með orkuinnihaldsstuðli fyrir fitu þ.e. 39,5 MJ/kg (9.440 kcal/kg) (Hammill o.fl. 1995). Hlutfall heildarþyngdar dýra og þyngdar án spikkápu er áætlað 0,6 út frá upplýsingum í Boyd (1984). Ekki er gert ráð fyrir aukaorkueyðslu vegna sunds og köfunar, vegna fæðunáms, og vegna hármíssis. En leiðrétt er fyrir aukaorkuþörf hjá kynþroska dýrum vegna fengitíma og hjá urtum vegna kópauppeldis, sérstaklega mjólkurframleiðslu. Aukning orkuþarfar hjá urtum vegna þessa hefur verið mæld sem 16.696 kcal/dag (Reilly o.fl. 1996). Reiknað er með að orkueyðsla brimla um kæpingartímann sé 30% af orkuþörf urtanna. Urtur við austurströnd Kanada, missa um 5,6 kg af líkamspunga sínum á dag meðan á kópauppeldi stendur (Baker o.fl. 1995), en brimlar á sömu slóðum missa um 2,9 kg af líkamspunga sínum á dag á há fengitíma (Tinker o.fl. 1995). Einnig er bætt við hjá urtum vegna meðgöngu og kæpingar. Þetta hefur verið áætlað sem 23.518 kcal/(fóstur+fylgju) (Anderson og Fedak 1987). Önnur starfsemi og orkueyðsla henni samfara er talin koma fram í orkueyðslugildunum á degi hverjum (Fedak og Hiby 1984).



1. mynd. Magafylli útsels urta og brimla og %-maga með fæðu, eftir mánuðum.

Orkuþörfina (OP) þarf svo að margfalda með þætti, sem samanstendur af nýtingarstuðli (A) fyrir etina fæðu, því ekki geta selirnir nýtt sér alla þá orku sem í fæðunni býr, og orkutapi í formi hitataps við sjálft átið (HT). Hér er reiknað með því að um 85% (A = 0,85) orku í fæðunni nýtist útselnum (Ronald o.fl. 1984) og 17% orku fæðunnar (HT = 0,17) tapist sem hiti (Gallivan og Ronald 1981). Heildarátt sela á ári í orku (GOI) verður þá;

$$GOI = OP/(A-HT) \text{ eða } GOI = 1,47 \cdot OP.$$

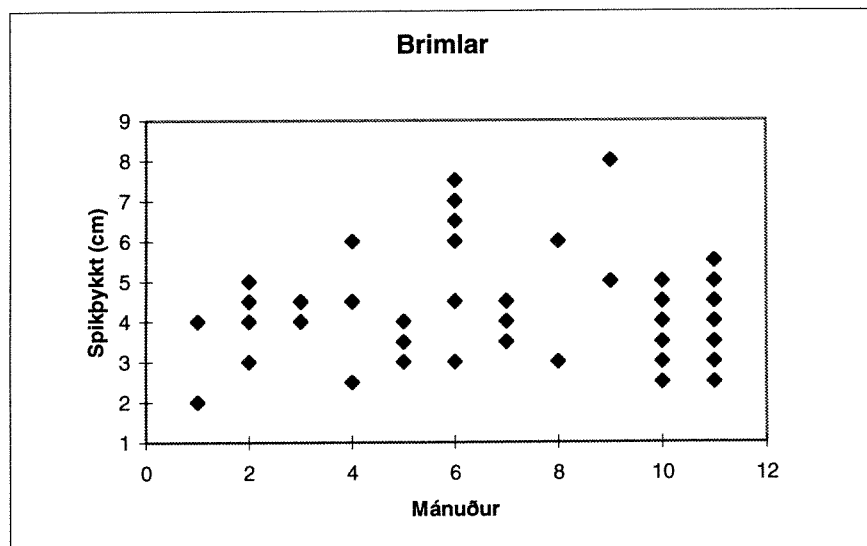
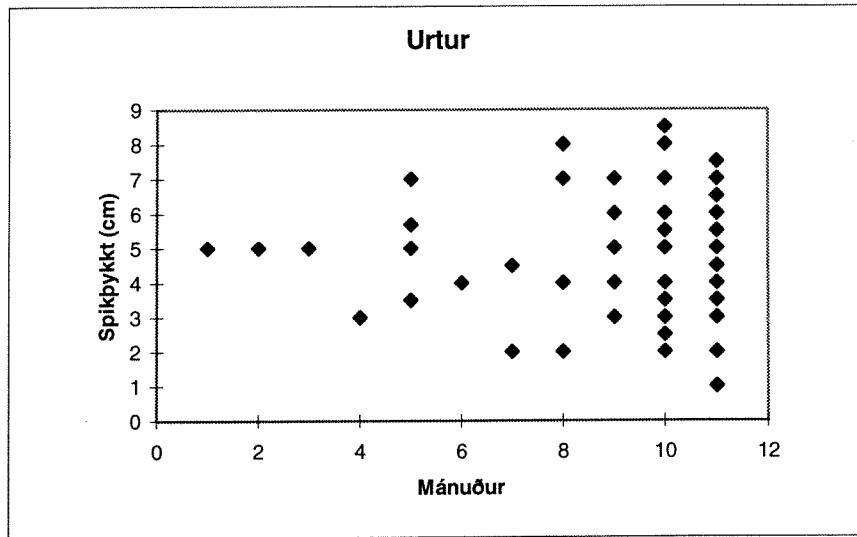
Til þess að áætla neyslu sela á fæðutegundum út frá orkuþörf dýranna, er fæðumagninu í sýnunum umbreytt í orku. Neysla stofnsins af hverri fæðutegund og heildarneyslan í orku, eru síðan reiknaðar út. Að lokum er orkugildum umbreytt í magn, með viðeigandi orkuinnihaldsstuðlum, hvernar fæðutegundar. Magn hvernar fæðutegundar hjá ungviði, urtum og brimlum, á svæðunum og árstímunum tveimur, er svo áætlað.

Niðurstöður

Magafylli, tómir magar og spikþykkt

Magafylli brimla er ávalt meiri en urta, enda eru brimlar stærri dýr (Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997) og hafa því stærri maga. Mest er magafyllin hjá urtum og brimlum í janúar og tímabilið júní til og með ágúst. Hámark magafylli brimla er um 2 kg (meðaltal innihalds maga í ágúst), en hámark magafylli urta um 0,6 kg (1. mynd). Magar eru

helst án fæðu um kæpingartímann að haustlagi, sem undirstrikar það að neysla útsela minnar verulega á þessum tíma. Ástand dýra miðað við spikþykkt við þringubein, er þó mjög breytilegt og sýnir ekki glögglega verra ástand dýra um og eftir kæpinguna, en á öðrum árstímum (2. mynd).



2 mynd. Spikþykkt, mæld við neðri enda þringubeins, hjá útsels urtum (efri mynd) og brimlum (neðri mynd) á mismunandi tímum árs.

Fæða eftir strandsvæðum, árstíma og aldri dýra

Breytileiki í fæðu er nokkur (2. tafla). Mikilvægustu fæðutegundirnar eru þorskur, síli, steinbítur, marhnútur, ufsi og hrognkelsi. Útselir sýna nokkuð svæðis-, árstíma- og kynjabundið fæðuval. Útselir við suðurströndina, bæði urtur og brimlar, éta mest síli að magni til, á öllum tímum árs. Annars staðar við landið ber meira á þorski, hrognkelsi, steinbít og flatfiski í fæðunni, sérstaklega á fæðunámstímanum, janúar til september. Ungviðið sækir meira í síli og hrognkelsi, en fullorðnu dýrin. Brimlarnir virðast éta meira af steinbít, lúðu, ýsu og ufsa en urturnar, sem virðast velja fremur marhnút, síli og flatfiska. Á kæpingartímanum (tímabilið október til desember) étur útselurinn, á öllum aldri og báðum kynjum, marhnút, þorsk og flatfiska, nema við suðurströndina þar er étið síli. Útselur við suðurströndina étur þannig jafn orkuríkar fæðutegundir allt árið um kring, en annarsstaðar við landið samanstendur fæða útselsins af mun orkurýrari bráð um kæpinguna, en á öðrum tímum ársins.

12. tafla. Helstu fæðutegundir útsels við Ísland, eftir árstíma, strandsvæðum, aldursflokkum og kyni. Ungviði eru dýr yngri en 4 ára af báðum kynjum. Urtur og brimlar eru eldri en 3. ára. Magnitölur eru tonn/ár. Neysla útselsstofnsins af nytjadyrum í hlutfalli af afla. Aflatölur eru úr Hafrannsóknastofnun 1996.

	Suðurland																	
	Jan-sept				Okt-des				Jan-sept				Okt-des					
	Ungviði	Urtur	Brimlar	Ungviði	Urtur	Brimlar	Ungviði	Urtur	Brimlar	Ungviði	Urtur	Brimlar	Ungviði	Urtur	Brimlar	Alls	Afli 1992	% afla
porskur	932	2116	1552	0	1340	1232	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7180	267714	2,68%
Silli	1314	967	17	866	43	8	419	1301	1010	190	428	0	6561	0	6561			
Steinbitur	331	1375	1620	0	114	0	0	0	0	0	0	0	3441	0	3441	16002	21,50%	
Marhnútur	38	477	0	217	1380	847	65	0	0	0	0	0	3024	0	3024			
Ufsi	278	65	1484	1	60	0	0	0	0	0	0	0	1887	0	1887	79597	2,37%	
Hrognkelsi	323	1002	333	0	101	0	0	0	0	0	0	0	1760	0	1760	6338	27,77%	
Aðrir fiskar	62	1233	76	18	210	37	0	0	45	0	0	0	1679	0	1679			
Skarkoli	41	403	109	0	193	0	0	0	0	0	0	0	746	0	746	10494	7,11%	
Sandkoli	8	596	6	62	19	0	0	0	0	0	0	0	690	0	690	3045	22,67%	
Lúða	9	71	141	0	0	113	275	0	0	0	0	0	609	0	609	1541	39,54%	
þykkvalúra	161	142	206	0	24	0	0	0	0	0	0	0	533	0	533	912	58,42%	
Ýsa	24	30	262	0	0	0	91	0	0	0	0	0	408	0	408	47119	0,87%	
Skráptúra	59	329	6	0	13	0	0	0	0	0	0	0	407	0	407	1468	27,76%	
Loðna	1	0	5	0	0	0	0	75	0	0	0	0	285	204	285	919200	0,03%	
Síld	4	0	15	0	0	0	0	249	0	0	0	0	268	0	268	108504	0,25%	
Lýsa	3	0	17	0	0	0	0	0	128	0	0	0	148	0	148			
Trjónukrabbí	2	21	3	1	14	14	27	0	0	0	0	0	83	0	83			
Karfi	24	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0	0	69	0	69	94878	0,07%	
Einbúakrabbí	6	19	6	0	4	5	0	0	0	0	0	0	40	0	40			
Skata	7	13	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	37			
Rækja	11	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	17	0	17	46902	0,04%	
Aðrir hyggleysingjar	4	25	4	1	3	1	0	0	1	0	0	0	39	0	39			
ALLS	3643	8885	5878	1166	3521	2258	930	1625	1184	190	428	204	29911	1603714	1,87%			

Lengdar- og aldursdreifing helstu tegunda bráðar

Þorskur sem bráð útsels er algengastur 30-50 cm og 2-4 ára gamlir, nýliðar (3. mynd og 3. tafla). Ufsi er étinn sem smáufsi, 10-20 cm að lengd, en einnig sem stærri ufsi 40-60 cm. Aldursdreifing ufsa í útselsmögum er 4 ára. Ýsa er étin 20-40 cm löng og mest tveggja til þryggja ára. Brimlarnir éta stærri þorska og ufsa, að meðaltali, en urtur og ungvíðið (3. mynd).

Flest síli sem fundust í útselsmögum, eru líklega marsíli og eru 15-35 cm. Ungir útselir, urtur og brimlar éta síli af sömu stærð.

Hrognkelsin sem fundust virtust vera fullvaxnir rauðmagar og kynþroska grásleppur, en lítið er vitað um lengardreifinguna, því einungis fáar kvarnir fundust.

Steinbítar sem fundust voru mjög mismunandi að lengd. Allt frá 10 cm til 90 cm langir. Uppistaðan í átinu eru þó 20-60 cm fiskar. Aldurdreifing þeirra er ekki eins vel þekkt og hjá þorskfiskunum, en þetta eru fiskar 4 til 10 ára, miðaldur er 6 ár. Brimlar éta stærri steinbíta en urtur og ungvíðið.

Flatfiskar eru étnir 15-40 cm langir. Aldurinn er mismunandi eftir því hvort flatfiskstegundirnar eru smávaxnar eða stórvaxnar. Skrápflúra er étin tveggja til fjögurra ára, skarkoli 3-4, sandkoli 2-4 ára, þykkvalúra 4-6 ára og lúða 5-6 ára. Skrápflúra er algengust 20-25 cm löng, skarkoli 15-25 cm, sandkoli 15-20 cm, þykkvalúra 30-40 cm og lúða 20-50 cm.

Marhnútar eru aðallega étnir á haustin. Þeir eru 15 til 25 cm langir og 4-6 ára. Brimlar éta stærri marhnúta að meðaltali en urtur og ungvíði.

Síld, loðna og karfi eru étnar í frekar litlu magni. Síld er étin 25-35 cm löng, loðna 10-15 cm og karfi 20-30 cm. Aldurinn er óþekktur hjá karfanum, en síldin í fæðunni er 1-4 ára og loðnan 1-3 ára.

3. tafla Aldursdreifing (%) algengustu þorskfisktegunda í mögum útsela við Ísland. N táknar fjölda aldurgreinda fiska.

Aldursflokkar								
Fisk-tegundir	O	I	II	III	IV	V	VI	N
Þorskur	11.5	8.8	27.1	30.8	15.0	5.3	1.5	468
Ýsa	0.0	5.0	55.0	25.0	5.0	10.0	0.0	20
Ufsi	14.6	18.8	37.5	25.0	4.2	0.0	0.0	48

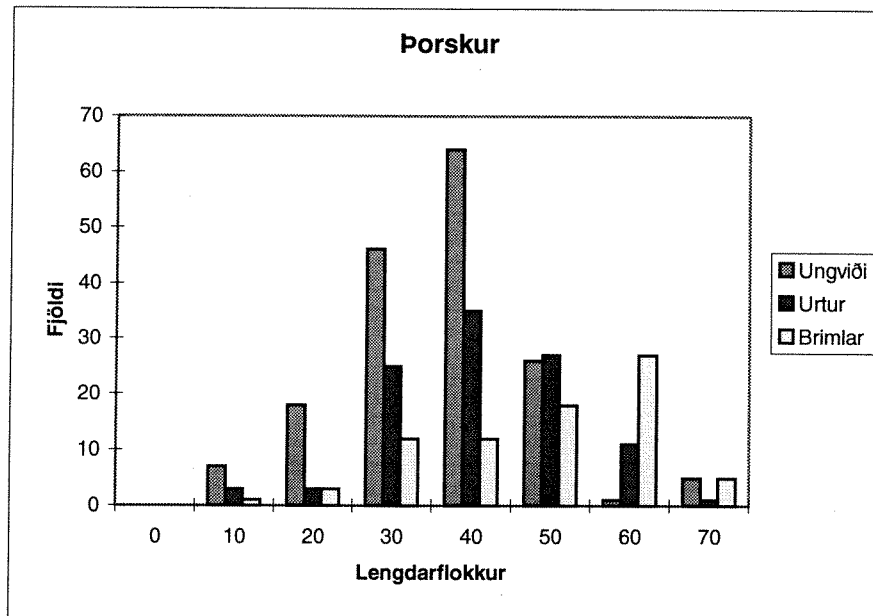
Neysla útsela yfir árið

Ársneysla útselsstofnsins hér við land er áætluð sem 30.000 tonn. Hún skiptist niður eftir fæðutegundum, árstímum og svæðum, eins og sýnt er í 2. töflu.

Af þorski étur útselsstofninn tæp 7.200 tonn, af síli tæp 6.600 tonn, af steinbít rúm 3.400 tonn, af marhnút rúm 3.000 tonn, af ufsa rúm 1.800 tonn, af hrognkelsum rúm 1.700 tonn, ýmsar aðrar fisktegundir eru rúm 1.600 tonn, af skarkola tæp 750 tonn, af sandkola 690 tonn, af lúðu rúm 600 tonn, af þykkvalúru rúm 530, af ýsu rúm 400 tonn og af skrápflúru rúm 400 tonn. Af öðrum fæðutegundum er étið mun minna og hryggleysingjar eru einungis étnir í litlu magni, trjónukrabbi rétt yfir 80 tonn og 40 tonn af einbúakrabba.

Neyslan er mismunandi eftir árstíma og svæðunum tveimur. Útselur étur þorsk aðallega fyrir vestan, norðan og austan. Varla nokkuð er étið af þorski við suðurströndina, samkvæmt þessari könnun. Brimlar og urtur eru stórtækari í þorskáti en ungvíðið (2. tafla). Það sama á við um hrognkelsi, steinbít og ufsa. Brimlar virðast þó neyta minna magns hrognkelsa en urtur, en mun meira af ufsa. Hins vegar er síli étið nokkuð jafnt á báðum tímabilunum og svæðum. Brimlar eru mun minna í síli en urtur og ungvíði. Marhnútur er mest

í fæðunni í október-desember fyrir vestan, norðan og austan. Útselir á öllum aldri og kyni éta marhnút á þeim tíma, nema við Suðurland, þar er síli yfirgnæfandi í fæðunni. Brimlar éta minna af flatfiskum en urtur, nema af þykkvalúru og lúðu.



3. mynd. Lengdadreifing þorska í fæðu útsela, eftir aldursflokkum og kyni útsela.

Umræður og ályktanir

Aðferðafræðilegar takmarkanir

Ýmis aðferðafræðileg vandamál er við að eiga í rannsóknum á fæðu og neyslu sela og hefur þeim verið lýst í ýmsum ritmiðum, sbr. (Pierce og Boyle 1991). Helstu vandamál af þessu tagi eru eftirfarandi:

Fæða sela er mun styttri tíma í maga þeirra en t.d. fæða fiska er í mögum fiskanna. Rannsóknir á útselum í Kanada leiddu í ljós að tæming magans nam 190-280g/klst. hjá dýrum sem gefin var 6 kg af síld. Magainnihaldið var lítt melt eftir 3 klst, eftir 6 klst var fiskur og bein í brotum og eftir 18 klst var ekkert eftir (Murie og Lavigne 1985).

Fæðutegundir fara mishratt í gegnum meltingarveg sela, eru mismeltanlegar. Þetta veldur vandræðum í fæðurannsóknum sem byggja á mögum, því fæðutegundir sem fara hægar og eru illmeltanlegar eru lengur í maganum, en hinar. Litlar kvarnir finnast síður í magainnihaldinu en stórar. Hrognkelsakvarnir eru mjög litlar og erfitt að finna þær. Einnig eru steinbítiskvarnir mjög litlar miðað við fiskstærð.

Kvarnir meltast mishratt í maganum og sumar, þær minnstu og brothættustu, geta melts upp til agna og horfið úr maganum. Fiskar með slíkar kvarnir eru því vanmetnir í fæðunni. Kvarnir síldar og laxfiska meltast hraðar en þorskfiska. Mjög erfitt er að leiðrétta fyrir þessu, því meltingartími fæðutegunda í maganum er yfirleitt óþekktur. Einnig er hættu á því að tegundir, sem hafa ekki jafn illmeltanlega líkamshluta og kvarnir, séu vanmetnar í fæðunni.

Kvarnir eru yfirleitt mjög einkennandi fyrir hverja fisktegund og auðgreinanlegar. Þó eru kvarnir smærri þorskfiska oft erfðar í aðgreiningu og t.d. erfitt að þekkja í sundur smáþorsk og smáufsa. Þegar kvarnir hafa eyðst í maganum verður enn erfðara að greina þær til tegunda og oft verður þá að láta það duga að ákvarða þær til ættar. Erfitt er að aðgreina til tegunda eyddar flatfiskakvarnir, en auðvelt er að þekkja kvarnir flatfiska almennt frá kvörnum

annarra fiska. Í þessari könnun voru kvarnir þær sem ekki var mögulegt að ákvarða til tegunda settar í safnhópinn, aðrir fiskar.

Í mögum þeirra fiska sem útselirnir éta, eru leifar af mat fiskanna. Þetta veldur “mengun”, því fæðutegund fisksins getur verið talin fæða selsins. Skekkjan að magni til er þó lítil, því þetta eru yfirleitt smávaxnir fiskar og hryggleysingjar. Þetta getur þó ofmetið þátt sílis í fæðunni, ef mikið berst af síli í útselsmagann með áti á öðrum fiski. Útselsmagar sem innihéldu steinbít, innihéldu einnig oftast mikið magn hvers konar hryggleysingja, sem líklegast voru fæða steinbítsins, en ekki selsins, þó erfitt sé að sanna slíkt. Í þessari könnun eru þessar leifar teknar með sem fæða útselsins.

Fæðuval útsels

Að því best verður séð þá er fæðuval útselsins í þessari könnun svipað því og komið hefur fram við fyrri kannanir höfundar og þeirra Jóns Eldon (1977) og Jónbjörns Pálssonar (1977). Mismunurinn stafi líklegast af mismunandi áherslum í söfnun og fjölda sýna, en ekki söfnunarárum. Þessi könnun, er þeirra stærst og nær til stærri hluta Íslandsmiða.

Sömu tegundir eru algengastar þau þrjú tímabil, 1992-1993, 1991-1990, 1979-1983, sem fæða útsela hefur verið könnuð af höfundi. Tvær fyrri kannanir eru án sýna frá suðurströndinni, svo sýnum frá suðurströndinni er sleppt í þessum samanburði. Þorskur, síli, hrognkelsi, ufsi, sandkoli, steinbítur og hryggleysingjarnir trjónukrabbí og einbúakrabbí eru algengustu fæðutegundirnar í hlutfallslegri tíðni (Erlingur Hauksson 1984 og 1993a). Eftirtektarvert er að þorskur virðist hafa verið étinn yngri árin 1979 til 1981, en síðari árin þ.e. 1990-93. Meðallengd sílis í fæðunni hefur hins vegar ekki breyst svo marktækt geti talist, tímabilið 1980 til 1993. Sömu tegundir eru mestar að magni til. Þorskar og hrognkelsi virðast nokkuð jafnmikilvæg í fæðunni. Steinbítur er algengastur í fæðunni í könnuninni 1990-91. Marhnútur virðist minna étinn í síðari tveimur könnunum, en þeirri fyrstu. Síli virðist étið mun meir á árunum 1992-93, en fyrri árin.

Þessi könnun, sem og þær fyrri, er þó því marki brennd að sýnin samanstanda af útsel sem aflað hefur verið við ströndina og segir því til um fæðuval hans á því svæði. Um fæðu útsela fjær landi, út á rúmsjó, er ekki vitað, né heldur er vitað hvort hann sækir fæðu sína langt frá landi hér. Rannsóknir á ferðum útsela við Bretlandseyjar, þar sem útselir hafa verið merktir með radíó-senditækjum og gervihnattarsendum, hafa sýnt að útselir sækja mestan hluta fæðunnar á grunnsævi, grynna en 100 m (Thompson o.fl. 1991). Hvort það sama á við hér er ekki vitað, þó að það verði að teljast líklegt. Hins vegar væri mjög mikilvægt að taka upp slíkar rannsóknaraðferðir á fæðu útsela og annarra sela hér við land. Rannsóknir við Kanada benda þó ekki til þess að fæða útsela sé mjög frábrugðin á grunnslóð og dýpra frá landi. Þorskur, síli og ýmsir flatfiskar voru algengustu fæðutegundirnar á báðum svæðunum (Bowen og Harrison 1994). Breyting í fæðu eftir árstíma, fylgir yfirleitt ferðum sela á milli mismunandi strandsvæða, ferða til og frá kæpingarstaða, og hefur komið víða fram í fæðurannsóknum á útsel. Við austurströnd Kanada kemur fram hvorutveggja svæðisbundinn og árstímabundinn breytileiki í fæðu útsela (Benoit og Bowen 1990, Bowen o.fl. 1993).

Útselir éta smávaxnar fisktegundir, eins og síli og loðnu, en einnig ráða þeir við stærri fiska. Það er því greinilegt að útselir éta nýliða okkar helstu nytjastofna og eru því að mestu leyti í óbeinni samkeppni við fiskveiðarnar um bráðina.

Ástæður þess að útselir velja eina fæðutegund umfram aðrar, er líklega háð magni hennar í sjónum, dreifingu, hvort hún er í torfum eða ekki, sundhæfileikum, stærð og orkuinnihaldi. Auðvitað kemur svo fram samspil á milli þessara eiginleika bráðarinnar. Magn bráða útsela á Íslandsmiðum, séð með augum selsins, liggur ekki fyrir, því verður að leita til upplýsinga um fiskmagn hjá fiskveiðunum og fiskirannsóknum. Ef slíkar upplýsingar eru bornar saman við fæðu útselsins í magni, þá kemur fram að flestar fæðutegundir hans eru algengustu fiskar á Íslandsmiðum og standa flestir undir miklum veiðum. Síli er eina undantekningin. Leiða má að því líkur að síli sé mjög stór fiskstofn hér, ef ekki í þunga þá í fjölda. Loðnu éta útselir mun minna en stofnstærð hennar gefur tilefni til. Loðna er í svo litlu

magni í fæðunni að segja má að útselir velji gegn henni, þ.e. taki aðrar fisktegundir frekar. Fæðsýna um vetrarmánuðina, þegar loðna er hvað algengust á grunnslóð gæti þó skýrt þetta. Enda er ólíklegt að útselur éti ekki loðnu úr því hann étur síli. Athyglisvert er að algengustu fæðutegundir hjá útsel eru botnlægar tegundir en ekki uppsjávartegundir. Gott dæmi um val á fæðutegundum, sem byggist greinilega á tíðni þeirra, er át útsels á hrognkelsi á sumrin, en marhnút á haustin. Útselur getur ekki étið hrognkelsi að hausti til, því þá eru þau gengin út á dýpra vatn og eru langt frá landi. Hann snýr sér þá að marhnút sem hefst við á grunnsævi á svipuðu dýpi og hrognkelsin voru, og stöðunum þar sem útselurinn kæpir og dvelur á þessum tíma.

Útselir innan hvers aldursflokks virðast éta svipaða stærð af fiski, sama hvaða fisktegund er um að ræða. Brimlarnir éta stærstu fiskana, enda stærri en urtur og ungvíðið. Síli virðis vera of lítill fiskur fyrir þá, því þeir éta frekar aðra fiska samkvæmt þessari könnun.

Neysla útsela og orkubúskapur

Svo áætla megi neyslu sela af sjávarfangi þurfa að liggja fyrir upplýsingar um fjóra þætti:

- Samsetning fæðunnar.
- Orkuinnihald fæðutegunda.
- Daglega orkuþörf.
- Aldursdreifing stofnsins og stærð.

Þessi könnun, er sú stærsta sem gerð hefur verið á útselnum við Ísland. Samt sem áður hefðu sýnin mátt vera fleiri frá suðurströndinni, þar sem enginn selur yngri en 4 ára veiddist og við Austfirði þar sem sýnin voru almennt allt of fá. Í úrvinnslu gagna er gert ráð fyrir því að ungvíðið éti sömu fæðu og urturnar, við suðurströndina. Líklega kemur þetta ekki mikið að sök, því síli virðist vera svo ríkjandi í fæðu útsela á þessu svæði að yfirgnæfandi líkur eru á því að ungir útselir lifi mikið á því. Þeir fáu selir sem veiddust við Austfirði voru innlimaðir í hin sýnin frá V-NV-NA-landi, enda eru Austfirðir svipaðir vogskornum klettaströndum annars staðar við landið. suðurströndin hins vegar er svo til eingöngu sandströnd, að undanskyldum Vestmannaeyjum og vestasta hlutanum. Skipting strandarinnar í einungis tvö svæði var nauðsynleg ef skoða skyldi fæðu útselsins með tilliti til aldurs og kyns dýra, og eftir árstíma. Annars hefðu orðið allt of fá sýni í hverjum samanburðarhóp. Gert er ráð fyrir því að ungvíðið éti samskonar fæðu, sama hvort um brimla eða urtur er að ræða. Búast má við því að ókynþroska selir hafi svipað atferli við fæðunám, þó að ekki liggi fyrir gögn um þetta atriði hér. Kynþroska urtur og brimlar hins vegar hafa um margt ólíkt atferli yfir árið. UrTUR sinna kópum, brimlar berjast um látur og hárlostími kynja er mismunandi (Erlingur Hauksson 1993c). Skipting sýna í hópa til skoðunar verður alltaf málamiðlun og líklega þarf mun fleiri sýni en mögulegt er að afla, ef skoða skal fæðu útsela eins nákvæmlega og æskilegt væri.

Ekki er tekið tillit til mismunandi neyslu útsels yfir árið í útreikningum á orkuþörf og neyslu hans. Árleg orkuþörf er reiknuð út og henni dreift hlutfallslega jafnt á milli tímabila. Neysla útsela er þó væntanlega minni um kæpingartímann en á öðrum tímum árs, samanber að þá eru fleiri magar tómir og magafylli minni, (1. mynd). Ástand dýra metið með mælingum á spikþykkt er þó ekkert verra á þessum árstíma en öðrum, samkvæmt könnun (2. mynd). Er það í andstöðu við niðurstöður af rannsóknum á breskum útselsurtum, sem töpuðu miklu spiki meðan á kópauppeldi stóð (Boyd 1984). Þetta þýðir það að útselir fá meiri hluta nauðsynlegrar orku sinnar, á ársgrundvelli, á fæðunámstímabilinu yfir sumarmánuðina. Þá hlaða þeir sig upp af orkuforða, í formi spiks. Þessari orku eyða þeir svo um kæpinguna, fengitímann og hárlostímann. Réttara væri því að láta neyslu þeirra vera meiri á fæðunámstímanum, en kæpingartímanum. Það er ekki gert hér, því ekki hafa farið fram beinar mælingar á neyslu þeirra eftir árstíma. Ef þetta væri hinsvegar raunin, mundi það auka vægi þeirra fæðutegunda sem étnar eru aðallega á fæðunámstímanum, en minnka vægi þeirra fæðutegunda sem étnar eru

um kæpinguna. Neysla útsels á þorski og hrognkelsum mundi þá aukast, en neysla þeirra á marhnút minnka.

Beinar mælingar á orkueyðslu útsels við Ísland hafa ekki farið fram, svo styðjast verður við erlend gögn um þetta. Heildarneyslan eins og hún er metin hér liggur fyrir neðan mörk þrefaldrar, en fyrir ofan mörk tvöfaldrar orkueyðslu dýra samkvæmt Kleiber (1975). Þetta er talið lýsa orkuþörf sela í náttúrunni nokkuð vel (Worthy 1987, Worthy 1990, Lavigne o.fl. 1986). Enn er þó er ekki nákvæmlega vitað um orkueyðslu útsela yfir árið við náttúrulegar aðstæður, þó að mjög hafi vitneskjan aukist um þetta vegna rannsókna Breta á útsel með vatni merktu með súrefnis- og vetnis-ísótópum. Með rannsóknum á útselum í sjóbúrum sýndu E.S. Nordøy og A.S. Blix (1987) fram á að útselir þurftu fóður sem nam um 6% af líkamsþyngd sinni til að þrífast og orkuþörf þeirra var um 57 kcal/kg/dag. Selir í sædýrasöfnum éta daglega um 6-10% af líkamsþyngd sinni á dag (Pierce og Boyle 1991). Fedak og Hiby (1984 og 1985) áætla að meðalútselur þurfi 5.530 kcal/dag, eða sem jafngildir 7,5 kg af þorski eða 4 kg af síli, sem nemur 2,5%-4,5% af líkamsþyngd. Þetta er nokkuð lægra en gert er ráð fyrir í þessari áætlun, þ.e. ungvíði þarf 6,35%, urtur 5,46% og brimlar 4,84% af líkamsþunga sínum á dag, enda er fæða útsela í þessari könnun mun fjölbreyttari en einungis þorskur, eða síli. Orkuþörf á dag er þó svipuð. Hjá ungvíðinu er hún áætluð um 4.110 kcal/dag, hjá urtum 5.822 kcal/dag og hjá brimlum 8.236 kcal/dag. Í þessu sambandi má geta þess að íslenskir útselir eru stærri að meðaltali en þeir bresku í hverjum aldursflokki (sjá Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997). Rannsóknir í Kanada á ungum útsel sýndu að vöxtur og orkuþörf eru tengd á línulegan hátt og orkuþörf þessara dýra í "hvíld" var 0,206 MJ/kg/dag (49,23 kcal/kg/dag) (Worthy 1987), sem er mun hærra en hér er áætlað. Daglegt át útsela í St. Lawrence flóa reyndist vera á bilinu 2.925 til 3.625 kcal, samkvæmt orkuinnihaldi fæðuleifa í mögum þeirra (Murie og Lavigne 1992). Annars virðast selir ekki hafa mikið hærri orkueyðslu en þurrlandis dýr, svo Kleiber jafnan hentar jafn vel fyrir seli og þau (Innes o.fl. 1987).

Stofnstærð útsels hér við land liggur fyrir með skekkjumörkum. Í þessum útreikningum á neyslu þeirra er meðalstofnstærð árið 1992 notuð, en neyslan ekki reiknuð fyrir lágmarks- og hámarksstofnstærð það ár. Innibýggð skekkja í öðrum þáttum gerir slíka áætlun ekki fýsilega, enda eru áætlanir á neyslu sela sem annarra sjávarspendýra ekki nákvæmnisáætlanir, heldur mat á stærðargráðu afráns þeirra. Aldursdreifing í útselsstofninum liggur ekki nákvæmlega fyrir. Hana verður að áætla út frá aldursdreifingu veiðinnar, sem kann að gefa ónákvæma mynd af stofninum. Sérstaklega er bagalegt að betri upplýsingar liggi ekki fyrir um kynjahlutföll eftir aldri, því veiðin kann að endurspegla hlutfall kynja mun verr en aldursdreifingu urta og brimla í stofninum (Erlingur Hauksson og Valur Bogason 1997). Gróft mat á neyslu, má fá með því að margfalda saman neyslu hvers dýrs og stofnstærð. Það var gert við fyrri áætlanir höfundar á neyslu sela (Erlingur Hauksson 1989), sem einnig byggði á magni en ekki orku. Orkuþörf fer hins vegar eftir stærð, kyni, aldri og kynferðislegu ástandi Sú aðferð að brjóta neysluna upp eftir þessum þáttum gefur því nákvæmari niðurstöður.

Drepa útselir meira en þeir éta og eru áhrif þeirra á fiskstofnanna þess vegna meiri, en sem reiknuðu áti byggðu á fæðu nemur (Pierce og Boyle 1991)? Þekkt er, að útselir leifa hlut af hveljunni á hrognkelsum og hefur höfundur meira að segja séð þá "skræla" ofan í sig hrognkelsi, en það verða þeir að gera í yfirborðinu með aðstoð framhreifanna. Hugsast getur að útselir drepji meira en þeir éta saddir í gnægð matar, eða skilji eftir hluta af bráð í lok veiðiferðar, þegar þeir eru mettir. Það er ekki tekið tillit til þessa í þeim áætlunum, sem hér eru gerðar.

Áhrif neyslu útselastofnsins á fiskstofna á Íslandsmiðum

Heildarmagn áts 9.000 dýra útselsstofns er hér áætlað mun meira, en höfundur áætlaði fyrir útselinn í fyrri könnun á neyslu sela og áhrifum þeirra á nytjastofna. Tólf þúsund útselir átu samkvæmt þeirri könnun tæp 19.000 af sjávarfangi og um 4.200 tonn af þorski (Erlingur Hauksson 1989). Þetta fyrsta mat höfundar á neyslu útsela er greinilega vanmat, enda lágu til grundvallar mjög takmarkaðar upplýsingar. Byggt var á kanadískum áætlunum, sem sögðu að

meðalútselur æti daglega 4-4,5% af líkamsþyngd á dag. Ársneyslan væri 1,57 tonn af sjávarfangi (Mansfield og Beck 1977). Orkuinnihald fæðu var ekki tekið með í reikninginn. Dagleg neysla útsels í þessari áætlun er 6,4% hjá ungvíði, 5,5% hjá urtum og 4,8% hjá brimlum, miðað við að meðalorkuinnihald meðalfæðutegundar sé 1 kcal/g. Árleg meðalneysla útsels er um 3,33 tonn af sjávarfangi. Hvort þetta er of- eða vanmat er erfitt að segja til um, en að baki þessa mats liggja mun ábyggilegri upplýsingar um orkuþörf útsela og upplýsingar um þyngdir útsela og uppbyggingu íslenska útselsstofnsins eftir aldri og kyni, en í fyrri könnuninni.

Sexþúsund tonna át útsels af þorski er um 3% af þorskveiðinni 1992. Hlutfallslega mest éta útselirnir af þykkvalúru um 58% og lúðu um 40% af afla (2. tafla). Þetta gefur þó ekki rétta mynd af áhrifum afráns útsela á stofnana, því þeir éta ungvíði flestra þessara fisktegunda, en veiðarnar eru stundaðar á eldri fiski. Umbreyting magnsins í fjölda fiska er nauðsynleg til þess að meta áhrif afránsins. Um fjölda fiska í neyslu útselsins verður ekki fjallað í þessari grein.

Þakkir

Margir veiðimenn aðstoðuðu við söfnun útselssýna og er öllum þeim þakkað hér með. Sérstakar þakkir fyrir gott framlag fá: Hallbjörn Gíslason, Helgi Héðinsson, Guðmundur Örn Ólafsson, Rósmundur Skarphéðinsson, Vilmundur Reimarsson, Hallgrímur Guðfinnsson, Ingvi Bjarnason, Magnús Björnsson, Steinar Einarsson, Sævar Guðmundsson, Ásbjörn Magnússon, Daníel Pétursson, Jan Jónsson, Kristmundur Skarphéðinsson, Veiðifélagið Stakkur, Hvalseyjarfélagið ehf. Gunnar Bjarnason, Ari Albertsson, Gunnlaugur Ólafsson, Ódinn Gunnarsson, Einar V. Kristjánsson, Stefán L. Hólm, Birgir Guðmundsson, Kristlaug B. Sigurðardóttir, Ellert Vigfússon, Guðmundur Gíslason, Hörður Harðarson, Hafsteinn Guðmundsson, Herbert P. Guðmundsson, Kristinn Jónsson, Jón Benediktsson, Óskar Kristinsson, Páll Leifsson og Sigurður Guðjónsson og margir fleiri ónefndir. Líffræðingarnir Droplaug Ólafsdóttir og Valur Bogason aðstoðuðu við úrvinnslu sýna. Guðmundur Þórðarson líffræðinemi aðstoðaði við mælingu kvarna. Hringormanevnd stóð straum að kostnaði við rannsóknirnar á fæðu útsela. Hringormanevnd kostaði sýnatökuna og úrvinnslu sýna.

Heimildir

- Anderson, S.S., M.A. Fedak, 1987. Grey seal, *Halichoerus grypus*, energetics: females invest more in male offspring. *J. Zool., Lond.* 211: 667-679.
- Baker, S.R., C. Barrette, M.O. Hammill, 1995. Mass transfer during lactation of an ice-breeding pinniped, the grey seal (*Halichoerus grypus*), in Nova Scotia, Canada. *J. Zool., Lond.* 236: 531-542.
- Benoit, D., W.D. Bowen, 1990. Seasonal and geographic variation in the diet of grey seal (*Halichoerus grypus*) in eastern Canada. Í: Bowen, W.D. (ritstj.) Population biology of sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) in relation to its intermediate and seal hosts. *Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.* 222: 215-226.
- Bowen, W.D., G.D. Harrison, 1994. Offshore diet of grey seals *Halichoerus grypus* near Sable Island, Canada. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*
- Bowen, W.D., J.W. Lawson, B. Beck, 1993. Seasonal and geographic variation in the species composition and size of prey consumed by grey seals (*Halichoerus grypus*) on the Scotian shelf. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1768-1778.
- Boyd, I.L., 1984. The relationship between body condition and timing of implantation in pregnant grey seals (*Halichoerus grypus*). *J. Zool., Lond.* 203: 113-123.
- Droplaug Ólafsdóttir, Erlingur Hauksson, 1993. Orkuinnihald helstu fæðutegunda sela við Ísland. Óbirt skýrsla. Hafrannsóknastofnun. Reykjavík, 8 s. +tölur.
- Erlingur Hauksson, 1984. Fæða landsels og útsels við Ísland. Hafrannsóknir 30: 27-64.
- Erlingur Hauksson, 1989. Selir og áhrif þeirra á fiskveiðar. *Ægir* 6/89: 290-295.
- Erlingur Hauksson, 1993a. Um fæðu útsela. Í: Villt íslensk spendýr. Páll Hersteinsson og Guttormur Sigbjarnarson (ritstj.) Hið íslenska náttúrufræðifélag. Reykjavík, 223-226.
- Erlingur Hauksson, 1993b. Sambönd lengdar kvarna í fiskum og lengdar og þyngdar fiskanna. Óbirt skýrsla. Hafrannsóknastofnun. Reykjavík, 10 s.
- Erlingur Hauksson, 1993c. Íslenskir selir. Í: Villt íslensk spendýr. Páll Hersteinsson og Guttormur Sigbjarnarson (ritstj.) Hið íslenska náttúrufræðifélag. Reykjavík, 188-201.
- Erlingur Hauksson, Valur Bogason, 1997. Stofnþættir landsels og útsels. Þetta rit.

- Fedak, M.A., A.R. Hiby, 1984. Energy requirements of seals. Í: Interactions between grey seals and UK fisheries. NERC, 135-147.
- Fedak, M.A., A.R. Hiby, 1985. Population energy requirements of seals. Í: Hammond, P.S., J. Harwood (ritstj.). N.E.R.C., 50-58.
- Gallivan, G.J., K. Ronald, 1981: Apparent specific dynamic action in the harp seal (*Phoca groenlandica*). Comp. Biochem. Physiol. 69A: 579-581.
- Hafrannsóknastofnun, 1996. Nytjastofnar sjávar 1995/96. Aflahorfur fiskveiðiárið 1996/97. Fjölrit nr. 46.
- Hammill, M.O., M.S., B. Mohn, 1995. Consumption of cod by the Northwest Atlantic grey seal in Eastern Canada. Í: Blix, A.S., L.Walløe, Ø. Ulltang (ritstj.). Whales, seals, fish and man. Elsevier Science B. V. Amsterdam, 337-349.
- Innes, S., D.M. Lavigne, W.M. Earle, M. Kovacs, 1987. Feeding rates of seals and whales. Journal of Animal Ecology 56: 115-130.
- Jón Eldon, 1977. Athuganir á fæðu landsels og útsels í Breiðafirði, Faxaflóa og við Þjórsárós, í janúar og febrúar 1977. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, fjölrituð skýrsla, 10 s.
- Jónbjörn Pálsson, 1977. Nematode infestation and feeding habits of Icelandic seals. ICES C.M. 1977/N: 20: 12 s.
- Kleiber, M., 1975. The fire of life. Robert E. Krieger Publishing Co., Huntington, NY.
- Lavigne, D.M., S. Innes, G.A.J. Worthy, K.M. Kovacs, O.J. Schmitz, J.P. Hickie. 1986. Metabolic rates of seals and whales. Can. J. Zool. 64: 279-284.
- Mansfield, A.W., B. Beck, 1977. The grey seal in eastern Canada. Env. Can. Fish. Mar. Serv. Tech. Rep. 704.
- Murie, D.J., D.M. Lavigne, 1985. Digestion and retention of Atlantic herring otoliths in the stomachs of grey seals. Í: Beddington, J.R., R.J.H. Beverton, D.M. Lavigne 1985. Marine mammals and fisheries. George, Allen & Unwin. London: 292-299.
- Murie, D.J., D.M. Lavigne, 1992. Growth and feeding habits of grey seals (*Halichoerus grypus*) in northwestern Gulf of St. Lawrence, Canada. Can. J. Zool. 70: 1604-1613.
- Nordøy, E.S., A.S. Blix, 1987. Sources of error in estimating food requirements of seals. Polar Rec. 24: 62-64.
- Pierce, G.J., P.R. Boyle, 1991. A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 29: 409-486.
- Reilly, J.J., M.A. Fedak, D.H. Thoms, W.A.A. Coward, S.S. Anderson, 1996. Water balance and energetics of lactation in grey seals (*Halichoerus grypus*) as studied by isotopically labelled water methods. J. Zool., Lond. 238: 157-165.
- Ronald, K., K.M. Keiver, F.W.H. Beamish, R. Frank, 1984. Energy requirements for maintenance and faecal and urinary losses of the grey seal (*Halichoerus grypus*). Can J. Zool. c2: 1101-1105.
- Thompson, D., P.S. Hammond, K.S. Nicholas, A. Fedak, 1991. Movements, diving and foraging behaviour of grey seals (*Halichoerus grypus*). J. Zool., Lond. 224: 223-232.
- Tinker, K.M. Kovacs, M.O. Hammill, 1995. The reproductive behavior and energetics of male gray seals (*Halichoerus grypus*) breeding on a land-fast ice substrate. Behav. Ecol. Sociobiol 36: 159-170.
- Worthy, G.A.J., 1987. Metabolism, growth of young harp and grey seals. Can, J. Zool. 65: 1377-1382.
- Worthy, G.A.J., 1990. Nutritional energetics for marine mammals. Í: Dierauf, L.A. (ritstj.). CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Helath, Disease, and Rehabilitation. CRC Press. Boston,.

Fæðunám hnísu (*Phocoena phocoena*) við strendur Íslands

Gísli A. Víkingsson og Jóhann Sigurjónsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Hnísan (*Phocoena phocoena*) er ein algengasta hvalategundin við strendur Íslands. Rannsóknir á þessari tegund hafa þó allt til þessa verið mjög takmarkaðar. Árið 1991 hóf Hafrannsóknastofnunin skipulagðar rannsóknir og sýnatök úr hnísum sem höfðu flækst í þorsknetum. Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir nokkrum niðurstöðum varðandi fæðu tegundarinnar í hafinu umhverfis Ísland á árunum 1991-1995. Flest sýnanna eru tekin á tveimur svæðum á grunnslóð suðvestur og suðaustur af Íslandi, meiri hlutinn í mars og apríl. Töluvert meira safnaðist af törfum en kúm (65.2% af heildarsýni), og var hlutfall karldýra enn hærra suðaustanlands. Meðallengd beggja kynja reyndist hærri á suðaustursvæðinu en fyrir suðvestan landið. Yfir 95% af þeim mögum sem rannsakaðir voru reyndust innihalda greinanlegar fæðuleifar. Í heild var loðna (*Mallotus villosus*) langalgengasta fæðutegundin, þar næst komu tegundir af sandsílaætt (Ammodytidae) og síðan þorskfiskar (Gadidae) og smokkfiskar (Cephalopoda). Ýmsar aðrar tegundir fundust en virðast skipta mun minna máli í fæðubúskapnum. Töluverður árstíðamunur var á fæðusamsetningu; seinni hluta vetrar og á vorin virtist loðnan vera allsráðandi í fæðunni, en á sumrin og haustin fannst mest af tegundum af sandsílaætt. Er þetta í samræmi við hrygningargöngu loðnunnar síðvetrar, meðfram austur- og síðan suður- og vesturströndinni. Stærðarmælingar á kvörnum bentu til þess að loðnan væri á bilinu 2-4 ára, en sandsílin mældust að jafnaði nokkuð styttri en loðnan. Samkvæmt þessari rannsókn virðist fæðuval hnísunnar hér við land nokkuð fábreyttara en annars staðar þar sem hún hefur verið rannsökuð. Þó ber að hafa í huga að hnísan virðist almennt vera tækifærissinnuð í fæðuvali, og umfang sýnatökunnar var takmarkað í tíma og rúmi og gæti það hafa leitt til fremur einsleitrar niðurstöðu.

Inngangur

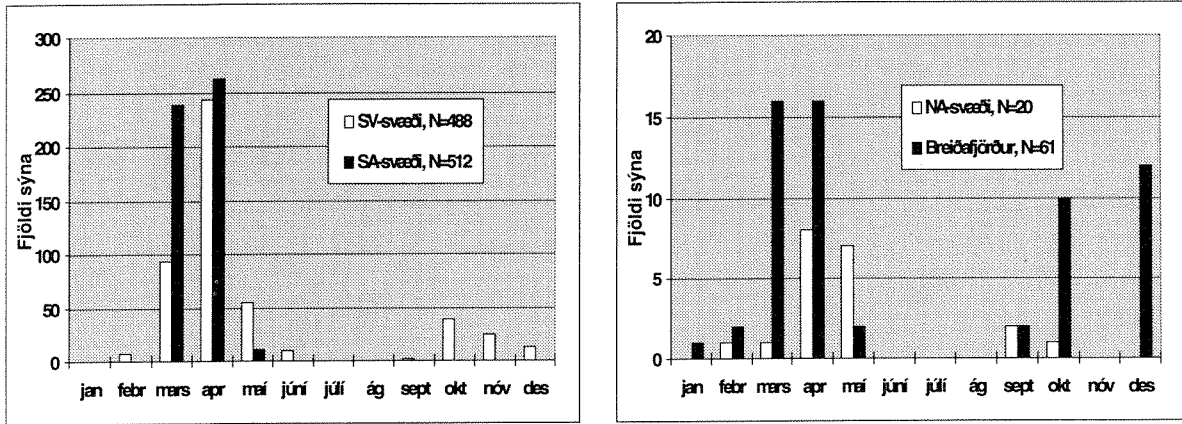
Hnísan (*Phocoena phocoena*) er ein algengasta smáhvalategundin hér við land (Bjarni Sæmundsson 1932, Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1995, Jóhann Sigurjónsson 1993). Dreifing tegundarinnar um heimshöfin takmarkast við heimskauts- og tempruðu hafssvæðin á norðurhveli jarðar (Klinowska 1991). Hnísan virðist hafa árstíðabundið far sem talið er stjórnast m.a. af breytilegu fæðuframboði (Tomilin 1957, Gaskin 1992, Berggren og Arrhenius 1995). Fæða hnísunnar hefur talvert verið rannsökuð á ýmsum hafssvæðum (Tomilin 1957, Rae 1965, 1973, Smith og Gaskin 1974, Gaskin o.fl. 1974, Recchia og Read 1989, Smith og Read 1992, Fontaine o.fl. 1994, Aarefjord o.fl. 1995, Benke, H. og Siebert, 1996). Rannsóknirnar hafa leitt í ljós töluverðan breytileika í fæðu tegundarinnar, bæði í tíma og rúmi.

Þar til nýlega hafa engar kerfisbundnar líffræði- eða vistfræðirannsóknir verið gerðar á hnísu hér við land. Útbreiðsla tegundarinnar skarast við netaveiðisvæðin næst ströndinni sem leitt getur til hagsmunaárekstra, svo sem beinnar samkeppni um fisk og drukknunar dýra í veiðarfærum. Útreikningar sem byggjast á grófu mati á stofnstærð hnísunnar og fæðugreiningu frá öðrum svæðum í Norður Atlantshafi benda til að samanlögð neysla hnísustofnsins í hafinu við Ísland gæti verið nálægt 150,000 tonnum, mestmegnis fiskur (Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1995).

Í tengslum við fjölstofnarannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar á árunum 1992-1995 var gerð sérstök athugun á fæðuvistfræði hnísu- og hnýðingastofnanna (*Lagenorhynchus albirostris*) hér við land. Einnig voru kannaðir ýmsir aðrir þættir í líffræði tegundarinnar. Þessi skýrsla greinir frá nokkrum frumniðurstöðum rannsókna á fæðuvænjum hnísunnar.

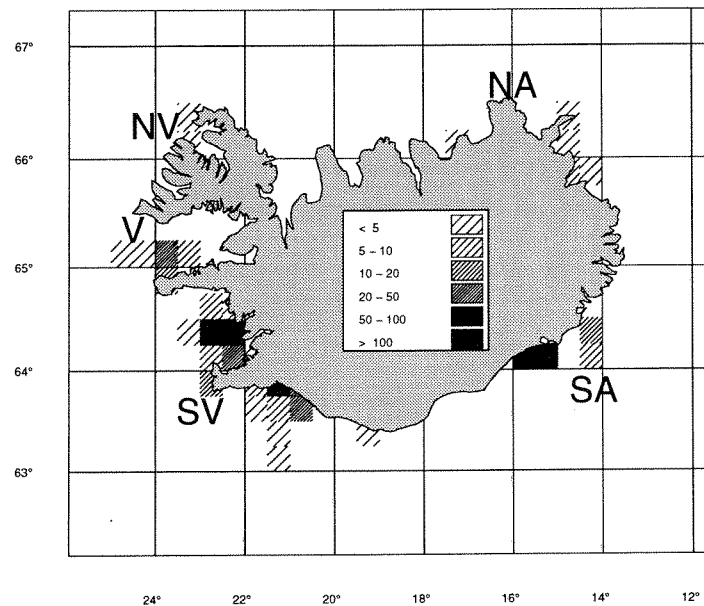
Aðföng og aðferðir

Þessi athugun byggir einvörðungu á rannsókn á dýrum sem drápu í þorsknetum undan strönd Íslands á árunum 1991-95. Söfnunin fór fram í samvinnu við fiskmarkaði, sjómenn og aðra einstaklinga víðs vegar um landið.



1. mynd. Dreifing magasýna eftir árstíma og hafsvæðum (sjá 2. mynd).

Árstíðabundin dreifing sýnatökunnar er sýnd á 1. mynd og landfræðileg dreifing sýna á 2. mynd. Eins og greinilega kemur fram var sýnataka breytileg m.t.t. tíma og hafsvæðis. Þó sýni hafi verið tekin í öllum mánuðum ársins nema í júlí og ágúst, var yfirgnæfandi meirihluti þeirra tekinn í mars og apríl enda er netaveiði mest stunduð á þeim tíma. Dýrin komu langflest frá tveimur aðal svæðum, þ.e. undan suðvestur- og suðausturströnd landsins. Á 2. mynd er greint á milli 5 söfnunarsvæða: suðvestur- (SV) og suðaustur- (SA) svæðanna, Breiðafjarðar (V), Ísafjarðardjúps (NV) og norðaustur-svæðisins (NA), en á tveimur hinum síðastnefndu fengust annars vegar aðeins 3 dýr og hins vegar 20 dýr.



2. mynd. Dreifing sýna hnísa 1991-1995.

Í flestum tilvikum fengu starfsmenn Hafrannsóknastofnunarinnar heil dýr til rannsóknar, en einnig sáu sjómenn og aðrir samstarfsmenn um sýnatöku að nokkru leyti. Skrokkarnir voru venjulega geymdir í frysti fram að krufningu. Meðan á krufningu stóð var magafylling frammagans metin gróflega í fimm stig (tómur, ¼, ½, ¾, fullur), síðan var maginn með innihaldi frystur á ný og hann geymdur þar til frekari athuganir á innihaldinu gætu farið fram á rannsóknastofu. Þar var magn magainnihaldsins áætlað með því að vigta magasekkinn bæði fyrir og eftir að hann hafði verið tæmdur. Meltingarstig fæðuleifanna var ákvarðað með því að nota fimm stiga kvarða, allt frá ferskri fæðu (1. stig) til fiskikvarna, beina eða ómeltanlegra fæðuleifa (5. stig).

Magainnihaldið var skolað í gegnum síur með möskvastærðinni 0,3 mm og það síðan aðgreint eftir tegundum áður en lokagreining og mæling færi fram. Tiltölulega lítt melt dýr voru tegundagreind eftir því sem kostur var og þau síðan mæld og vegin. Hins vegar reyndist greinanlegt innihald í flestum magasekkjanna aðeins vera harðir hlutar; kvarnir, bein, brjósk, smokkfiskagoggar o.s.frv. Kvarnirnar og goggarnir voru tegundagreind og mæld með aðstoð handbóka (Clarke 1986, Härkönen 1986) og sýnasafni Hafrannsóknastofnunarinnar.

Tvær aðferðir voru notaðar við kvarnamælingarnar. Hluti sýnanna var mældur með hefðbundinni aðferð þar sem notuð var víðsjá með mælikvarða í augnlínsunni. Þar eð þessi aðferð er afar tímafrek voru gerðar tilraunir með að nota myndgreini (Leica Quantimet 500+) við mælingarnar. Samanburður milli þessara tveggja aðferða leiddi ekki í ljós neinn marktækan mun (t-test, $t=0.1701$, $df=19$, $p=0.8667$).

Til útreikninga á fiskstærð út frá kvarnastærð voru notaðar jöfnur Härkönen (1986), nema fyrir loðnu (*Mallotus villosus*), þar sem samband kvarnastærðar og fisklengdar var sérstaklega áætlað út frá sýnum sem safnað var í leiðöngrum stofnunarinnar vegna þessa verkefnis (sjá síðar). Ekki þótti gerlegt að greina á milli kvarna úr þeim þremur tegundum sandsíla (*Ammodytidae*) sem eru hér undan ströndinni og þess vegna var ákveðið að nota aðferð Härkönen (1986) fyrir marsíli (*Ammodytes marinus*) við stærðarákvörðun sandsíllanna. Ekki var reynt að leiðrétta mælingarnar m.t.t. væntanlegrar rýrnunar kvarnanna við meltingu.

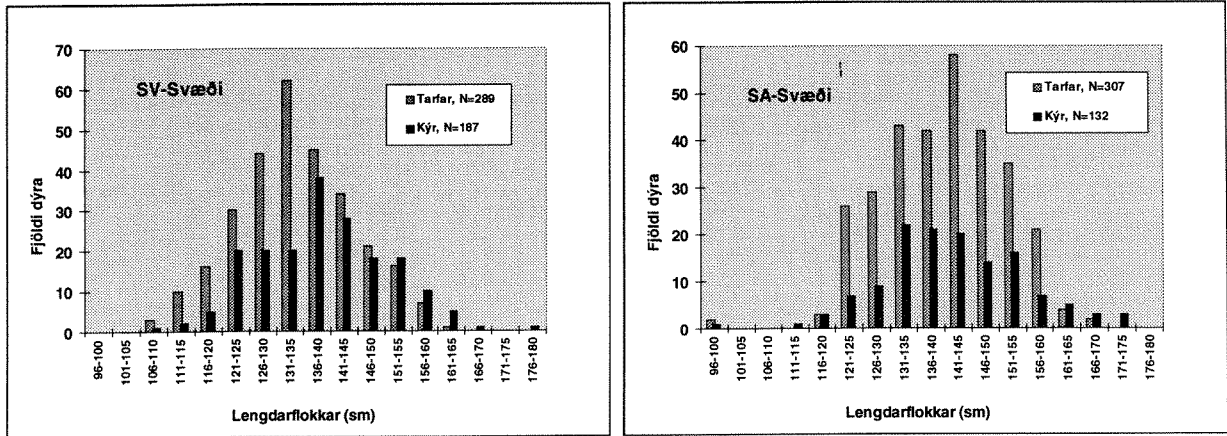
Þar sem mælingum á öllum fæðuleifum er ekki að fullu lokið, liggur endanlegt mat á hlutfallslegu mikilvægi mismunandi fæðutegunda (út frá þyngd og orkuinnihaldi) enn ekki fyrir. Hér hafa því hinar ýmsu tegundir og hópar verið flokkaðir til bráðabirgða sem ríkjandi bráð, næstráðandi o.s.frv. í hverjum magasekk. Þessi greining byggist aðallega á hlutfallslegum fjölda einstaklinga af hverri tegund bráðar sem fannst í maganum. Útreikningar á upphaflegri þyngd bráðar miðað við kvarnastærðir voru gerði á hlutsýni af hnísnum frá suðvestur- og suðaustursvæðunum sem innihéldu loðnu og sandsíli.

Meðan á krufningu hníuskrokkanna stóð voru ýmsar mælingar gerðar og sýni tekin til notkunar í tengdum rannsóknnum, eins og t.d. vaxtarmælingar, sýni til aldurs- og viðkomumælinga, sníkjudýrasýni og sýni til erfða- og orkurannsóknna. Þeim rannsóknnum er enn ekki lokið.

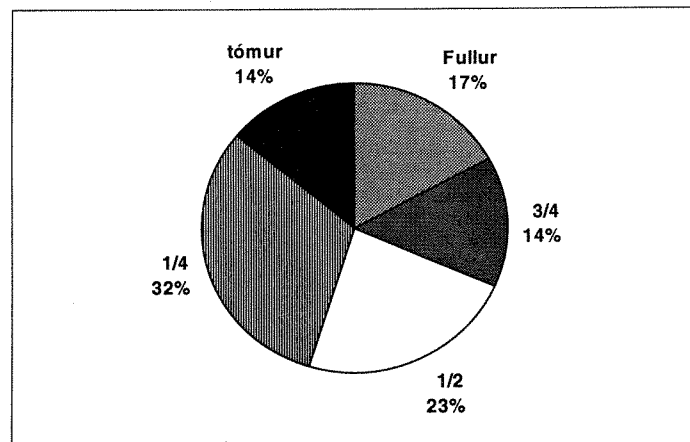
Niðurstöður

Lengdardreifing og kynjaskipting hnísanna sem sýni voru tekin af á suðvestur- og suðaustursvæðunum, sjást á 3. mynd. Karldýrin reyndust næstum tvöfalt fleiri en kvendýrin og var hlutfall tarfa 65.2% af heildarúrtakinu. Hlutfall tarfa var hærra á suðaustursvæðinu (70%) en á suðvestursvæðinu (60.6%). Meðallengd beggja kynja var hærra á suðaustursvæðinu (kk: 135.9 cm ± 10.95 S.D. og kvk: 137.1 cm ± 12.69 S.D.) heldur en á suðvestursvæðinu (kk: 129.3 cm ± 10.69 S.D. og kvk: 134.2 cm ± 11.87 S.D.; t-test: $t=6.48$, $df=587$, $p=0.000$ (kk) og $t=2.07$, $df=317$, $p=0.039$ (kvk)).

Í langflestum magasekkjanna sem rannsakaðir voru fundust fæðuleifar. 4. mynd sýnir tíðni hinna fimm mismunandi fyllistiga þeirra frammaga sem metnir voru sjónrænt. Um 16% magasekkjanna voru þá álitnir tómir en við nánari rannsókn reyndust flestir þeirra innihalda einhverjar fæðuleifar.



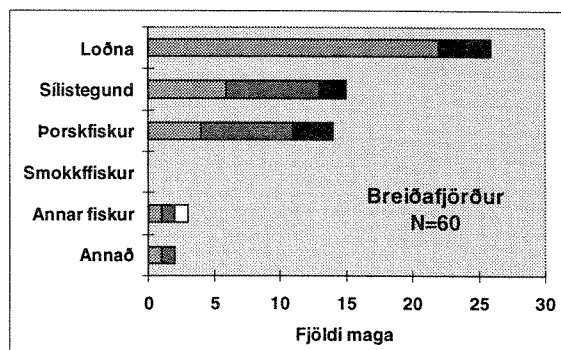
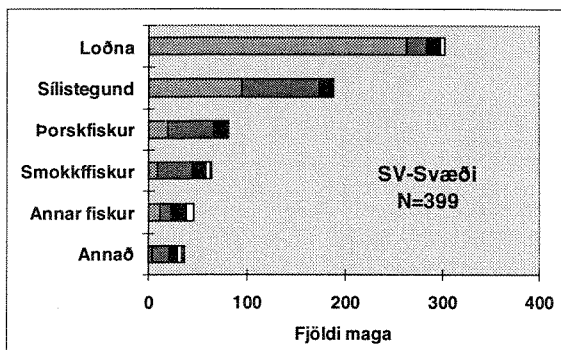
3. mynd. Lengdardreifing hnísu SV- og SA af Íslandi.



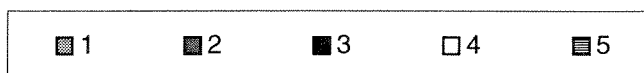
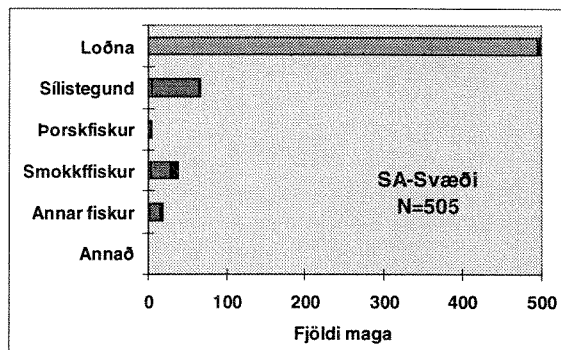
4. mynd. Tíðni maga-fyllisstiga samkvæmt sjónmati.

Tíðni og hlutfallslegt mikilvægi helstu fæðutegunda hnísu á þremur helstu söfnunarsvæðunum er sýnt á 5. mynd. Loðnan virðist alls staðar í miklum meirihluta sem æti og fannst í um 86% af þeim frammögum sem rannsakaðir voru. Næst algengasta fæðan er sandsíli sem fannst í 26% maganna, og síðan ýmsar tegundir smokkfiska og þorskfiska, með tíðnina 12% og 10% hvor flokkur.

Nokkur munur reyndist á tíðni fæðutegundanna eftir svæðum. Á suðaustursvæðinu var loðnan lang algengust og fannst í 99% allra magasekkja. Sandsíli, næst algengasta bráðin fannst hins vegar aðeins í 13% maganna og þorskfiskar í 1% þeirra. Á suðvestursvæðinu virtist fæða hnísunnar heldur fjölbreyttari; loðna fannst í 71% maganna, sandsíli í 47% og þorskfiskar í 20% þeirra. Fjölbreytni í fæðuvali virtist einnig vera töluverð á Breiðafjarðarsvæðinu. Hlutfall loðnunnar var þar 76%, sandsílis 44% og þorskfiska 41%. Eftirtektarvert er að magar dýra frá Breiðafjarðarsvæðinu innihéldu engar smokkfiskleifar, en hafa verður þó í huga takmarkaðan sýnafjölda frá þessu svæði (n=60).



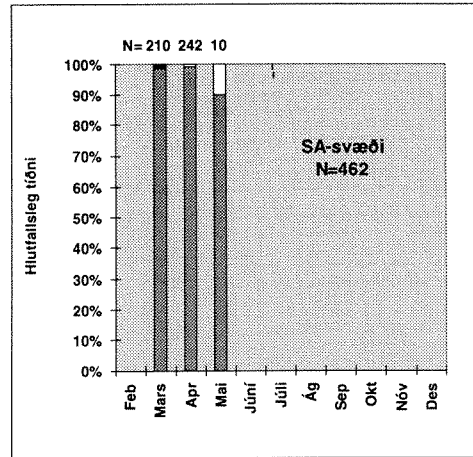
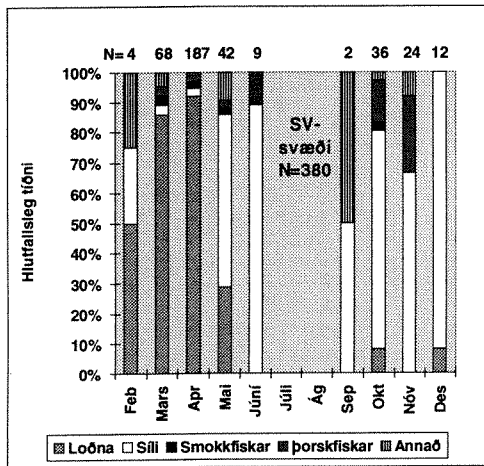
5. mynd Tíðni bráðar hnísu vestur, suður og suðaustur af Íslandi. Fæðuhópar eru flokkaðir eftir hlutfallslegu mikilvægi sem algengasta fæða (1), næstalgengasta (2) o.s.frv., í hverjum maga.



Mikilvægi loðnunnar sem bráðar verður enn augljósara þegar grófflokkun fæðuhópa eftir hlutfallslegu vægi er skoðuð. Í 96% allra maga sem innihéldu loðnu reyndist hún ríkjandi fæðutegund. Sandsíli, þorskfiskur og smokkfiskur reyndust hins vegar vera ríkjandi bráð í 38%, 25% og 10% tilvika þar sem þessar tegundir fundust í hnísunögum.

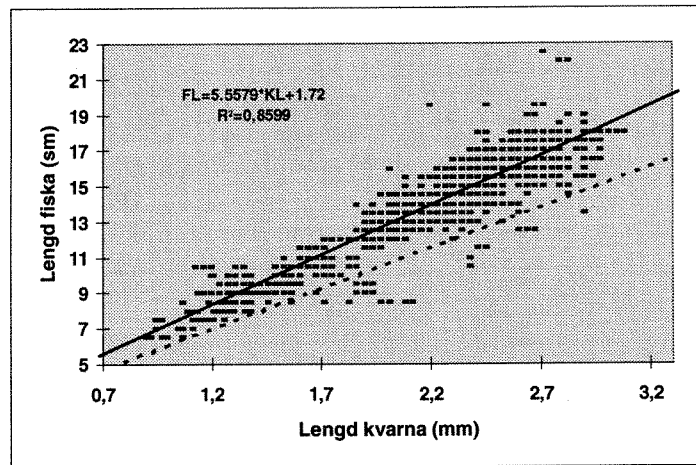
6. mynd sýnir árstíðamun í hlutfallslegri tíðni helstu fæðuhópanna á suðvestur- og suðaustursvæðunum. Þótt sýnafjöldinn sé ekki mikill á suðvestursvæðinu mánuðina júní-september og desember-febrúar má lesa nokkuð skýran árstíðamun á magainnihaldi á þessu svæði. Tíðni loðnu sem ríkjandi bráðar eykst á tímabilinu febrúar-apríl, minnkar snögglega í maí og tegundin hverfur algerlega sem aðalfæða í júní. Seinni hluta ársins fannst loðna sem ríkjandi fæða aðeins í 4 mögum. Síðari hluta máímánaðar virðist sandsílið yfirtaka hlutverk loðnunnar sem ríkjandi tegund, en einnig þorskfiskur og aðrar fisktegundir í minna mæli.

Sýnataka á suðaustursvæðinu þar sem loðnan virðist alls ráðandi í fæðu hnísunnar fór að mestu fram á tímabilinu mars-apríl, en aðeins 10 sýni söfnuðust í maí, öll fyrsta viku mánaðarins (6. mynd). Því er óvarlegt að draga miklar ályktanir af þeim mun sem virðist í fljótu bragði vera á fæðuvali hnísunnar á SV og SA svæðunum (5. mynd).



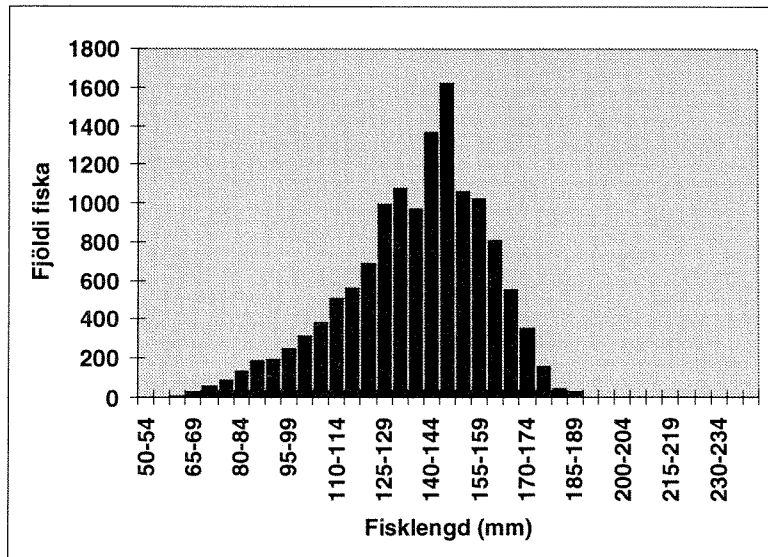
6. mynd. Hlutfallsleg tíðni ríkjandi bráðar eftir mánuðum.

Frumathuganir á lengdardreifingu loðnu úr hnísunögum samkvæmt aðhvarfsjöfnu Härkönen (1986), um tengsl milli kvarnastærðar og fisklengdar, stönguðust á við niðurstöður athugana Hafrannsóknastofnunarinnar á loðnu frá sama ári og svæði (Hjálmar Vilhjálmsson, munnl. uppl.). Sambandið milli kvarna- og fiskstærðar var þess vegna kannað í loðnusýnum sem safnað var á loðnumiðum árið 1995 og eru niðurstöður sýndar á 7. mynd. Íslenska loðnan hefur greinilega hærra hlutfall kvarnalengdar/fisklengdar en sýnið sem Härkönen (1986) byggði sína útreikninga á.

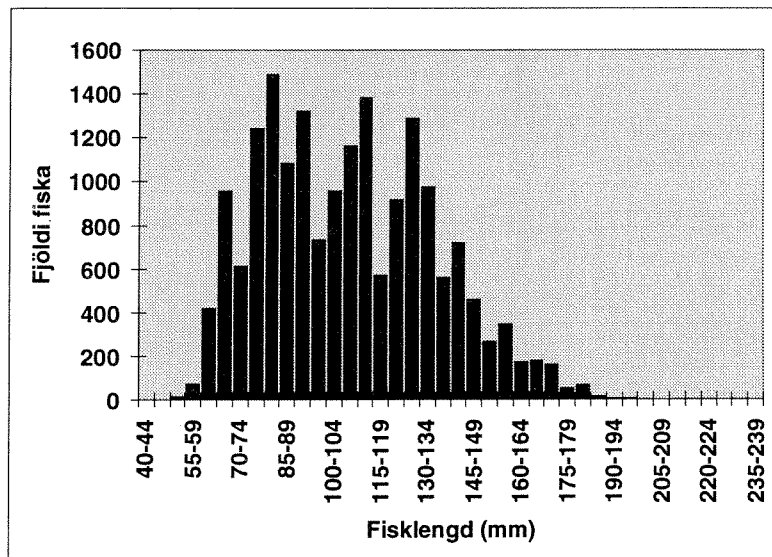


7. mynd. Samband kvarnalengdar (KL) og fisklengdar (FL) loðnu. Punktar sýna mælingar á íslenskri loðnu og heil lína aðhvarf þeirra. Brotin lína sýnir til samanburðar, samband fisk- og kvarnalengdar loðnu skv. Härkönen (1986).

Lengdardreifing loðnu samkvæmt íslensku jöfnunni (7.mynd) um samband kvarnalengdar/fisklengdar er sýnd á 8. mynd. Enginn marktækur munur var á milli þeirra tveggja svæða þaðan sem flest sýnin voru tekin. Miðgildi reyndust vera 14-15 sm á báðum svæðum sem svarar til 2ja ára eða eldri loðnu (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Allir stærðarflokkar loðnu að vorlagi virtust þó finnast í einhverjum mæli í magasýnunum.



8. mynd. Lengdardreifing loðnu í fæðu hnísu, reiknuð út frá kvarnalengd.

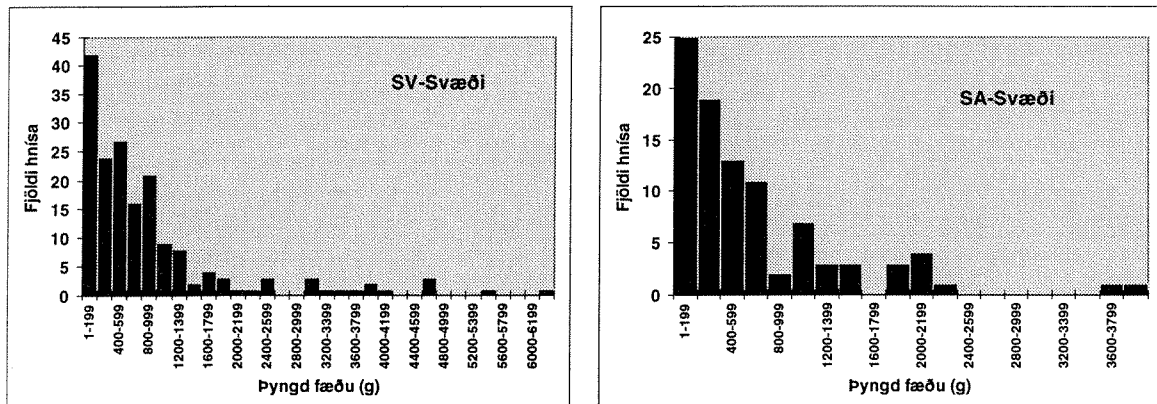


9. mynd. Lengdardreifing sílis í fæðu hnísu, reiknuð út frá kvarnalengd.

9. mynd sýnir lengdardreifingu sandsíla skv. jöfnu Härkörens (1986) um samband fisklengdar og kvarnalengdar marsílis. Stærðardreifingin, sem reyndist vera frá 5-20 cm er svipuð og hjá loðnunni, en meðallengd sandsíla er þó minni (loðna: 13.5 cm, síli: 10.3 cm; t-próf $p < 0.05$). Ekki var neinn marktækur munur á sandsílum þeim sem fundust í dýrum veiddum á suðvestur- og suðaustur-svæðunum.

10. mynd sýnir þyngdardreifingu magainnihalds hnísa (uppreiknað út frá fjölda og stærð kvarna) frá suðvestur- og suðaustursvæðunum sem innihéldu einungis sandsíli og/eða loðnu. Ekki reyndist marktækur munur á samanlagðri þyngd magainnihaldsins milli þessara tveggja upprunasvæða. Töluverður breytileiki var á útreiknaðri þyngd magainnihaldsins, þó svo að í flestum dýranna reyndist það vega minna en 1 kg. Í frammögum sem innihéldu loðnu reyndist samanlögð þyngd vera frá 0.6 g upp í 4431 g, (meðalþyngdi 690 g; n: 290, SD: 723). Samsvarandi tölur fyrir sandsíli reyndust 0.3g- 6146 g (meðalþyngd 600 g, n: 120, SD: 1306).

Ójöfn dreifing sýnatökunnar bæði hvað varðar árstíma og staðsetningu endurspeglar sennilega allt í senn, dreifingu þorskveiða í net, hrygningargöngu loðunnar og hugsanlegt far hnísustofnsins milli grunn- og djúplóðar. Netavertíðin nær hámarki í mars-apríl og er einkum stunduð suðvestur og suðaustur af landinu og beinist aðallega að þorski (*Gadus morhua*), ufsa (*Pollachius virens*) og ýsu (*Melanogrammus aeglefinus*). Þessar veiðar skarast, bæði hvað varðar svæði og árstíma, við hrygningagöngu loðunnar. Aðal hrygningarsvæðin eru sunnan og vestan lands, og koma fyrstu göngurnar venjulega á grunnsvæðin suðaustur af landinu í



10. mynd. Reiknuð þyngd magainnihalds hnísu út frá stærð og fjölda loðnu- og/eða síliskvarna.

febrúar og halda síðan áfram vestur á bóginn meðfram suðurströndinni (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Loðnan hrygnir aðallega í mars-apríl. Engar kerfisbundnar rannsóknir hafa farið fram á árstíðabundinni dreifingu hnísustofnsins umhverfis landið, en Bjarni Sæmundsson (1932) lýsti hnísunni í hafinu umhverfis landið sem flökkudýri sem kæmi upp að landinu í mars, að því er virtist í kjölfar loðunnar.

Híð háa hlutfall karldýra í sýnunum og mismunurinn á lengdardreifingu milli svæða (3. mynd) gæti gefið til kynna einhvers konar tíma- eða svæðaskiptingu innan stofnsins eftir aldri og kynþroska.

Í þessari skýrslu er fæðuvalið einungis túlkað út frá tíðni fæðuhópa, en mat á hlutfallslegu vægi fæðuhópa á ársgrundvelli, byggt á uppreiknaðri þyngd magainnihalds, er í vinnslu. Þessar rannsóknir staðfesta þær niðurstöður flestra fyrri rannsókna að hnísan lifir að langmestu leyti á fiski, þótt smokkfiskar, krabbadýr og aðrir hryggleysingar hafi oft greinst sem tiltölulega lítill hluti af fæðu hnísunnar (Tomilin 1957, Rae 1973, Smith og Gaskin 1974, Recchia og Read 1989, Smith og Read 1992, Palka o.fl. 1996, Aarefjord o.fl. 1995, Teilmann og Dietz 1996, Santos o.fl. 1994, 1995). Þessar rannsóknir hafa sýnt að hnísan nærast á mjög mörgum fisktegundum í Norður Atlantshafi. Þó síld virðist vera mikilvægasta bráðin beggja vegna hafsins (Smith og Gaskin 1974, Aarefjord o.fl. 1995, Recchia og Read 1989), hefur vægi loðnu einnig reynst töluvert við Norður Noreg (Aarefjord o.fl. 1995), Grænland (Teilmann og Dietz 1996) og Kanada (Fontaine o.fl. 1994). Meðal annarra mikilvægra fæðutegunda hnísunnar í Norður Atlantshafi eru lýsingstegundir (*Merluccius* sp.) (Recchia og Read 1989, Smith og Read 1992, Aarefjord o.fl. 1995, Teilmann 1996), sandsfli (Santos o.fl. 1995, Aarefjord o.fl. 1995) og ýmsir fiskar af þorskaætt (Rae 1973, Aarefjord o.fl. 1995, Santos o.fl. 1994).

Samkvæmt þessum fyrstu rannsóknnum hér við land virðist loðnan vera mikilvægasta bráð hnísunnar þegar á heildina er litið (5. mynd). Neyslan virðist þó takmarkast að mestu við nokkra fyrstu mánuði ársins og gefur árstíðabundin dreifing fæðu (6. mynd) til kynna að

sandsíli og í minna mæli ýmsar þorskfiskategundir vegi meira í ársneyslu dýranna en fram kemur í þessarum athugunum. Á hrygningartíma loðnunnar virðist hnísan þó éta mikið ef dæma má af lágu hlutfalli tómra maga, borið saman við aðrar rannsóknir (Smith og Gaskin 1974, Recchia og Read 1989, Fontaine o.fl. 1994, Aarefjord o.fl. 1995). Athuganir á hugsanlegum árstíðabreytingum á orkuforða hnísunnar gætu varpað frekara ljósi á mikilvægi þessa loðnuátstímabils á ársgrundvelli. Einnig er þörf aukinnar sýnatöku frá öðrum svæðum og/eða árstímum. Árstíðasveiflur í fæðuvali hnísu hafa einnig komið fram á öðrum svæðum (Tomilin 1957, Smith og Read 1992, Palka o.fl. 1996, Santos o.fl. 1995).

Hin áþekka samsetning fæðunnar milli kynja og stærðarflokka hnísu í þessari rannsókn er í samræmi við niðurstöður frá Kanada (Smith og Gaskin 1974) og Skandinavíu (Aarefjord o.fl. 1995). Það sama gildir um útreiknaða stærð þeirrar loðnu og sandsíla sem hnísan étur (8.-9. mynd), sem reyndist vera innan þeirra stærðarmarka sem greint er frá í skýrslum frá öðrum svæðum (Fontaine o.fl. 1994, Santos o.fl. 1994).

Notkun myndgreinis jók mjög afköstin við kvarnamælingarnar þar sem hægt var að mæla allt að 50 kvarnir samtímis. Sama tækni býður einnig hugsanlega upp á aðra möguleika, svo sem tegundagreiningu kvarna í sýni því hægt er að mæla samtímis bæði lengd, breidd, flatarmál og ummál á alsjálfvirkan hátt.

Þótt úrvinnslu gagna sé ekki að fullu lokið, benda frumniðurstöður þessara rannsókna til þess að við Ísland sé loðna ásamt sandsíli ríkjandi bráð hnísu og að mikill árstíðamunur sé á hlutfallslegu vægi þessara tveggja lykiltegunda. Á meðan hrygningarganga loðnunnar upp undir strendur landsins varir, síðla vetrar og á vorin, er augljóst að hún er langstærsti hlutinn af æti hnísunnar við sunnanvert landið. Hvort þetta á við um stofninn almennt er ekki ljóst og ekki unnt að fullyrða um það nema með víðtækari gagnasöfnun. Frekari rannsóknir á þeim gögnum sem fyrir hendi eru munu beinast að mati á hlutfallslegu vægi mismunandi bráðar, byggðu á útreiknaðri þyngd (Pierce og Boyle 1991), en einnig nánari greiningu á fæðuvali með tilliti til aldurs, kyns, æxlunar- og orkuástands hnísunnar og útreikningum á árlegri neyslu á hinum ýmsu tegundum bráðar.

Þakkarorð

Sérstakar þakkir eru færðar Sverri D. Halldórssyni og Ingu F. Egilsdóttur á Hafrannsóknastofnuninni, sem léku stór hlutverk á flestum stigum gagnasöfnunar og sýnavinnslu. Eftirtöldum aðilum er einnig þökkuð vinna við söfnun og/eða vinnslu sýna: Magnús Ástvaldsson, Jón Páll Baldvinsson, Guðmundur Kr. Guðmundsson, Hilmar Þ. Guðmundsson, Hjalti Karlsson, Páll Leifsson, Magnús Ólafsson, Runólfur Runólfsson, Birgir Stefánsson, Sigurður Sveinsson, Eyþór Þórðarson, Haraldur Þórmundsson, Jón Þorsteinsson, Albert Stefánsson, Valur Bogason, Haraldur Einarsson, Anton Galan, Kristján Lilliendahl og Droplaug Ólafsdóttir, öll frá Hafrannsóknastofnuninni veittu ráðgjöf og aðstoð við greiningu magasýna og Droplaug einnig við gerð mynda. Höfundar vilja þakka öllum þessum aðilum ásamt sjómönnum víðs vegar um landið þeirra þátt í rannsóknum þessum.

Heimildir

- Aarefjord, H., A.J. Bjørge, C.C. Kinze, I. Lindstedt, 1995. Diet of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Scandinavian Waters. Rep. Int. Whal. Commn (SPECIAL ISSUE 16): 211-222.
- Benke, H., U. Siebert, 1996. The current status of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in German Waters. Rep. Int. Whal. Commn.46, SC/47/SM49 (útdr.): 678.
- Berggren, P., F. Arrhenius, 1995. Densities and seasonal distribution of harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in the Swedish Skagerrak, Kattegat and Baltic Seas. Rep. Int. Whal. Commn. (SPECIAL ISSUE 16): 109-121.
- Bjarni Sæmundsson, 1932. Íslensk dýr II: Spendýrin. Bókaverzlun Sigfúsar Eymundssonar, Reykjavík, 437 s.
- Clarke, M.R., 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press, Oxford, 273 s.
- Fontaine, P.M., M.O. Hammill, C. Barrette, M.C. Kingsley, 1994. Summer diet of harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the Estuary and the Northern Gulf of St. Lawrence. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 51: 172-178.
- Gaskin, D.E. 1992. Status of the harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, in Canada. Can. Field Naturalist 106(1): 36-54.

- Gaskin, D.E., P.W. Arnold, B.A. Blair, 1974. *Phocoena phocoena*. Mamm. Species 42: 1-8.
- Harkönen, T., 1986. Otoliths of the bony fishes. Danbiu ApS., 256 s.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Capelin, *Mallotus villosus* (Müller) in the Iceland - Greenland - Jan Mayen area. Rit Fiskideildar.
- Jóhann Sigurjónsson, 1993. Hvalrannsóknir við Ísland. Í: Páll Hersteinsson og Guttormur Sigbjarnason (ritstj.): Villt íslensk spendýr. H.Í.N. og Landvernd, 103-146.
- Jóhann Sigurjónsson, Gísli Víkingsson, 1995. Estimation of food consumption by cetaceans in Icelandic and adjacent waters. NAFO Res. Doc. 95/98, 17 s.
- Klinowska, M., 1991. Dolphins, porpoises and whales of the World. The IUCN Red Data Book, 429 s.
- Palka, D.L., A.J. Read, A.J. Westgate, D.W. Johnston, 1996. Summary of current knowledge of harbour porpoises in US and Canadian waters. Rep. Int. Whal. Commn. 46, SC/47/SM23: 559-565.
- Pierce, G.J., P.R. Boyle, 1991. A review of methods for diet analysis in piscivorous marine mammals. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 29: 409-486.
- Rae, B.B., 1965. The food of common porpoise (*Phocoena phocoena*). J. Zool., Lond. 146: 114-22.
- Rae, B.B., 1973. Additional notes on the food of the common porpoise (*Phocoena phocoena*). J. Zool., Lond. 169: 127-131.
- Recchia, C.A., A.J. Read, 1989. Stomach contents of harbour porpoises, *Phocoena phocoena* (L.), from the Bay of Fundy. Can. J. Zool. 67: 2140-2146.
- Santos, M.B., G.J. Pierce, H.M. Ross, R.J. Reid, B. Wilson, 1994. Diets of small cetaceans from Scottish coast. ICES. C.M. 1994 /N:11. 16 s.
- Santos, M.B., G.J. Pierce, G. Wijnnsma, H.M. Ross, R.J. Reid, 1995. Diets of small cetaceans stranded in Scotland 1993-1995. ICES C.M. 1995/N: 6. 8 s.
- Smith, G.J.D., D.E. Gaskin, 1974. The diet of harbour porpoises (*Phocoena phocoena* (L.)) in coastal waters of Eastern Canada, with special reference to the Bay of Fundy. Can. J. Zool. 52: 777-782.
- Smith, R.J., A.J. Read, 1992. Consumption of euphausiids by harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) calves in the Bay of Fundy. Can. J. Zool. 70: 1629-1632.
- Teilmann, J., 1996. Status of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Danish waters. Rep. Int. Whal. Commn. 46, SC/47/SM46: 619-625.
- Teilmann, J., R. Dietz, 1996. Status of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Greenland. Rep. Int. Whal. Commn. 46, SC/47/SM44 (útdr.): 677.
- Tomilin, A.G., 1957. Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1967. 716 s.

Orkubúskapur og fæðunám langreyðar við Ísland

Gísli A. Víkingsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Langreyður (*Balaenoptera physalus*) er fardýr sem kemur á íslensk hafsvæði til fæðunáms á vorin, en heldur suður til óþekktra æxlunarsvæða á haustin. Almenn er talið að skíðishvalir taki stóran hluta ársneyslu sinnar yfir sumartímann en nærast lítið yfir veturinn. Hér við land er ljósátan (*Meganyctiphanes norvegica*) aðalfæða langreyðarinnar. Ýmsar athuganir á fæðu og orkubúskap langreyðar voru hluti átaks Hafrannsóknastofnunarinnar til eflingar hvalarannsóknna 1986-1989. Úrvinnsla þessara gagna m.t.t. útreikninga á neyslupörf langreyðar og sandreyðar (*B. borealis*) hefur farið fram sem hluti fjölstofnaáætlunar stofnunarinnar. Í þessari grein verður lýst tveim innbyrðis óháðum aðferðum sem beita má til að meta afrán langreyðar við Ísland.

I. Útreikningar á neyslu út frá þróun orkubúskapar að sumarlagi.

II. Útreikningar á neyslu út frá athugunum á magainnihaldi.

Fyrri aðferðin byggist á því að mæla þann orkuforða sem dýrin safna yfir sumartímann. Sé hann þekktur má, að gefnum ýmsum lífeðlisfræðilegum forsendum, á einfaldan hátt reikna út það fæðumagn sem að baki slíkrri orkuforðasöfnun þarf að standa auk þeirrar orku sem þarf til vaxtar og viðhalds. Athuganir á magainnihaldi langreyðar sýna talsverðar dægursveiflur í fæðunáminu. Tímasetning dægursveiflunnar á hinn löngu leið gegnum meltingarfæri hvalsins gefa vísbendingar um meltingarhraða og áttíðni. Þessar upplýsingar ásamt vigtunum á magainnihaldi eru svo notaðar til útreikninga á daglegri neyslu. Rannsóknirnar á orkubúskap sýna mikinn breytileika í orkupörf eftir æxlunarstigi. Þannig virðast kynþroska kýr hafa u.þ.b. tvöfalt meiri neyslupörf en tarfar og ókynþroska kýr. Aðferðunum tveim ber bærilega saman um daglega neyslu langreyðar sem liggur á bilinu 700-1,400 kg.

Inngangur

Langreyður (*Balaenoptera physalus*) er næst stærsta dýrategund heims og nær hún allt að 23 m lengd og yfir 80 tonna þyngd hér við land. Tegundin er dæmigerður farhvalur og dvelur í hlýjum sjó að vetralagi, þar sem burður og mökun fara fram, en heldur sig á hærri breiddargráðum við fæðunám á sumrin. Hér við land kemur langreyðurin að mestu í maí-júní og hverfur af miðunum í september-október (Gísli A. Víkingsson 1993, Jóhann Sigurjónsson og Gísli A. Víkingsson 1995). Ljósáta (*Meganyctiphanes norvegica*) er yfirgnæfandi þáttur í fæðu langreyðar hér við land, a.m.k. á hvalveiðimiðunum vestur af landinu (Rørvik o.fl. 1976, Jóhann Sigurjónsson og Gísli A. Víkingsson 1995). Samkvæmt talningum frá 1995 er stærð hins svokallaða A-Grænlands-Íslandsstofns langreyðar um 18,900 dýr (NAMMCO 1997). Hér er um talsverðan lífmassa að ræða (0.5-1 millj. tonn), sem skipt getur verulegu máli í samspili tegundanna í vistkerfi hafsins.

Umræða um hlutverk hvala í vistkerfum hafsins hefur farið vaxandi á undanförunum árum, ekki síst eftir að hvalveiðibann Alþjóðahvalveiðiráðsins tók gildi árið 1986. Einkum hefur umræðan snúist um hugsanleg áhrif hvala á nytjastofna sjávar og hefur oft mikið borið á milli manna í fjölmiðlaumræðum um málið. Meðal vísindamanna hafa skoðanir einnig verið skiptar um neyslu hvala, enda gerir líkamsstærð þeirra og lífshættir staðlaðar tilraunir á þessu sviði ómögulegar. Greina má milli þriggja megin aðferða sem notaðar hafa verið við mat á fæðuneyslu hvala:

1. Beinar mælingar á neyslu í sædýrasöfnum.
2. Áætlanir á fæðumagni út frá athugunum á magainnihaldi.
3. Áætlanir á neyslu byggðar á sambandinu milli stærðar og orkuþarfar spendýra að gefnum ýmsum lífeðlisfræðilegum forsendum.

1. Mælingar á hinum smærri tegundum í sædýrasöfnum sýna daglega neyslu allt frá 1-13% af líkamsþyngd (Sergeant 1969, Innes o.fl. 1987, Kastelein o.fl. 1993, 1994). Helstu

gallar þessarar aðferðar eru að erfitt er að segja til um hversu sambærileg neyslan er í dýragörðum og í náttúrunni, og réttmæti þess að yfirfæra niðurstöðurnar á stórhvelin.

2. Óvissa um meltingarhraða og áttíðni hefur verið eitt helsta vandamálið við túlkun á magni magainnihalds villtra hvala. Engar rannsóknir liggja fyrir um meltingarhraða hjá stórhvölum, en rannsóknir á smáhvelum benda til þess að meltingin sé hröð miðað við landspendýr (Sergeant 1962, Ray 1966, Tomilin 1967, Ridgway 1972, Kastelein o.fl. 1993, 1994). Í eldri rannsóknum er sjaldnast getið um magn magainnihalds stórhvala nema í óvenjulegum tilfellum, t.d. til að sýna fram á hámarksmagafylli, sem mælst hefur allt að 800-900 kg hjá langreyði (Nemoto 1959, Kawamura 1970).

3. Þriðja aðferðin byggir á þekkingu í lífeðlisfræði (orkubúskap) landspendýra til útreikninga á orkuþörf sæspendýra. Almenn hefur verið talið að sæspendýr hafi að öðru jöfnu hraðari efnaskipti en landspendýr, aðallega vegna hitataps í köldum sjónum (Scholander 1940, Ridgway 1972, Wahrenbrock o.fl. 1974, Kanwisher og Ridgeway 1983). Nýlegar rannsóknir eru þó ekki einróma um þetta (Lavigne o.fl. 1986, Innes o.fl. 1987, Kasting o.fl. 1989) enda torvelda stærð og lífnaðarhættir sæspendýra allar staðlaðar lífeðlisfræðitilraunir.

Allar hafa aðferðirnar því tiltölulega stóra óvissuþætti. Flestar tilraunir til að meta afrán hvalastofna byggja á einhvers konar lífeðlisfræðilegum forsendum sem í flestum tilfellum grundvallast á rannsókum á meira eða minna fjarskyldum tegundum, þótt nokkrar framfarir hafi orðið á þessu sviði á síðustu árum (Folkow og Blix 1992). Einn mikilvægur þáttur í orkubúskap reyðarhvala er orkusöfnun að sumarlagi. Fyrri rannsóknir benda til að reyðarhvalir safni miklum orkuforða yfir sumarið (Slijper 1948, Lockyer 1981, 1987a, Gísli A. Víkingsson 1990, 1993), jafnvel svo að dýrin nærast lítið sem ekkert yfir vetrartímam. Fáar tilraunir hafa þó verið gerðar til að leggja tölulegt mat á orkusöfnunina (Lockyer 1987a, 1987b, Nordøy o. fl. 1995, Gísli A. Víkingsson 1995).

Hér verður greint frá niðurstöðum rannsókna sem miða að því að áætla neyslu langreyðar við Ísland og varpa um leið ljósi á tvo þætti í orkubúskap tegundarinnar sem mikil óvissa hefur ríkt um, magn orkuforða og meltingarhraða. Beitt er tveim, innbyrðis óháðum aðferðum til að meta neysluna:

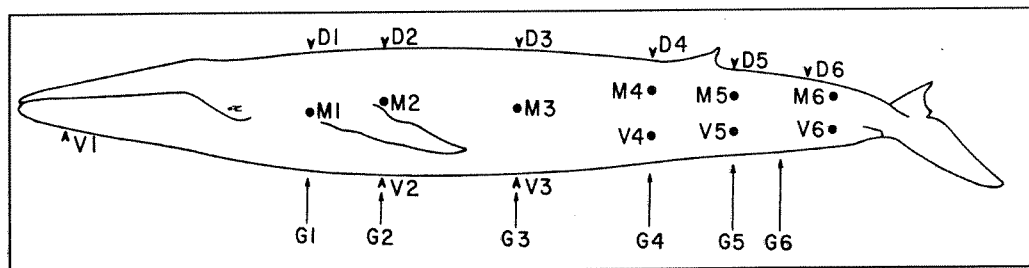
- I. Mælingar á magni orkuforða yfir sumarið.
- II. Athuganir á innihaldi meltingarvegarins.

Aðferðir og efniviður.

Rannsóknir þessar voru hluti átaks Hafrannsóknastofnunarinnar um eflingu hvalrannsókna og fór gagnasöfnun fram í hvalstöðinni í Hvalfirði, aðallega á árunum 1986-1989, en einnig voru notuð eldri gögn um magainnihald. Dýrunum var landað 12-39 klst eftir dauða (oftast 20-25 klst) og fór sýnataka fram samhliða hvalskurðinum. Lagt var mat á orkuforðann með eftirtöldum aðferðum:

Spikþykkt var mæld á 18 stöðum á skrokknum og ummál á 6 stöðum (1. mynd) á öllum dýrum. Heildarþyngd ásamt þyngd einstakra líffæra og vefja var fengin með vigtun 73ja langreyða í hlutum.

1. mynd. Mælingastaðir ummáls (G) og spikþykktar (D, M og V) sem notaðir voru í rannsókninni.



Orkuinnihald vefja var reiknað út frá mælingum á lípíð- og próteininnihaldi þeirra vefja og líffæra sem talin voru mikilvæg í tengslum við orkusöfnun (Lockyer o.fl. 1985).

Nánari lýsingar á þessum aðferðum er að finna í eldri ritgerðum (Gísli A. Víkingsson 1990, 1993, 1995, Gísli A. Víkingsson o.fl. 1988).

Athuganir á magainnihaldi langreyða við Ísland hófust árið 1967 og var fram haldið með hléum til 1983 er regluleg skráning á magainnihaldi allra hvala var tekin upp. Lengst af voru þessar athuganir bundnar við tegundagreiningu á hlutsýni magainnihaldsins, ásamt grófu sjónmati á fæðumagni í fremsta magahólfi, frammaganum (þ.e. tómur, snefill, 1/4, 1/2, 3/4, fullur). Þessum athugunum var fram haldið með tilkomu rannsóknáætlunarinnar 1986, auk þess sem bætt var við sams konar mati á aftari hlutum meltingarvegarins. Til að umreikna niðurstöður sjónmatsins yfir í þyngd voru notaðar þrjár aðferðir (Gísli A. Víkingsson 1997):

- a) Innihald 34 maga var vegið eftir sjónmat og reiknuð út meðalþyngd hvers sjónmatsstigs.
- b) Heillegir magar voru fylltir vatni og rúmmál þess síðan mælt.
- c) Gerð var aðhvarfsgreining á sambandinu milli lengdar og hámarksmagafylli hjá reyðarhvalaættinni (*Balaenopteridae*) út frá eigin gögnum ásamt tiltækum erlendum gögnum. Þar sem aðferðir b) og c) gáfu svipaðar niðurstöður um hámarksmagafylli meðalstórrar langreyðar, voru einungis aðferðir a) og c) notaðar við áframhaldandi útreikninga.

Hlutsýni úr magainnihaldi var tegundagreint og ferskleiki fæðuleifa metinn eftir ákveðnu kerfi með 6 meltingarstigum (Gísli A. Víkingsson 1997).

Kynþroski og æxlunarstig langreyða voru metin með hefðbundnum athugunum á æxlunarfærum (Lockyer og Jóhann Sigurjónsson 1991).

Niðurstöður

Orkuforði

Á rannsóknartímabilinu 1986-1989 voru veiddar alls 292 langreyðar og nam árleg veiði 76, 80, 68 og 68 dýrum. Orkubúskapur langreyða er nátengdur æxlunarstigi (Lockyer o.fl. 1985, Gísli A. Víkingsson 1990, 1993). Einkum skera sig úr kelfdar kýr, sem virðast safna mun meiri orkuforða en dýr á öðrum æxlunarstigum. Einnig hafa miklar sveiflur milli ára verið greindar í ástandi dýranna (Lockyer 1986, Gísli A. Víkingsson 1990, Jóhann Sigurjónsson 1992), og er því ekki raunhæft að slá saman gögnum frá mismunandi árum í tölfraðilegri meðhöndlun. Vegna lítilla kvóta voru vertíðirnar styttri en í hefðbundnum veiðum, en einungis vertíðin 1986 var nógu löng til athugana á árstíðabreytingum. Það ár fannst marktæk aukning yfir sumarið í spikþykkt og ummáli (Gísli A. Víkingsson 1990) í samræmi við eldri athuganir (Lockyer 1987a). Vigtanir hvala voru þó ekki nægilega margar til unnt væri að reikna þyngdaraukningu beint út frá þeim þegar dýrum hefur verið skipt niður eftir æxlunarstigi og veiðiári. Vigtanirnar má hins vegar nota til útreikninga á sambandi þyngdar og þeirra orkuvísitalna sem mældar voru á öllum dýrum (spikþykktar og ummáls), og reikna síðan þyngdina út frá þeim mælingum.

2. mynd sýnir samband lengdar og þyngdar langreyðar ásamt hlutfallslegri þyngd helstu vefjaflokka. Þessu sambandi má lýsa með eftirfarandi jöfnu:

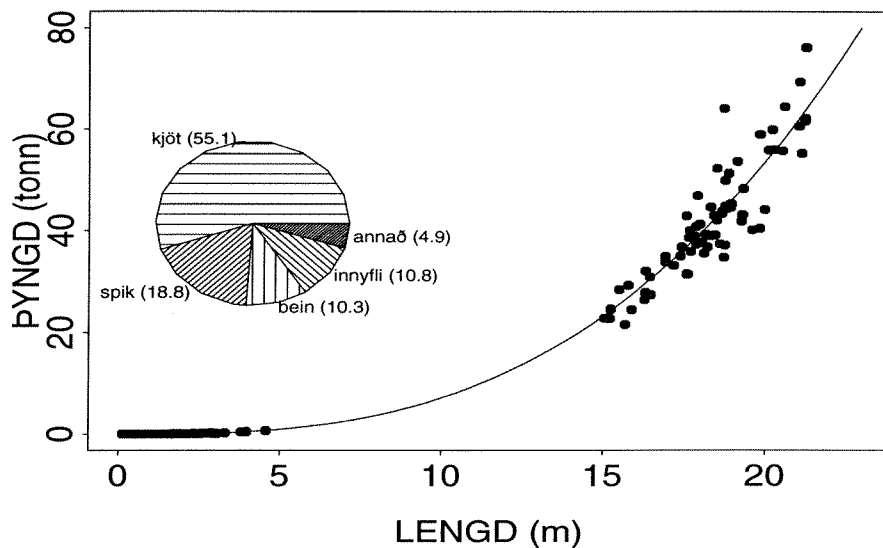
$$P = 0.00846 L^{2.908} \quad (1)$$

þar sem P = þyngd í tonnum og L = lengd í metrum.

Nákvæmari útreikningar á þyngd fást með því að bæta ummáli inn í aðhvarfsgreininguna:

$$P = 0.0306 L^{1.80} G^{1.162} \quad F(2,68) = 520.1, p = 0.000 \quad (2)$$

þar sem G er ummál (m) framan við horn hvalsins (G_4 á 1. mynd).



2. mynd. Samband lengdar og þyngdar langreyðar ásamt skiptingu í helstu vefjaflokka (hundraðshlutar í svigum). Þyngdir eru leiðréttar fyrir áætluðu vökvatapi, nema hvað varðar fóstur (<5m) sem voru vigtuð í heilu lagi.

Hlutfallslegur gildleiki hvalanna jókst yfir sumarið samkvæmt eftirfarandi jöfnum:

$$\text{Kelfdar kýr} : U = 26.79 + 0.047 D \quad F(1,20)=15.35, p=0.001 \quad (3)$$

$$\text{Önnur æxlunarstig} : U = 25.88 + 0.027 D \quad F(1,46)=11.20, p=0.002 \quad (4),$$

þar sem U er hlutfallslegur gildleiki í% af lengd og D er fjöldi daga frá 16. júní.

Með því að fella jöfnu (2) inn í jöfnur (3) og (4) má reikna út þyngdaraukningu meðalstórra einstaklinga á hverju æxlunarstigi yfir sumarið (1. júní - 1. október) (3. Mynd A). Kelfdar kýr þyngjast mest, eða um 26% en dýr á öðrum æxlunarstigum þyngjast kringum 15% á þessu fjögurra mánaða tímabili.

Fyrri rannsóknir benda til að orkuforði safnist einkum fyrir í spiki, vöðvum og s.k. innfitu (mör í brjóst- og kviðarholi) (Lockyer o.fl. 1985, Gísli A. Víkingsson 1990). Spikþykkt eykst samkvæmt eftirfarandi jöfnum:

$$\text{Kelfdar kýr} : Bt = 2.65 + 0.0162 D \quad F(1,22)=10.09, p=0.004 \quad (5)$$

$$\text{Önnur æxlunarstig} : Bt = 2.31 + 0.0074 D \quad F(1,47)=10.45, p=0.002 \quad (6),$$

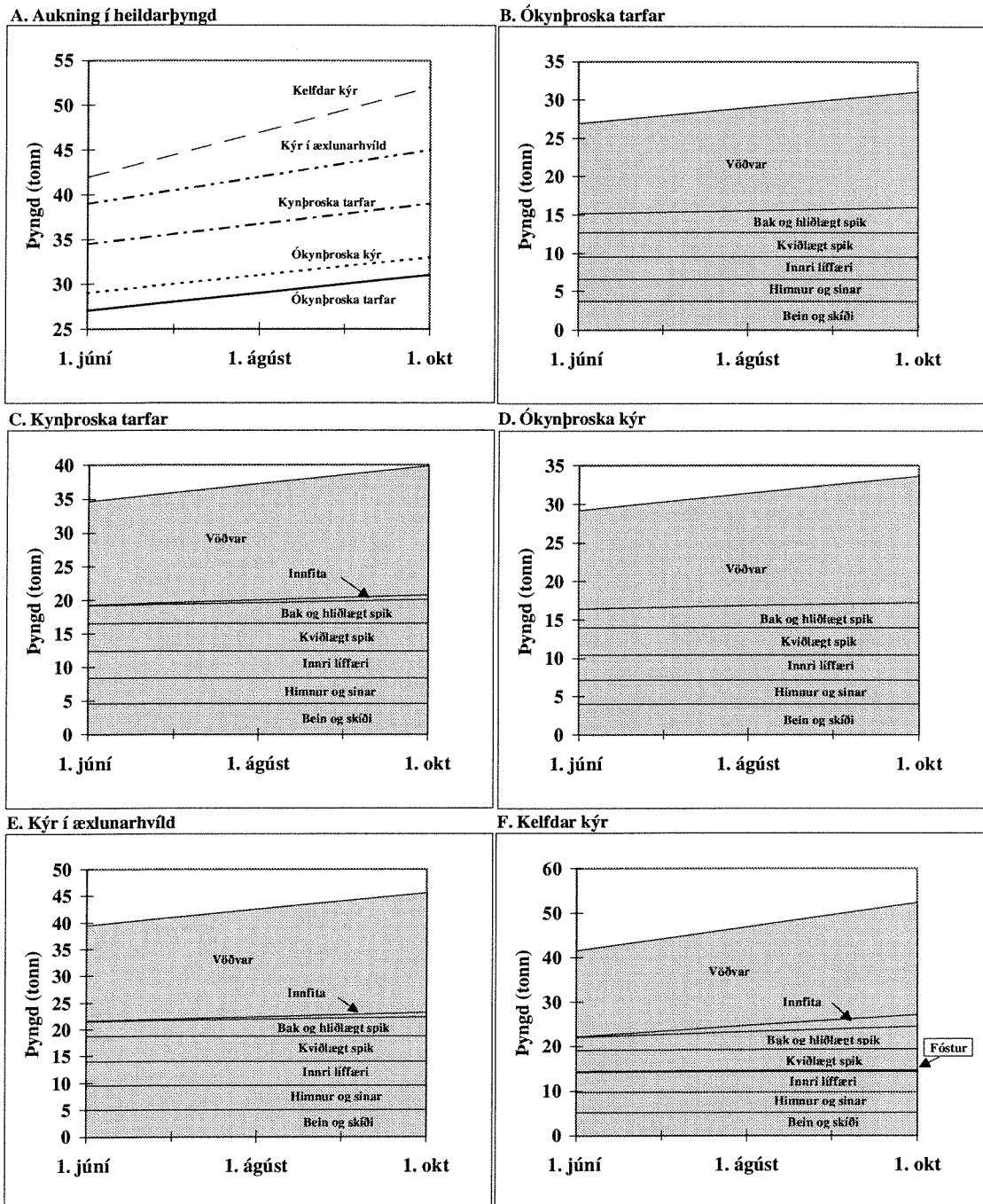
þar sem Bt er spikþykkt (meðaltal mælingastaða M3, M4 og M5 á 1. mynd í % af lengd). Spikþykktaraukningin er einkum baklægt á aftari hluta líkamans (Lockyer o.fl. 1985, Gísli A. Víkingsson 1990) en ofangreinda spikþykktarvísitölu má umreikna í spikþyngd samkvæmt eftirfarandi jöfnu:

$$Bw = 406.275 + 54.097 Btm \quad F(1,70)=167.7, p=0.000 \quad (7),$$

þar sem Bw er þyngd bakspiks á aftari hluta líkamans, og Btm er spikþykkt í mm.

Þrátt fyrir lítið úrtak greindist marktæk aukning yfir sumarið í þyngd innfitu hjá kynþroska dýrum af báðum kynjum (línuleg aðhvarfsgreining : $p < 0.05$). Þyngd innfitu jókst mest hjá kelfdum kúm, 0.0413% af líkamspýngd/dag samanborið við 0.012% hjá öðrum kynþroska dýrum.

Á 3. mynd B-F sést hvernig þyngdaraukningin skiptist niður á megin vefjagerðir hjá langreyðum á mismunandi æxlunarstigum. Gert er ráð fyrir að sá hluti heildarþyngdaraukningar (3. mynd A) sem ekki felst í spiki eða innfitu komi fram í kjöti, en fyrri rannsóknir hafa sýnt fram á mikilvægi vöðva sem orkuforðabúrs (Lockyer o.fl. 1985, Gísli A. Víkingsson 1990). Samkvæmt þessum útreikningum eykst vöðvamassi dýra á öllum æxlunarstigum á bilinu 25-30% yfir sumarið. Kelfdar kýr safna mun meiri orkuforða í spiklag og innfitu en önnur dýr.



3. mynd. Reiknuð þyngdaraukning langreyða á mismunandi æxlunarstigum yfir sumarið (júní-septemberloka) 1986. A: Heildarþyngdaraukning. B-F: Aukning í þyngd á mismunandi æxlunarstigum.

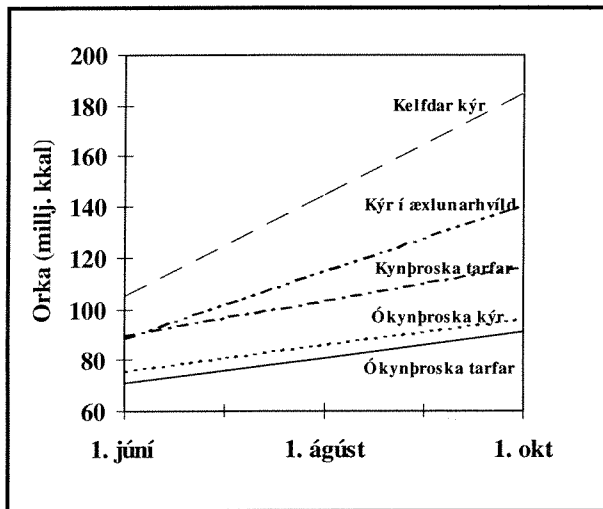
Niðurstöður efnagreininga á vefjum sýndu marktæka aukningu í orkuinnihaldi baklægra vöðva hjá báðum flokkum kynþroska kvendýra en ekki hjá törfum og ókynþroska kúm:

$$\text{Kelfdar kúr : } E = 2.93 + 0.0155 D \quad F(1,20)=7.21, p=0.021 \quad (8)$$

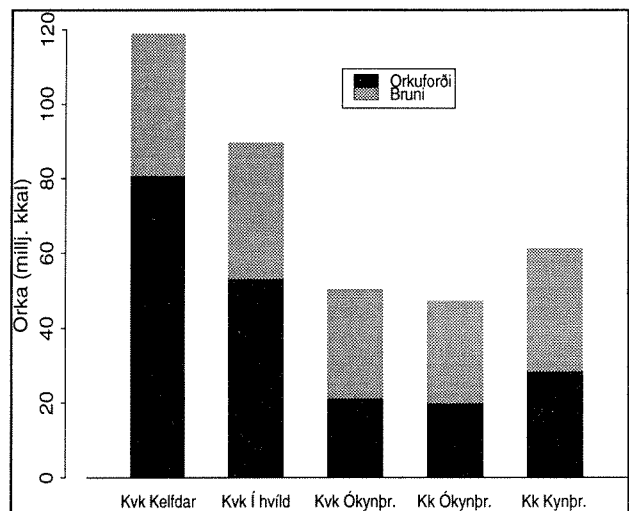
$$\text{Kúr í æxlunarhvíld : } E = 1.95 + 0.0205 D \quad F(1,8)=7.43, p=0.026 \quad (9),$$

þar sem E er orkuinnihald (kkal/g) og D dagur sbr. fyrri jöfnur.

EKKI fannst marktæk breyting á orkuinnihaldi spiks. Ýmis gögn benda til aukningar á orkuinnihaldi beina yfir sumarið, og er hér gert ráð fyrir aukningu úr 2.19 kkal/g í 4.06 kkal/g (Gísli A. Víkingsson 1995).



4. mynd. Reiknuð aukning í orkuinnihaldi langreyðarskrokka á mismunandi æxlunarstigum yfir sumarið.



5. mynd. Heildarorkuþörf langreyða á mismunandi æxlunarstigum yfir sumarið og skipting orkunnar í viðhaldsorku (bruna) og orkuforða.

4. mynd sýnir breytingar á heildarorkuinnihaldi langreyða á mismunandi æxlunarstigum yfir sumarið samkvæmt útreikningum á þyngd mismunandi vefja (3. mynd) og orkuinnihaldi þeirra í upphafi og við lok vertíðar. Hér kemur sérstaða kelfdra kúa enn betur í ljós þar sem meðalstór skrokkur inniheldur að jafnaði um 80% meiri orku að hausti en vori. Samsvarandi aukning er um 30% hjá ókynþroska langreyðum (4. mynd).

Auk þeirrar orku sem bundin er í vefjum sem orkuforði yfir sumarið þurfa dýrin að brenna orku til viðhalds líkamans. Á 5. mynd hefur viðhaldsorku verið bætt við orkuforðann til að gefa mynd af heildarorkunotkun langreyða yfir sumarið eftir æxlunarstigum. Viðhaldsorkan var reiknuð út frá Kleibers jöfnu (Kleiber 1975) um efnaskipti spendýra í hvíld og gert ráð fyrir virknisstuðlinum 1.45 (Markussen o.fl. 1992). Á myndinni sést vel hin mikla orkuþörf kynþroska kvendýra, og hlutfallslegt mikilvægi orkuforðans fyrir kelfdar kúr.

1. tafla sýnir niðurstöður einfaldra útreikninga á þeirri neyslu sem þarf til að standa undir ofangreindri orkuþörf langreyða á mismunandi æxlunarstigum samkvæmt eftirfarandi forsendum: Langreyðar við Ísland éta eingöngu ljósátu (Jóhann Sigurjónsson og Gísli A. Víkingsson 1995) sem hefur orkuinnihaldið 0.93 kkal/g (Lockyer 1987a), og fæðunýtingarstuðullinn er 80% (Lockyer 1981). Samkvæmt þessum útreikningum éta langreyðar allt frá um 500 til 1,300 kg/sólarhring eftir æxlunarstigum, sem svarar til 1.8-2.8% af heildarþyngd dýranna.

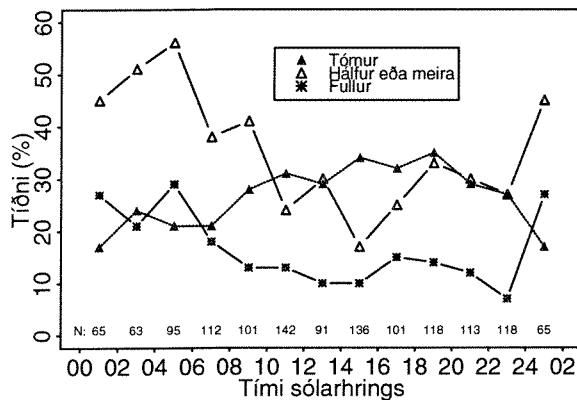
1. tafla. Orkunotkun og afrán langreyðar við Ísland samkvæmt útreikningum á forðasöfnun yfir sumarið. Orkunotkun (í millj. kkal) og neysla á ljósáttu (tonn) er miðuð við fjögurra mánaða tímabil en í hinum hluta töflunnar er átt við daglega neyslu.

	Kýr			Tarfur	
	Kelfdar	Ókynþroska	Í hvíld	Ókynþroska	Kynþroska
Orkunotkun	119	50	90	47	61
Neysla á ljósáttu	159,9	67,5	121,0	63,2	82,0
Kg/dag	1311	553	992	518	672
% af líkamsþyngd	2,80	1,80	2,32	1,79	1,82

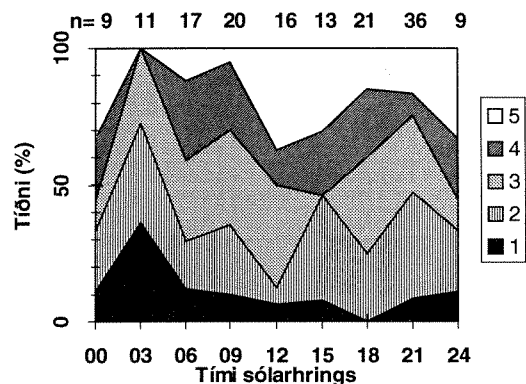
Athuganir á magainnihaldi

6. mynd sýnir magn innihalds frammagans eftir tíma sólarhringsins. Greinileg dægursveifla kemur fram á myndinni. Mest er magainnihaldið á tímabilinu 00-06 og virðist vera aukning innan þess tímabils. Eftir það fækkar mögum með umtalsverðum fæðuleifum en tíðni tómrar maga eykst að sama skapi og nær hámarki yfir hádaginn (kl. 12-16). Magafylli virðist aukast lítillega síðdegis en minnkar svo aftur áður en fyrrgreindu nætur/morgun hámarki er náð (6. mynd).

Athugun á meltingarstigi fæðuleifa úr frammaga gefur svipaða mynd af dægursveiflum í áti langreyða (7. mynd). Tíðni tiltölulegra ómeltrar átu er hæst snemma á morgnana (kl. 03-06) en mest er fæðan melt á tímabilinu 12-18 og aftur 00-03.

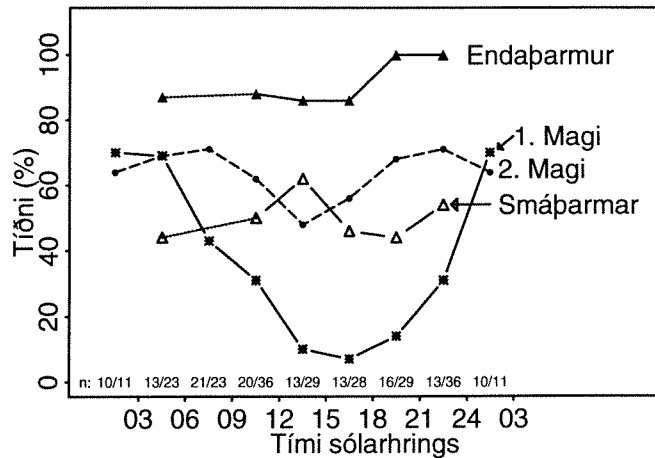


6. mynd. Dægursveifla í innihaldi frammaga langreyða samkvæmt sjónmati. Sýnd er tíðni magafyllistiga á 2ja klst. tímabilum. n=fjöldi sýna.



7. Mynd. Dægursveifla í hlutfallslegum ferskleika átu í frammaga langreyðar. Meltingarstig 1-5 eru mælikvarði á ferskleika fæðunnar, 1=lítið melt, 5=mikið melt. Myndin sýnir tíðni meltingarstiga á 3ja klst. tímabilum.

Á 8. mynd er magafylli í frammaga sýnd í samanburði við magn fæðuleifa aftar í meltingarveginum. Þótt tiltölulega fáar athuganir liggi að baki þess síðarnefnda gefa niðurstöðurnar ákveðnar vísbendingar um meltingarhraða. Þannig virðist hámarkið kl. 00-06 í fremsta magahólfi svara til hámarks kl. 03-09 í 2. magahólfi, sem aftur kemur fram kl. 12-15 í



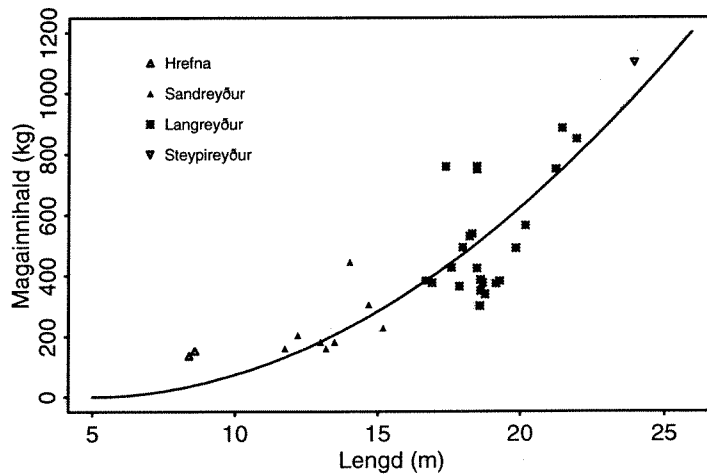
8. mynd. Hlutfallslegt magn fæðuleifa í mismunandi hlutum meltingarvegarins eftir tíma sólarhringsins. 1. magi: Tíðni frammaga sem eru hálffullir eða meira; 2. magi: Tíðni 2. magahólfs með einhverjum fæðuleifum; Smáparmar: Tíðni smáparma sem eru a.m.k. hálffullir; Endaparmur: Tíðni endaparma þar sem einhverjar fæðuleifar fundust. n=lágmarks-/hámarks- sýnafjöldi.

smáþörmum og e.t.v. kl 18-21 í endaparmi. Samkvæmt þessu tekur það fæðuna að meðaltali 3-6 klst. að færast úr fremsta magahólfi í það næsta, og 15-18 klst. að enda meltingarvegarinn.

Til að gera sér grein fyrir rúmtaki frammagans, og þar með hámarksstærð máltíða, var gerð athugun á sambandi lengdar reyðarhvala og þyngdar magainnihalds er maginn var álitinn fullur (9. mynd). Notast var við eigin gögn ásamt öðrum tiltækum birtum gögnum. Línuleg aðhvarfsgreining (á lógariþmískum gögnum) gaf eftirfarandi samband milli lengdar (L í m) og hámarks magafylli (S í kg):

$$S = 1.597 L^{1.949} \quad (10)$$

$$F(1,32)=79.56; SEest=0.3024, p=0.0000$$



9. mynd. Hámarks magafylli hvala af ættkvíslinni *Balaenoptera* út frá vigtunum á innihaldi "fullra maga" úr þessari, og eldri rannsóknum (Nishimoto o.fl. 1952, Nemoto 1959, Klumov 1963, Brown 1968, Kawamura 1974, Oshumi 1979, Bushuev 1986).

2. tafla. Þyngd (kg) innihalds maga sem áður höfðu verið metnir til fyllingarstigs skv. sjónmati. Einnig er sýnd útreiknuð þyngd innihalds skv. jöfnu (10) fyrir meðalstóra langreyði (18.6m).					
Sjónmat		n	Magainnihald (kg)		Útreiknað
			Meðaltal	Spönn	
Snefill		7	32,9	0,15-50	
¼		10	77,4	52-100,7	119
½		12	204,4	113-317,2	238
¾		3	342,2	282,6-375,5	357
Fullur		2	562,3	364,8-759,8	476

2. tafla sýnir meðalþyngdir innihalds maga sem áður höfðu verið metnir skv. sjónmati á magafylli. Einnig er sýnd útreiknuð þyngd skv. jöfnu (10) fyrir meðalstóra langreyði (18.6m). Þótt úttaksstærðin sé lítil ber þessum tveim aðferðum bærilega saman í heild, þótt frávik séu nokkur á einstökum magafyllistigum.

Samkvæmt 8. mynd tæmist frammaginn á 3-6 klst að jafnaði. Með því að setja niðurstöður vigtana á magainnihaldi (2. tafla) inn fyrir sjónmat á magafylli, má reikna meðalþyngd magainnihalds á tilteknu tímabili. 3. tafla sýnir niðurstöður slíkra útreikninga fyrir hvert 3ja og 6 klst. tímabil sólarhringsins, en samlagning þessara tímabila ætti að gefa hugmynd um heildarneyslu yfir sólarhringinn. Samkvæmt þessum útreikningum er dagleg neysla langreyðar 677 eða 1,356 kg eftir því hvort gengið er út frá sex, eða þriggja tíma meðalviðdvöl fæðunnar í frammaganum. Mjög svipuð niðurstaða fæst ef þyngd magainnihalds er reiknuð samkvæmt jöfnu (10) (3. tafla).

3. tafla. Meðal magainnihald langreyða á mismunandi tímum sólarhrings. Gildin eru reiknuð út frá meðalþyngdum fæðuleifa í hverju magafyllistigi (WT1) eða út frá jöfnu (10) (WT2). A: Heildarneysla er reiknuð út frá 3ja klst. meðalviðdvöl fæðu í frammaga. B: Heildarneyslan er reiknuð út frá 6 klst. Meðalviðdvöl fæðu í frammaga.			
A.			
Tími	n	Meðalmagainnihald	
		WT1	WT2
0-3	95	238	228,5
3-6	128	234,3	227,8
6-9	163	180,6	181,0
9-12	192	151,3	156,7
12-15	156	125,1	130,5
15-18	172	132,6	135,7
18-21	170	154,8	155,7
21-24	179	140,0	145,8
Neysla (kg/sólarhring):	1255	1356,7	1361,7
B.			
0-6	223	235,7	227,9
6-12	355	164,9	167,9
12-18	328	128,9	133,2
18-24	349	147,6	152,4
Neysla (kg/sólarhring):	1255	677,1	681,4

Umraeda

Baðar aðferðirnar sem hér eru notaðar við mat á neyslu langreyðar byggja á ýmsum forsendum sem erfitt er að sannreyna. Einkum á það við um útreikningana á orkuþörf til viðhalds og vaxtar. Hugsanlega er sá þáttur vanmetinn hér, þar sem miðað er við óbreytta formúlu fyrir landspendýr, þrátt fyrir vísbendingar um hærri efnaskiptahraða sæspendýra. Auk þess er ekki gert ráð fyrir orkunotkun til vaxtar og meðgöngu á tímabilinu, en fyrrnefndi þátturinn er mikilvægur hluti orkubúskapar yngstu aldurshópa hjá hrefnu (*Balaenoptera acutorostrata*) (Markussen o.fl. 1992). Þessir þættir verða teknir með í útreikninga á heildarafráni langreyðarstofnsins hér við land út frá aldursamsetningu stofnsins.

Þótt lengi hafi það verið þekkt að skíðishvalir safni orkuforða að sumarlagi (Mackintosh og Wheeler 1929, Slijper 1948) hafa fáar tilraunir verið gerðar til að leggja mat á magn orkuforðans (Lockyer 1987a, 1987b, Nordøy o.fl. 1995, Gísli A. Víkingsson 1995). Vigtanir á stóhvelum í hlutum eru mjög tímafreakar og krefjast mikils vinnuafis, enda eru gögnin að baki þessari rannsókn hin lang umfangsmestu í heimi fyrir svo stóra dýrategund. Æskilegt væri þó að afla meiri gagna um ástand langreyða snemma á vorin og seint á haustin. Niðurstöður rannsókna sýna að unnt er að reikna heildarþyngd langreyða svo og þyngd spiks með meiri nákvæmni en áður (Lockyer 1976, Lockyer og Waters 1986) út frá einföldum mælingum á lengd, ummáli og spikþykkt. Í þessari athugun er gert ráð fyrir að aukningin á heildarþyngd komi einungis fram í spiki, innfitu og vöðvum. Þyngdaraukning í vöðvum er e.t.v. lítillaga ofmetin á kostnað hugsanlegrar aukningar í þyngd lifrar eða annarra innri líffæra, sem ekki var unnt að greina vegna gagnafæðar.

Hinn mikli munur sem fram kemur í söfnun orkuforða eftir æxlunarstigi er í samræmi við eldri athuganir (Lockyer o.fl. 1985, Lockyer 1987a, 1987b, Gísli A. Víkingsson 1990, 1993). Söfnun orkuforða yfir sumarið virðist þannig sérstaklega mikilvæg kelfdum kúum, og hefur verið sýnt fram á tengsl milli fæðuframboðs, orkuforða og þungunartíðni í langreyðarstofninum hér við land (Lockyer 1986, Gísli A. Víkingsson 1990, Jóhann Sigurjónsson 1992). Aukning sú sem hér mælist í heildarþyngd kelfdra kúa yfir sumarið (26%) er heldur minni en mældist í eldri athugun sem byggðist á gögnum frá 1984 (34%) (Lockyer 1987b). Þessi munur gæti tengst miklum sveiflum sem virðast vera milli ára í fæðuframboði og orkuforða langreyða hér við land (Lockyer 1986, Gísli A. Víkingsson 1990, Jóhann Sigurjónsson 1992). Orkuinnihald vefja eykst hins vegar meira samkvæmt þessari rannsókn og heildarforðasöfnun kelfdra kúa því svipuð í báðum athugunum (Lockyer 1987a, Gísli A. Víkingsson 1995). Þrátt fyrir að rannsóknir þessar sýni fram á u.þ.b. tvöföldun á orkuinnihaldi í vöðva og fituvef frá vori til hausts virðist þessi orkuforði ekki duga til viðhalds líkamsstarfsseminnar hina 8 mánuði ársins. Þannig fullnægir forðinn allt frá 35% af orkuþörf yfir veturinn hjá ókynþroska dýrum til 73% af orkuþörfinni hjá kynþroska kúum í æxlunarhvíld ef gert er ráð fyrir sömu orkunotkun yfir veturinn. Ef hins vegar hægir á efnaskiptunum með minnkandi neyslu, eins og hjá selum (Nordøy o.fl. 1990, Markussen o.fl. 1992) er vetrarneyslan enn minni en ofangreindar tölur sýna. Þyngdaraukning yfir sumarið virðist hlutfallslega talsvert minni hjá hrefnu við Noreg (Nordøy o.fl. 1995) en hjá langreyði samkvæmt þessum rannsóknum.

Dægursveiflur í áti skíðishvala hafa komið fram í mörgum eldri rannsóknum (Nemoto 1957, 1959, Kawamura 1970, 1974, Oshumi 1979, Bushuev 1986), en talsverður breytileiki virðist þó vera eftir svæði, árstíma og fæðutegund. Í flestum þessara rannsókna hefur komið fram hámark í magafylli síðla nætur/árla morguns, og stundum virðist einnig vera aukning í áti síðdegis. Þessar dægursveiflur tengjast líklega lóðréttum hreyfingum helstu tegunda bráðar t.d. ljósátu (Mauchline 1980). Athuganir á köfunarhegðun radíómerktrar langreyðar hér við land sýndu hærri tíðni langvarandi köfunar síðdegis og snemma morguns en yfir blánóttina þegar dýrið virtist halda sig meira við yfirborðið (Watkins o.fl. 1984). Þetta gæti bent til að hvalirnir kafi dýpra til móts við átuna síðdegis og snemma morguns en éti með mestum árangri nálægt yfirborðinu yfir nóttina.

Stærsti óvissuþátturinn í útreikningum á daglegri neyslu út frá magafylli er flutningshraði fæðuleifa úr fremsta í næstfremsta magahólf. Tilraunir hafa sýnt hraða meltingu hjá smáhvölum, og virðist fæðan fara gegnum allt kerfið (4 magahólf auk þarma) á 3-4 tímum (Sergeant 1962, Ridgway 1972, Kastelein o.fl. 1993, 1994) þótt einhverjar leifar hafi fundist í þörmum eftir allt að 14 tíma svelt (Tomilin 1967). Á 8. mynd sést að tíðni tómrá frammaga byrjar að aukast um 3 klst. eftir skýra lækun í tíðni frammaga sem voru a.m.k. hálffullir. Á sama tíma eykst innihald smáþarma og nær hámarki u.þ.b. 9 klst. eftir hámark í frammaga. Þannig virðist sem meltingin í langreyði sé heldur hægari en í smáhvölunum, en af þeim tveim valkostum sem gefnir eru í töflu 3 eru 3 klst. mun líklegri hraði gegnumstreymis fæðu um frammaga, og þar af leiðandi meðalneysla á ljósáttu í júní-júlí 1,357 kg/sólarhring.

Aðferðirnar tvær sem hér hefur verið beitt við mat á neyslu langreyðar eru ekki sambærilegar beint þar sem mjög mismunandi niðurstöður fást um neyslu dýra á mismunandi æxlunarstigum skv. athugun á orkuforða, en vegna smæðar úrtaks var ekki unnt að flokka magagreininguna eftir æxlunarstigum. Vegin meðalneysla allra dýra, út frá gögnum um samsetningu aflans 1986-1988 (Gísli A. Víkingsson 1990) er um 870 kg/sólarhring samkvæmt mælingum á orkuforða. Þetta er nokkru lægri tala en fæst með magagreiningu og gætu skýringar á því verið ýmsar: Ekki var gert ráð fyrir hærri grunn efnaskiptahraða en hjá landspendýrum, en um það eru deildar meiningar (Lavigne o.fl. 1986, Kasting o.fl. 1989). Neysla ókynþroska dýra og kelfdra kúa skv. orkuforða er líklega talsvert vanmetin þar sem ekki er gert ráð fyrir orku til vaxtar eða meðgöngu í útreikningunum. Söfnun orkuforða gæti verið vanmetin ef aðrir vefir en þeir sem mældir voru aukast að orkuinnihaldi. Einnig skortir gögn um ástand dýranna snemma að vori og seint að hausti til að sannreyna hvort hraði forðasöfnunar fylgi línulegu ferli allt tímabilið eins og hér er gengið út frá. Neyslan samkvæmt magagreiningu gæti verið ofmetin ef meðalhraði fæðunnar gegnum frammagann er minni en hér er gert ráð fyrir. Auknar athuganir á aftari hluta meltingarvegarins gætu varpað skýrara ljósi á meltingarhraðann.

Skortur á gögnum um söfnun orkuforða hefur verið einn helsti óvissuþátturinn í lífeðlisfræðilegum útreikningum á afráni skíðishvala að sumarlagi (Lockyer 1987a, Armstrong and Siegfried 1991, Markussen o.fl. 1992, Nordøy o.fl. 1995). Mat það á orkuforða sem hér er sett fram mun verða notað til að meta heildarafrán langreyðarstofnsins hér við land. Í slíku mati þarf að taka tillit til samsetningar stofnsins varðandi aldur og æxlunarstig svo unnt sé að reikna orkuþörf vegna vaxtar og viðkomu.

Þakkarorð

Höfundur vill þakka eftirtöldum núverandi eða fyrrverandi starfsmönnum á Hafrannsóknastofnuninni framlag þeirra við sýnatöku og mælingar: Oddur Ingólfsson, Sveinn Bragason, Magnús Ástvaldsson, Hugrún Gunnarsdóttir, Atli Konráðsson, Árni Alfredsson og Sverrir D. Halldórsson. Sigurði Gunnarssyni og Droplaugu Ólafsdóttur er þökkuð vinna við gerð mynda. Þá á Christina Lockyer sérstakar þakkir skyldar fyrir aðgang að óbirtum mælingum, auk þess sem hún og Jóhann Sigurjónsson gáfu gagnlegar ábendingar á fyrri stigum þessara rannsókna.

Heimildir

- Armstrong, A.J., W.R. Siegfried, 1991. Consumption of Antarctic krill by minke whales. *Antarctic Science* 3(1): 13-18.
- Brown, S.G., 1968. Feeding of sei whales at South Georgia. *Norsk Hvalfa* 6: 118-125
- Bushuev, S.G., 1986. Feeding of minke whales, *Balaenoptera acutorostrata*, in the Antarctic. *Rep. int. Whal. Commn* 36: 241-5.
- Folkow, L.P., A.S. Blix, 1992. Metabolic rates of minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in cold water. *Acta Physiol. Scand.* 145: 141-150.
- Gísli A. Víkingsson, 1990. Energetic studies on fin and sei whales caught off Iceland. *Rep. Int. Whal. Commn.* 40: 365-73.

- Gísli A. Víkingsson, 1993. Orkubúskapur langreyðar við Ísland og tengsl hans við far og æxlun. Í: Páll Hersteinsson og Guttormur Sigbjarnarson (ritstj.) Villt íslensk spendýr, Hið íslenska Náttúrufræðifélag - Landvernd; Reykjavík, 1993, 175-187.
- Gísli A. Víkingsson, 1995. Body condition of fin whales during summer off Iceland. Í: Blix, A.S., Walløe, L. og Ulltang Ø. (ritstj.): Whales, seals and man. Elsevier Science B.V. s. 361-369.
- Gísli A. Víkingsson, 1997. Feeding of fin (*Balaenoptera physalus*) whales off Iceland - diurnal and seasonal variation and possible rates. J. Northw. Atl. Sci. (Í prentun).
- Gísli A. Víkingsson, Jóhann Sigurjónsson, Þorvaldur Gunnlaugsson, 1988. On the relationship between weight, length and girth dimensions in fin and sei whales caught off Iceland. Rep. int. Whal. Commn 38: 323-326.
- Innes, S., D.M. Lavigne, W.M. Earle, K.M. Kovacs, 1987. Feeding rates of seals and whales. Journal of Animal Ecology 56: 115-30.
- Jóhann Sigurjónsson, Gísli A. Víkingsson, 1995. Estimation of food consumption by cetaceans in Icelandic and adjacent waters. Ritgerð lögð fram á NAFO/ICES ráðstefnunni "Role of marine mammals in the ecosystem", Dartmouth, Nova Scotia, Canada, 6-8 September 1995. 23 s.
- Jóhann Sigurjónsson, 1992. Recent Studies on abundance and trends in whale stocks in Icelandic and adjacent waters Royal Academy of Overseas Sciences (Brussels). 77-111 s. (1992) (Whales: Biology-Threats-Conservation 1991).
- Kanwisher, J.W., S.H. Ridgeway, 1983. The physiological ecology of whales and porpoises. Scientific American 248 (6): 110-120.
- Kastelein, R.A., J. McBain, B. Neurohr, M. Mohri, S. Saijo, I. Wakabayashi, P.R. Wiepkema, 1993. The food consumption of Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus commersonii*). Aquatic Mammals 19(2): 99-121
- Kastelein, Ford, J., E. Berghout, P.R. Wiepkema, M. Van Boxsel, 1994. Food consumption, growth and reproduction of Belugas (*Delphinapterus leucas*) in human care. Aquatic Mammals 20(2): 81-97.
- Kasting, N.W., S.A.L. Adderley, T. Safford, K.G. Hewlett, 1989. Thermoregulation in Beluga (*Delphinapterus leucas*) and Killer (*Orcinus orca*) Whales. Physiological Zoology 62(3): 687-701.
- Kawamura, A., 1970. Food of sei whales taken by Japanese whaling expeditions in the Antarctic season 1967/68. Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo 22: 127-52.
- Kawamura, A., 1974. Food and feeding ecology in the southern sei whale. Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo 26: 25-144.
- Kleiber, M., 1975. The fire of life - an introduction to animal energetics. New York: RE Krieger Publ Comp Huntington, 1975.
- Klumov, S.K., 1963. Feeding and helminth fauna of whalebone whales (*Mystacoceti*) in the main whaling grounds of the world ocean. Tr. Inst. Okeanol. 71: 94-194.
- Lavigne, D.M., S. Innes, G.A.J. Worthy, K.M. Kovacs, O.J. Scmitz, J.P. Hickie, 1986. Metabolic rates of seals and whales Can. J. Zool. Vol.64(2) 1986: 279-284.
- Lockyer, C., 1976. Body weights of some large whales. J. Cons. Int. Explor. Mer. 36: 259-273.
- Lockyer, C., 1981. Growth and energy budgets of large baleen whales from the Southern Hemisphere. FAO Fish.Ser. (5) (Mammals in the Seas) 3: 379-487.
- Lockyer, C., 1986. Body fat condition in Northeast Atlantic fin whales, *Balaenoptera physalus*, and its relationship with reproduction and food resource. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 142-7.
- Lockyer, C., 1987a. Evaluation of the role of fat reserves in relation to the ecology of North Atlantic fin and sei whales. Í: A.C. Huntley, D.P. Costa, G.A.J. Worthy and M.A. Castellini ritstj: Approaches to Marine Mammal Energetics. Society for Marine Mammalogy Special Publication no 183-203
- Lockyer, C., 1987b. The relationship between body fat, food resource and reproductive energy costs in North Atlantic fin whales. Symp.Zool.Soc.Lond. 57: 343-61.
- Lockyer, C. Jóhann Sigurjónsson, 1991: The Icelandic fin whale (*Balaenoptera physalus*): biological parameters and their trends over time. Vísindanefnd Alþjóðahvalveiðiráðsins, Reykjavík, febrúar 1991, SC/F91/F8, 81 s.
- Lockyer, C., L.C. McConnell, T.D. Waters, 1985. Body condition in terms of anatomical and biochemical assessment of body fat in North Atlantic fin and sei whales. Can. J. Zool. 63: 2328-38.
- Lockyer, C., T.D. Waters, 1986. Weights and anatomical measurements of north eastern Atlantic fin (*Balaenoptera physalus*, Linnaeus) and sei (*B. borealis*, Lesson) whales. Mar.Mammal Sci. 3(2): 169-85.
- Mackintosh, N.A., J.F.G. Wheeler, 1929. Southern blue and fin whales. Discovery Rep. 1: 259-538.
- Markussen, N.H., M. Ryg, C. Lydersen, 1992. Food consumption of the NE Atlantic minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) population estimated with a simulation model. ICES J. Mar. Sci., 49: 319-323.
- Mauchline, J., 1980. The biology of Euphausiids. Adv. Mar. Biol. 18: 371-595.
- NAMMCO, 1997. Report of the fifth meeting of the Scientific Committee. Tromsø, Norway, 10-14 March 1997. NAMMCO/7/6 105 s.
- Nemoto, T., 1957. Foods of baleen whales in the Northern Pacific. Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo 12: 33-9.
- Nemoto, T., 1959. Food of baleen whales with reference to whale movements. Sci. Rep. Whales Res. Inst., Tokyo 14: 149-290.
- Nishimoto, S., M. Tozawa, T. Kawakami, 1952. Food of sei whales (*Balaenoptera borealis*) caught in the Bonin Island waters. Rep. int. Whal. Commn 7: 79-85.

- Nordøy, E.S., O.C. Ingebretsen, A.S. Blix, 1990. Depressed metabolism and low protein catabolism in fasting grey seal pups. *Acta physiol. Scand.* 139: 361-369.
- Nordeøy, E.S., L.P. Folkow, P.E. Mårtensson, A.S. Blix, 1995. Food requirements of Northeast Atlantic minke whales. Í: Blix, A.S., Walløe, L. og Ulltang Ø. (ritstj.): *Whales, seals and man.* Elsevier Science B.V. 307-317 s.
- Ohsumi, S., 1979. Feeding habits of the minke whale in the Antarctic. *Rep. int. Whal. Commn* 29: 473-6.
- Ray, C., 1966. Round table (discussions) Í: K.S. Norris (ritstj.): *Whales, Dolphins and Porpoises* University of California Press, Los Angeles. 789 s.
- Ridgway, S.H., 1972. Homeostasis in the aquatic environment. In S.H. Ridgway (ritstj.): *Mammals of the Sea: Biology and Medicine.* Charles C. Thomas, Springfield, Illinois. 590-747 s.
- Rørvik, C.J., J. Jónsson, O.A. Mathisen, Å. Jonsgård, 1976. Fin whales, *Balaenoptera physalus* (L.), off the west coast of Iceland. Distribution, segregation by length and exploitation. *Rit Fiskideildar* 5: 1-30.
- Scholander, P.F., 1940. Experimental investigations on the respiratory function in diving mammals and birds. *Hvalrádets Skrifter* 22: 1-133.
- Sergeant, D.E., 1962. The biology of the pilot or pot-head whale *Globicephala melaena* (Traill) in Newfoundland waters. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 132: 1- 84
- Sergeant, 1969. Feeding rates of Cetacea. *Fiskeridir. Skr. (Havunders.)* 15: 246-58.
- Slijper, E.J., 1948. On the thickness of the layer of blubber in Antarctic blue and fin whales: 1, 2, and 3. *Proc. K. Ned. Akad. Wet.* 51(8-10): 1033-1316.
- Tomilin, 1967. *Mammals of the USSR and adjacent countries.* Vol. 9. Cetacea. Israel program for scientific translations 717 s.
- Wahrenbrock, E.A., G.F. Maruschak, R. Elsner, D.W. Kenney, 1974. Respiration and metabolism in two baleen whale calves. *Marine Fisheries Review* 36(4): 3-9.
- Watkins, W.A., K.M. Moore, J. Sigurjónsson, D. Wartzok, G.N. Sciara, 1984. Fin whale (*Balaenoptera physalus*) tracked by radio in the Irminger Sea. *Rit Fiskideildar* 8 (1): 1-14.

Um samspil þorsks, loðnu, rækju og skíðishvala á Íslandsmiðum

Gunnar Stefánsson, Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson

Hafrannsóknastofnunin

Ágrip

Á miðum í nágrenni Íslands eru 12 algengar tegundir hvala sem eru taldar í þúsundum einstaklinga. Hér er lýst mögulegu samspili nokkurra þessara tegunda við nytjastofna fiska. Notast er við tiltæk gögn um neyslu hvalategundanna. Könnuð eru áhrif þriggja hvalastofna. Langreyður (*Balaenoptera physalus*) étur mest allra hvalategunda á svæðinu, mest átu (*Meganyctiphanes norvegica*) en einnig fisk s.s. loðnu (*Mallotus villosus*). Hrefna (*Balaenoptera acutorostrata*) étur átu ásamt nokkru úrvali fiska svo sem loðnu og þorskfiska (t.d. þorsk, *Gadus morhua*). Þriðja tegundin er hnúfubakur (*Megaptera novaeangliae*) sem virðist éta að miklu leyti loðnu. Niðurstöður eru fengnar með því að byggja á ýmsum forsendum varðandi stofnstærð, fæðuval, mögulegar stofnbreytingar og nýtingarstefnu. Hér er notast við útvíkkun á reiknilíkani sem í var beitt til að prófa mismunandi aflareglur fyrir þorsk og var þá breytt í einfalt fjölstofnalíkan til að meta hugsanleg áhrif á loðnu- og rækjuaflla af því að leyfa þorskstofninum að stækka. Hér á eftir verður lýst einfaldri útvíkkun á þessum fyrri líkönum þar sem könnuð eru hugsanleg áhrif á stofn og afla þorsk og loðnu af mismunandi forsendum um þróun hvalastofnanna. Notast er við líkan af Pella-Tomlinson gerð til að lýsa þróun hvalastofnanna. Í fjölstofnalíkaninu er reiknað með að stofnþróun og veiðar á rækju (*Pandalus borealis*) og loðnu (sem eru mikilvæg fæða fyrir þorsk) fylgi einföldum lífmassalíkönum. Hér er því notast við heildartölur s.s. hrygningarstofn, heildarstofn, nýliðun eða álíka en ekki aldursgreint líkan eins og gert er fyrir þorsk. Niðurstöður benda til þess að bæði hrefna og langreyður geti haft mikil áhrif á ástand þorskstofnsins. Áhrifin á loðnustofninn virðast ekki eins mikilvæg (nema ef slík neysla á sér stað utan sýnatökusvæðisins, sem er vel hugsanlegt). Áhrif hvalastofnanna þriggja á þróun þorsksstofnsins og þar með þorskafla er mjög óviss en getur verið umtalsverð.

Inngangur

Á undanförunum árum hefur stöðugt aukist notkun fjölstofnalíkana þegar teknar eru ákvarðanir um nýtingu einstakra sjávardýrastofna. Má nefna að notast er við niðurstöður fjölstofnaverkefnis um náttúruleg afföll í Norðursjó (Anon., 1994), norðlæg hafsvæði hafa verið könnuð á almennan hátt (Anon., 1991) og Barentshaf hefur verið tekið fyrir sérstaklega (Bogstad o.fl., 1995), auk Íslandsmiða (Ólafur K. Pálsson og Gunnar Stefánsson 1995, Gunnar Stefánsson o.fl. 1995a-b).

Fjölstofna líkөн til notkunar við stofnmat, skoðun á lífkerfinu og mat á áhrifum nýtingarstefnu hafa verið þróuð með áherslu á þorsks-loðnu sambandið (Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson, 1989 og 1991, Anon. 1995a-d og Ólafur K. Pálsson og Gunnar Stefánsson, 1995). Síðari tíma vinna um líffræðilegan og hagfræðilegan grunn að stjórnunarreglum hefur einnig tekið tillit til samspils þorsks og rækju (Gunnar Stefánsson o.fl. 1994a-b). Slíkar athuganir bentu til þess að aflaregla fyrir þorsk sem miðaðist við að veiða 25% af veiðistofni (þ.e. lífmassa fjögurra ára og eldri), hugsanlega með tilteknum (lágum) lágmarksaflla, myndi vera vænleg til árangurs í efnahagslegu og líffræðilegu tilliti, jafnvel þótt tekið væri tillit til samdráttar í loðnu- og rækjuaflla, hugsanlegra þéttleikaáhrifa á þorskvöxt, sjálfráns þorsksins og óvissu í úttektum og spám. Sérstaklega kom í ljós yfirgnæfandi efnahagslegt mikilvægi þess að byggja upp þorskstofninn og aflann. Þessar niðurstöður leiddu til þess að slík aflaregla var samþykkt af íslenskum stjórnvöldum og tekin í notkun árið 1995.

Ofangreindar rannsóknir á aflareglum fyrir fiskistofna á Íslandsmiðum hafa ekki tekið tillit til hugsanlegra áhrifa annarra rándýra í kerfinu. Best er að gera slíkt með því að setja sem flesta slíka þætti inn í eitt líkan. Ef hvert rándýr er tekið út af fyrir sig er ekki hægt að meta heildaráhrifin á afla af bráðinni því slík spá getur farið mikið eftir því hve mikið af náttúrulegum afföllum er óútskýrt. Athuga ber sérstaklega að ef slík afgangsafröðill eru mjög mikil, þá geta líkleg áhrif rándýrsins á væntanlegan afla af eldri bráð orðið lítil, jafnvel þótt rándýrið éti umtalsvert magn hvað lífmassa varðar. Ástæðan er einfaldlega sú, að þeir einstaklingar sem sleppa frá viðkomandi rándýri verða flestir fórnarlömb annara áfalla.

Af þessum sökum er í eftirfarandi sett saman eitt líkan sem tekur neyslu hvala og þorsks á þorsk, loðnu og rækju inn í eitt heilsteyp líkan. Líkan þetta er einfalt og því auðvelt að kanna áhrif af mismunandi forsendum. Þetta kemur niður á því að ekki er unnt að taka tillit til þátta eins og sameiginlegrar útbreiðslu rándýrs og bráðar nema í gegnum matið á neyslunni. Vinnuaðferðin er alls staðar sú að taka líffræðilegt líkan sem er almennt notað fyrir viðkomandi tegund og setja það inn sem hluta af heildarlíkaninu, fremur en að reyna að smíða nýtt heildarlíkan. Þetta er nokkur fórn hvað varðar stærðfræðilega fágun sem felst í líkönum eins og MSVPA (Anon. 1995d) en leyfir í staðinn hverju stofnlíkani að innihalda stuðla sem eru almennt notaðir fyrir þá tegund.

Í eftirfarandi verða bornar saman mismunandi forsendur um hve mikið þessi efstu rándýr lífkerfisins éta af þorski, loðnu og rækju hvernig slíkt getur haft áhrif á aflapróun í gegnum stofnstærðir í fjölda eða jafnvel í gegnum meðalþyngd þorsks eftir aldri, sem er að nokkru háður framboði af loðnu.

Aðferðir

Hermilíkan er notað til að kanna áhrif af mögulegum breytileika í stofnþróun hvala, þorsks, loðnu og rækju. Aðferðin er einfaldlega sú að nota hefðbundið aldursgreint líkan fyrir þorsk og einfaldari, algeng líkön fyrir aðrar tegundir. Hverjum þætti er bætt inn á tiltölulega gagnsæjan hátt þannig að unnt er að "slökkva" á honum og kanna þannig áhrifin af viðkomandi þætti einum.

Stofnþróun

Líkönunum um þróun hvers stofns verður lýst í þeirri röð sem tegundirnar koma fyrir í fæðukeðjunni.

Þróun hvalastofna

Hrefna:

Gert er ráð fyrir að stofninn þróst samkvæmt svokölluðu Pella-Tomlinson líkani, sem lýst er t.d. af Kjartani Magnússyni og Gunnari Stefánssyni (1989). Grunnlíkanið lýsir fjölda í stofni á árinu $t+1$ með jöfnunni:

$$P_{t+1} = (P_t - C_t)S + (1 - S) \left\{ 1 + A \left[1 - \left(\frac{P_{t-T}}{K} \right)^z \right] \right\} P_{t-T},$$

þar sem stuðlarnir A , z og lífhlutfallið, $S = \exp(-M)$, stjórna stofnþróuninni ásamt kynþroskaaldrinum, T , sem hér er sett við 5 ár. en M er náttúrulegur dánarstuðull. Náttúruleg afföll, eru einfaldlega sett sem $M=0.05$ hér eftir fyrir hvalastofna, enda er það oft notað fyrir hvali. Stuðlunum A og z má lýsa út frá hlutfalli hámarksafraksturs af stofni (*maximum sustainable yield rate*, $MSYR$) og tilsvareandi stofnstærð, þ.e. stofnstærð sem gefur hámarksafrakstur sem hlutfall af mestri stofnstærð (*maximum sustainable yield level*, $MSYL$):

$$MSYL = \left(\frac{1}{z+1} \right)^{1/z},$$

og

$$MSYR = \left(\frac{1-S}{S} \right) \left(\frac{z}{z+1} \right) A.$$

Þannig ræðst stofnþróun hrefnunnar af gildum á $MSYR$ og $MSYL$. Í grunntilvikinu verður $MSYL$ sett sem 0.6 (sem er hefðbundið gildi fyrir skíðishvali, sbr. Allen, 1980) og

þarmeð $z=2.39$. MSYR verður látið taka gildið 5% í grunnkeyrslum en í slembikeyrslum verða skoðuð gildi á MSYR á bilinu 0 til 10%.

Hnúfubakur og langreyður

Líkan og stuðlar sem lýsa stofnþróun hnúfubaks og langreyðar eru nákvæmlega eins og fyrir hrefnuna, þó með öðrum gildum á stofnstærð. Til viðbótar þessu ber að athuga að til eru vísbendingar um að stofnar hnúfubaks geti stækkað um allt að 10% (Katona og Beard 1990, Mitchell 1975). Þar sem ekki hafa farið fram neinar beinar veiðar á hnúfubak í marga áratugi getur þessi stofn verið vel yfir MSYL og því ætti MSYR ekki að vera minna en þessi mælda 10% stækkun. Af þessari ástæðu er áhugavert að kanna sérstaklega áhrifin af því að reikna með MSYR=10% auk annarra möguleika.

Stofnþróun þorsksins

Gunnar Stefánsson o.fl. (1994b) litu eingöngu á þorsk sem var þriggja ára eða eldri. Í því líkani var reiknað með að nýliðun væri samkvæmt Ricker líkani, en var þó lagfært þannig að tekið var tillit til hugsanlegs sjálfráns vegna ókynþroska ungfisks. Ef á að taka tillit til afráns á smáfiski, áður en hann nýliðast inn í veiðistofn, þá þarf að útvíkka líkanið og er það gert niður í eins árs fisk (þ.e. til 1. janúar árið eftir að árgangurinn verður til).

Upphafsstofn og nýliðun

Upphafleg stofnstærð og nýliðun til og með 1994 árgangsins ákvarðast af aldursgreindum aflu og vísitölum úr rannsóknaleiðöngurum og aflu á sóknareiningu, eins og lýst er í Anon (1995b), með tilheyrandi mati á óvissu eins og lýst er í Gunnar Stefánsson o.fl. (1994b).

Náttúruleg afföll og nýliðun þorsks

Gunnar Stefánsson o.fl. (1994b) lýstu sambandi hrygningarstofni og nýliðunar með falli af gerð sem upphaflega var þróað af Pope og Woolner (1981) og er raunar mjög líkt því sem var notað af Bogstad o.fl. (1993). Sambandið er af gerðinni

$$R = \alpha S e^{-S/K} e^{-cJ},$$

þar sem R táknar þriggja ára nýliða, S táknar stærð hrygningarstofnsins og J táknar lífmassa ókynþroska þorsks sem koma til greina sem ræningjar á árganginn sem verið er að framleiða. Í reynd var J reiknað sem lífmassi tveggja ára þorsks og eldri. Í grein eftir Gunnar Stefánsson og Björn Æ. Steinarsson (1993) kom í ljós að gott samband er milli vísitalna seiða (0 ára) frá seiðaleiðangri í ágúst og niðurstaðna botnvörpukönnunar á eins árs fiski í mars árið eftir. Einnig eru tiltækar vísbendingar um að lélegt samband sé milli magns af eins árs þorski og tveggja ára þorsks árið eftir. Hins vegar er mjög gott samband milli tveggja ára vísitölnunnar og mats á fjölda þriggja ára fiska samkvæmt aldurs-aflu aðferð (Gunnar Stefánsson, 1992).

Bogstad o.fl. (1993) komust einnig að þeirri niðurstöðu að afrán virtist aðallega eiga sér stað af völdum ókynþroska fisks eftir seiðaleiðangur. Ofangreint bendir að auki til þess að þessi afföll gerist líklegast á öðru æviári þorsksins en ekki eftir það.

Þegar ofangreint er tekið saman bendir það til þess að raunhæft líkan af nýliðunarferlinu megi fá með því að reikna fjölda eins árs fiska samkvæmt jöfnunni:

$$N_1 = \alpha' S e^{-S/K},$$

og minnka þennan fjölda samkvæmt náttúrulegum afföllum vegna sjálfráns á eins árs fiski með:

$$N_2 = N_1 e^{-M_{1,1}} e^{-cJ}.$$

Hér er nýr stuðull, α' , sem er einfaldlega α eftir hækkun til þess að taka tillit til náttúrulegra affalla annarra en sjálfráns á eins og tveggja ára fiska. $M_{1,1}$ er notað til að tákna þessi náttúrulegu afföll á eins árs fiski og á sama hátt tákna $M_{2,1}$ grunnafföll á tveggja ára þorski. Báðar tölur eru settar 0.2 í grunnhermunum, eins og raunar grunnur náttúrulegra affalla á öllum eldri árgöngum.

Náttúruleg afföll allra aldursflokka eru tengd við hugsanlegt afrán vegna hvalastofnanna. Ef við látum a tákna aldur þorsks og $pred$ vísa til rándýra, þá verða náttúruleg afföll alls skrifuð sem:

$$M_a = M_{a,1} + \sum_{pred} M_{a,2}^{pred}.$$

Afföllin $M_{a,2}^{pred}$, sem verða vegna hvers rándýrs í líkaninu eru reiknuð með því að taka tiltekin áætluð afföll í viðmiðunarári og kvarða þau með hlutfallslegri stærð rándýrastofnsins tiltekið ár í framtíðinni miðað við viðmiðunarárið. Þannig orsakar tvöföldun í stærð rándýrastofnsins tvöföldun í náttúrulegum afföllum af völdum rándýrsins. Á hinn bóginn þýðir þetta líka að tvöföldun í stærð þorskstofnsins tvöfaldar þorskneyslu rándýranna.

Ýmsar tegundir tannhvala eru taldir éta þorsk á Íslandsmiðum, (Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson, 1996), en þessar hvalategundir eru ekki teknar í líkan það sem hér er kynnt. Þannig er hrefnan eina rándýrið auk þorsks sem étur þorsk í líkaninu.

Björn Æ. Steinarsson og Gunnar Stefánsson (1991) fundu samband milli lífmassa loðnu og meðalþyngdar þorsks eftir aldri. Þannig er líklegt að minnkun í lífmassa loðnu, vegna veiða eða afráns hafi áhrif á þorskafla vegna lægri meðalþyngdar eftir aldri. Þessi áhrif eru hefðbundinn hluti stofnmats og aflaspár fyrir þorsk (Anon. 1995b), hafa verið tekin með í öðrum framreikningum og áhrifin verða tekin með hér til að fá fram hugsanleg óbein áhrif af loðnuneyslu á þorskafla.

Þróun loðnustofnsins

Fyrir utan náttúruleg afföll er notað nákvæmlega sama líkan og Gunnar Stefánsson o.fl. (1994b) notuðu til að lýsa þróun loðnustofnsins. Líkan þetta inniheldur mjög einfaldaða lýsingu á loðnustofni, sem er samsettur úr tilviljanakenndum fjölda eins árs nýliða á árinu $t-1$, kemur inn í veiðar sem tveggja ára loðna að hausti árið t og hrygnir og drepst þriggja ára árið $t+1$.

Nýliðun loðnu

Reiknað er með sveiflukenndri nýliðun í loðnustofninn, eins og Gunnar Stefánsson o.fl. (1994b) gerðu (með óþekktri, tilviljunarkenndri tímallengd sveiflunnar í hermunum með óvissu). Tilgangur þessa var að herma eftir hrúni stofnsins, sem orðið hefur vart öðru hvoru á undanförunum áratugum (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Meðalfjöldi nýliða er byggður á því meðaltali sem mælt hefur 1. ágúst ár hvert með bergmálmælingum (Hjálmar Vilhjálmsson 1994) og grunnneyslu rándýranna. Þannig fæst grunnnýliðun í lífmassa ásamt lífmassa við upphaf veiða. Reiknað er með því að öll loðnuneysla eigi sér stað á milli þessara tveggja tímamarkna.

Náttúruleg afföll loðnunnar

Gunnar Stefánsson o.fl. (1994b) reiknuðu með því að náttúruleg afföll loðnunnar ættu sér stað á 12 mánaða tímabilinu fyrir nýliðun í veiðarnar. Náttúruleg afföll á veiðitímabilinu hafa verið metin að meðaltali 0.035 á mánuði (Hjálmar Vilhjálmsson 1994) undanfarin ár. Gunnar Stefánsson o.fl. (1994b) tóku einfaldlega þetta gildi og kvörðuðu það í hlutfalli við stærð hrygningarstofns þorsksins og beittu kvarðaða gildinu á tímabilið fyrir nýliðunina. Þetta er jafngilt því að reikna með að þorskurinn sé yfirþyrmandi orsök náttúrulegra affalla loðnunnar. Náttúruleg afföll og þyngdarauki styttest nánast út yfir vetrarmánuðina á meðan á

veiðum stendur (Hjálmar Vilhjálmsson, 1994) og því var þessum afföllum sleppt í öllum útreikningum.

Í útreikningunum hér að neðan er þessari forsendu breytt og í staðinn notast við líkan þar sem náttúruleg afföll loðnunnar eru samsett af einum lið frá hverju rándýri, þ.e. þorski, hrefnu, langgreyði og hnúfubak.

Til að ljúka skilgreiningunni á náttúrulegum afföllum loðnunnar þarf að skilgreina hlutfallslegt vægi hinna ýmsu þátta. Aðferðin hér er að nota lógaritma af hlutfalli lífmassa nýliðunar á móti lífmassa við upphaf veiða sem mat á heildardánarstuðli fyrir veiðar og síðan að skipta þessum afföllum í þætti í samræmi við punkt mat á neyslu hvers rándýrs. Frávik frá þessari aðferð má síðan kanna sem önnur líkön.

Þróun rækjustofnsins

Viðbrögð og þróun rækjustofnsins eru tekin óbreytt upp úr Gunnar Stefánsson o.fl. (1994a og b). Sérílagi þýðir þetta að ekki er tekið tillit til afráns hvala á rækju í þeim niðurstöðum sem hér eru kynntar.

Tenging gagna við líkanið

Neysla

Í því sem hér fer á eftir eru allar forsendur um neyslu hvala byggðar á niðurstöðum sem kynntar voru í grein eftir Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson (1997) en þar má finna mat á neyslu eftir svæðum og tegundum. Útreikningar þeirra eru byggðir á niðurstöðum hvalatalninga, mati á tímalengd þeirri sem hver tegund er á Íslandsmiðum, meðalþyngd stakra hvala, metinni orkuþörf hvers hvals og samsetningu fæðunnar samkvæmt beinum mælingum eða öðrum aðferðum. Þessar niðurstöður gefa mat á loðnuneyslu hrefnu, langgreyðar og hnúfubaks og þorskneyslu hrefnunnar, eins og gerð er nánari grein fyrir hér á eftir.

Hnúfubakur:

Hnúfubakur hefur fjölgað hér við land á undanförunum áratugum um 10% á ári (Jóhann Sigurjónsson og Þorvaldur Gunnlaugsson, 1990). Hann er algengur allt í kringum landið að sumarlagi, en a.m.k. á síðustu áratugum hefur talsverður fjöldi einnig sést að vetrarlagi, einkum á loðnumiðunum norður af landinu og virðist hann fylgja loðnugöngunum síðla vetrar. Norðursvæðin eru uppeldissvæði loðnunnar en fullorðin loðna er einnig á þessum svæðum um tíma á meðan loðnan er á ferð sinni frá ætissvæði sínu í kringum Jan Mayen á hrygningarsvæðið fyrir sunnan land (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Í ljósi þess að ekki eru til nein magasýni úr hnúfubak við Ísland er eingöngu unnt að notast við ofangreindar vísbendingar og þekkingu frá öðrum svæðum. Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson (1997) reiknuðu með því að 60% að fæðu hnúfubaks væri loðna en afgangurinn, 40% væri áta. Þetta gaf mat á heildaráti hnúfubaks á loðnu sem nam um 153 þúsund tonn og er það gildi notað í framhaldinu.

Hrefna:

Tvær aðferðir eru notaðar til að lýsa loðnuneyslu hrefnunnar. Annars vegar er eingöngu miðað við Íslandsmið en þar er áætlað að hrefnan éti um 108 þúsund tonn og hinsvegar er áætlað að hrefna éti alls um 218 þúsund tonn á svæðinu frá austurströnd Grænlands og að Jan Mayen, þ.e. um allt útbreiðslusvæði loðnustofnsins sem hrygnir við suðurströndina. Síðarnefnda átið er notað sem grunntilvik því þetta er betri lýsing á sameiginlegri útbreiðslu tegundanna tveggja.

Hrefnan er eini hvalastofninn af þeim sem hér eru skoðaðir, sem étur verulegt magn af þorski. Samkvæmt þeim hrefnusýnum sem tekin hafa verið virðist um 6.1% fæðunnar (í fjölda) vera stórir beinfiskar (Jóhann Sigurjónsson og Anton Galan, 1990). Einungis einn þessara fiska var greindur til tegundar og reyndist vera þorskur. Þorskurin er langstærsti stofna beinfiska hér við land og því verður í framhaldinu reiknað með að öll beinfiskneysla

hrefnu sé í raun þorskát. Ef aðeins er miðað við landgrunnið gefa þessi 6.1% áætlaða neyslu sem nemur 24 þúsund tonnum af þorski af heildarneyslu sem nemur um 391 þúsund tonnum samkvæmt Jóhanni Sigurjónssyni og Gísla Víkingssyni (1997).

Áhrif þessa á þróun stofns og afla fer að nokkru eftir því hvaða aldursflokkar af þorski eru uppistaðan í fæðu hrefnu. Í grunntilviki verður reiknað með að hrefnan velji ekki, heldur sé veiðimynstur hennar einfaldlega jafnt á öllum þorski, eins árs og eldri. Margföldunarstuðull á veiðimynstrið er síðan valinn þannig að átið á árinu 1994 í líkaninu sé nálægt hinu metna áti.

Talsverð óvissa er um þetta mat á neyslu. Þegar hermun með óvissu er framkvæmd verður því reiknað með að raunveruleg þorskneysla hrefnu sé einhvers staðar á bilinu frá núlli upp í tvöfalt ofangreint mat.

Langreyður:

Heildarneysla langreyðar af loðnu á aðalsvæði loðnunnar er um 47 þúsund tonn árlega, samkvæmt mati (Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1997) þar sem reiknað er með að 2.5% af áti langreyðar sé loðna. Notast verður við þetta gildi sem grunntilvik í þeirri reikniæfingu sem hér er lýst. Hins vegar fór sýnataka að baki þessu mati aðallega fram (sbr. Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson, 1997) fyrir vestan og suðvestan Ísland, og aðeins voru tekin sýni hluta ársins. Langreyður étur oft talsvert magn af fiski á öðrum svæðum í Norður Atlantshafi (Jóhann Sigurjónsson 1995; Mitchell 1975), og því verður kannaður sá möguleiki að um 30% af fæðu langreyðar sé loðna. Þetta síðara tilvik svarar til þess að árleg neysla langreyðar sé um 560 þúsund tonn af loðnu.

Þorskur

Þorskstofninn étur talsvert magn af loðnu (Ólafur K. Pálsson 1983) og dæmigert mat á loðnuáti þorsksins í tilteknum mánuðum hefur verið á bili sem getur svarað til árlegrar neyslu á bilinu 0.5-1.0 milljón tonn (Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1989). Ekki er ljóst, hvernig á að skipta þessari neyslu í smáloðnu, veiðistofn og deyjandi hrygnda loðnu. Í grunntilviki er reiknað með að þorskur éti 500 þúsund tonn árlega af loðnu sem ekki hefur komið inn í veiðistofninn.

Ef miðað er við grunntilvikið bendir ofangreint til þess að heildarneysla ræningja þeirra sem eru í líkaninu af loðnu geti hafa verið um 920 þúsund tonn árlega á undanförunum árum. Meðalveiðistofn loðnu að hausti árin 1983-1993 var um 1.4 milljónir tonna (Hjálmar Vilhjálmsson 1994), og því bendir þetta til þess að lífmassinn hafi verið um 2.3 milljónir tonna áður en afræningjar líkansins komust að, því vöxtur og náttúruleg afföll jafnast nokkurnveginn út yfir vetrarmánuðina. Þetta leiðir til þess að náttúruleg afföll hafi verið um 0.042 á mánuði. Þessum náttúrulegu afföllum má síðan skipta upp á hina ólíku ræningja með því að nota hlutfallslega neyslu þeirra. Niðurstöðurnar má finna í 1. töflu.

1. tafla. Loðnuneysla hvers rándýrs í grunntilviki og öðrum líkönum ásamt náttúrulegum afföllum.

Ræningi	Grunntilvik: neysla	Afleidd afföll	Annað líkan: Neysla
Hrefna	218 636t	0.010	108 424 t
Langreyður	46 581t	0.002	558 974t
Hnúfubakur	152 990t	0.007	
Þorskur	500 000t	0.023	1 000 000t
Alls	918 207t	0.042	

Á það ber að líta að þessi tiltekna nálgun að raunveruleikanum skellir mörgum þáttum saman í einn. Sérílagi er neyslu umsnúði í náttúruleg afföll á þann hátt að reiknað er með að loðnuát rándýra eigi sér stað að hausti, rétt fyrir veiðar, en eftir vaxtartímabil loðnunnar. Sú aðferð sem notuð er við líkangerðina, að kvarða náttúruleg afföll með tilliti til stofnstærðar rándýrsins leiðir að sjálfsögðu til þess að tvöföldun í stofnstærð rándýrs leiðir til tvöföldunar í náttúrulegum afföllum (en ekki neyslu) og tvöföldun í stofnstærð bráðar leiðir til tvöföldunar í neyslu sérhvers ræningja en óbreyttra náttúrulegra affalla.

Stuðlar sem lýsa þróun stofnsins

Í 2. töflu má finna þá stuðla sem lýsa þróun hvalastofna í grunntilvikum.

2. tafla. Stuðlar í grunntilvikum. Einnig mörk (L=lægri, C=miðja, U=efri) í hermunum með óvissu.													
	A	T	z	MSYL %	MSYR%			K	Talning 1988		N/K		
					L	C	U		n	CV	L	C	U
Hrefna	1.38	5	2.39	60	0	5	10	40000	28000	.15	.4	.7	1
Langreyður	1.38	8	2.39	60	0	5	10	22306	15614	.27	.4	.7	1
Hnúfubakur	1.38	4	2.39	60	0	5	10	2566	1796	.18	.4	.7	1

Mörk og hlutfallsleg staðalfrávik (CV) eru notuð fyrir suma stuðla. Fyrir hermanir með óvissu eru mörkin notuð þannig að reiknað er með jafndreifingu stuðlanna innan bilsins. Fyrir stuðla með CV gildi er CV gildið einfaldlega notað í lognormal dreifingu. Í töflunni er K ákvarðað frá upphafsstofninum (sbr. Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1997) ásamt hlutfallslegri stöðu 1988. Þannig gefa mörk á hlutfallslega stöðu óbeint mörk á hámarksstærð stofnsins.

Upphafsstaða stofnsins (þ.e. fyrir 1988) er sett föst og jöfn gildinu í talningu 1988 að ofan. Með þessu móti er unnt að nota nýliðunarfallið með tilheyrandi tímafrávikum vegna kynþroskaaldursins til að gefa nýliðun frá árinu 1988.

Aflareglur

Aflareglan fyrir loðnu er sú að skilja eftir 400 þúsund tonn til hrygningar á hverri vertíð. Samþykkt aflaregla fyrir þorski er að veiða 25% af veiðistofni, þ.e. af lífmassa þorsks sem er fjögurra ára eða eldri.

Í líkaninu er reiknað með að veiða umframframleiðni rækjustofnsins.

Niðurstöður

Fyrstu keyrslur og frávikagreining

Fjögur tilvik með tilliti til áts hvala á loðnu og þorski eru skoðuð til að byrja með:

Afrán hvalastofna		Þorskneysla	
		Tekin með	Sleppt
Loðnuneysla	Tekin með	A (grunntilvik)	B
	Sleppt	C	D

Tilvik A er þannig að allir þættir afráns hvala eru teknir inn í líkanið og er þetta nefnt "grunntilvik", en tilvik D er sama líkan og er kynnt í Gunnar Stefánsson o.fl. (1994), þótt nokkrar leiðréttingar á stuðlum hafi verið gerðar í ljósi nýrra upplýsinga sem gefnar eru í Anon. (1995b) og Anon. (1995c).

Frávikin B-D frá grunnlíkaninu A eru gerð á þann hátt að viðkomandi hluta líkansins er einfaldlega sleppt. Ef sleppt er loðnuneyslu hvala leiðir þetta því til endurskoðunar á nýliðun og til þess að öll afföll fyrir nýliðun loðnunnar eru skrifuð á þorskin.

Til viðbótar við þessar hermanir voru nokkur tilvik könnuð:

- E: Eins og grunntilvik utan þess að reiknað er með að árleg loðnuneysla langreyðarstofnsins sé 570 þúsund tonn.
- F: Eins og grunntilvik utan þess að reiknað er með að þorskur éti milljón tonn af loðnu (fyrir nýliðun í veiðistofn).
- G: Minni óvissa í stöðu hvalastofns miðað við hámarksstærð.
- H: Nákvæmari hvalatalningar.
- I: MSYR betur þekkt (0.04-0.06 í stað 0-0.1).
- J: Loðnuneysla hvala þekkt (CV á M sett sem 0.01 í stað 0.25).
- K: Þorskneysla hrefnu þekkt (sett sem 6.1% í stað þess að vera jafndreifð á bilinu 0 til 12%).
- L: Minni loðnuneysla hrefnu.
- M: MSYR hnúfubaks hækkað í 10%.
- N: Hrefna látin sækja meira í eldri fisk.
-

Fyrstu hermanir eru yfirleitt framkvæmdar án óvissu. Hér er líkanið einfaldlega framreiknað án þess að tekið er tillit til umhverfisbreytileika og í stað óvissu eru sett inn væntigildi. Sjá má niðurstöður um þorskafla úr tveimur slíkum hermum í 1. mynd, þar sem kemur fram þróun í tveimur áhugaverðum tilvikum, A og D. Þessi mynd sýnir aflspá þegar reiknað er með að hvalastofnar þróist eins og í grunntilviki og miðað við væntanlega þróun þegar hvöllum er alveg sleppt úr líkaninu.

Tilsvarandi niðurstöður fyrir þróun hrygningarstofn (SSB) má sjá í 2. mynd.

Hér sést greinilega að ferlarnir liggja talsvert lægra í tilviki A, sem er eins og búast mátti við því reiknað er með að hrefnan éti um 23 þúsund tonn af þorski árlega og að hrefnustofninn fari stækkandi á komandi áratugum því hann er sem stendur nokkuð minni en sem nemur hámarksstærð (K).

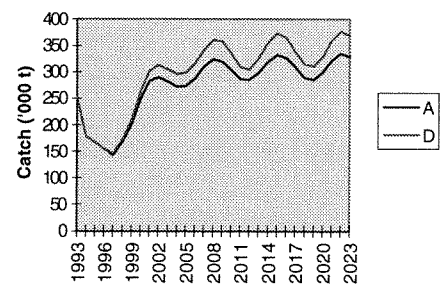
Niðurstaða þessarar athugunar er sú að spá sem gerð er með því að sleppa hvöllum úr líkaninu verður of bjartsýn þannig að ef (D) er notað sem líkan en (A) er nær raunveruleikanum, þá mun langtímanýting þorskstofnsins gefa minni afla en spáð hafði verið.

Sérílagi er hugsanlegt að útreikningar þeir, sem kynntir voru í Gunnar Stefánsson o.fl. (1994b), og notaðir sem grunnur að ákvörðunartöku um nýtingarstefnu fyrir þorskin, geti bent til langtímaaflla af þorski sem er um 35 þúsund tonnum (um 10%) of hár. Að sjáfsögðu er þetta afleiðing af hækkuðum heildarafföllum í þorskstofninum, sem leiðir til “jafnstöðu” við minni stofnstærð og lægri framleiðni heldur en í tilviki D.

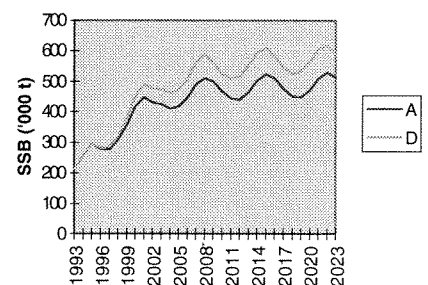
Þessi tilteknu áhrif koma vel fram í 3. mynd.

“Jafnstöðuafli” af þorski sem fall af lífmassa þorsks er reiknaður með því að framreikna kerfið með föstum fiskveiðidauða og reiknað er meðaltal í lok tímabilsins (eiginlegt jafnvægisástand er ekki til í líkaninu vegna sveiflna í loðnustofninum). Aflareglan fyrir þorsk er einnig sýnd sem bein lína og sömuleiðis er sýndur spáferill um þróunina frá 1993 gildinu í átt að “jafnvægi”.

1. mynd. Þróun þorskafla í tilvikum A (grunnur) og D.



2. mynd. Þróun hrygningarstofns þorsks í tilvikum A (grunnur) og D.



Á 4. mynd má sjá “jafnstöðuferilinn” í tilviki A. Hér sést hvernig aflareglan sker “jafnstöðuferilinn” við lægri afla og stofnstærð í tilviki A heldur en í tilviki D. Greinilegt er að ef hvöllum er sleppt þegar spágildi eru reiknuð er unnt að fá bjagað (*biased*) mat á jafnstöðuafla.

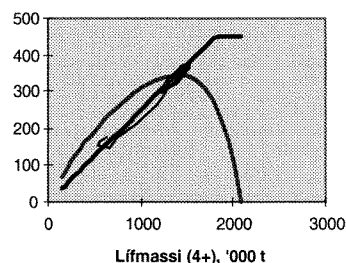
Umfang bjögunarinnar fer eftir forsendum líkansins. Sumar forsendurnar eru byggðar á umfangsmikilli þekkingu en á hinn bóginn er talsverð óvissa um aðrar forsendur. Þannig má færa rök fyrir því að skoða beri ýmis frávik frá aðallíkaninu og kanna hvort bilið milli “jafnvægisferlanna” aukist eða minnki miðað við mismunandi forsendur.

Þessi atriði eru grundvallarvandamál sem eru hluti af því að gera framreikninga án óvissu. Á hinn bóginn má framkvæma hermunina með óvissu með því að velja slembitölur frá líkindadreifingum sem eru láttnar lýsa hverri breytu sem inniheldur óvissu. Hermanir með óvissu eru gerðar með því að endurreikna dæmið 300 sinnum með mismunandi vali á slembibreytum.

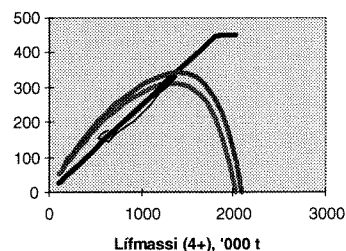
Þótt fræðilega sé unnt að taka alla óvissu og breytileika inn í eina hermun með óvissu er hentugra að lýsa sumum frávikum sem frávikum í líkanagerð, þ.e. að endurtaka einfaldlega hermunina miðað við tiltekna breytingar í grunnforsendum.

Í 4. töflu má finna nokkrar mikilvægar tölur sem lýsa niðurstöðum. Hér eru bornar saman niðurstöður í formi meðaltalna árána 2016-2023:

3. mynd. Aflaregla fyrir þorsk (heil, bein), “jafnstöðuferill” og framreiknaður ferill (grannur) í tilviki D.



4. mynd. Aflaregla fyrir þorsk (heil, bein), “jafnstöðuferlar” í tilvikum A (neðri) og D (efri) ásamt framreiknuðum ferli (grannur) í tilviki D.



4. tafla. Helstu niðurstöður í hermunum.

	Lífmassi þorsks		Þorskafli		Loðnuafli		Ath.
	Meðaltal	Staðalfrávik	Meðaltal	Staðalfrávik	Meðaltal	Staðalfrávik	
A	1255	213	309	52	645	153	Grunntilvik
B	1383	150	339	35	614	151	Ekkert afrán á þorski
C	1274	212	313	50	674	154	Ekkert afrán hvala á loðnu
D	1403	139	344	30	646	150	Ekkert afrán hvala
E	1240	224	305	53	610	171	Aukin loðnuneysla langreyðar
F	1245	197	307	48	604	173	Aukin loðnuneysla þorsks
G	1266	184	312	43	649	153	Meiri vitneskja um stöðu stofna
H	1256	213	309	51	640	155	Nákvæmari talningar
I	1227	220	302	55	637	152	Nákvæmara MSYR
J	1250	221	308	53	645	144	Loðna í hvalamögum án skekkju
K	1251	202	308	47	645	142	Þorskur í hreftumögum án skekkju
L	1249	221	308	52	653	158	Minni loðnuneysla hrefnu
M	1254	220	309	53	638	156	Hærra MSYR hjá hnufubak
N	1271	202	313	49	643	158	Hrefna étur eldri þorsk

Sjá má að sá þáttur sem hefur mest áhrif á þorskafli er neysla hrefnu á þorski (samanburður á A og B). Einnig má sjá að forsendan um aukna neyslu þorsks eða langreyðar á loðnu (A og E eða A og F) hefur þau áhrif að minnka afla af loðnu í spánni. Breytingin frá engri í

hámarksneyslu langreyðar á loðnu (C og E) minnkar loðnuafli úr um 675 í 610 þúsund tonn að miðgildi.

Mikilvæg atriði til viðbótar eru áhrifin af óvissu um hvalastofnana á breytileikann í spá um framtíðina.

Hér sést greinilega að breytileikinn í hvalaneyslu kemur fram sem aukning í staðalfrávikum þorskafla frá u.þ.b. 30 í um 50 eða um 60%. Þannig breytist CV í þorskafla frá því að vera innan við 10% í um 15%.

Þessi áhrif eru sýnd í 5. og 6. mynd, sem draga saman líkindadreifingu framtíðarafla miðað við nokkur hundraðshlutamörk (5%, 25%, 50%, 75% og 95%) en sýna einnig niðurstöður úr 5 hermunum. Hér kemur í ljós að miðgildi aflans er minna í 5. mynd, og að þótt efri mörkin séu þau sömu, þá eru lægri mörkin mun lægri, sem endurspeglar aukinn breytileika í niðurstöðum vegna óvissunnar í neyslu hvalanna.

Hvað loðnuna varðar má sjá að áhrifin eru þannig að það eitt að taka hvali inn í líkanið gerir að verkum að spá um árlegan framtíðarafla lækkar úr um 675 þús. tonnum í um 600 þúsund tonn. Á sama hátt má sjá að staðalfrávik hækkar um u.þ.b. 10% ef reiknað er með að langreyður éti mikið af loðnu.

Breytileikann og óvissuna sem lýst er að ofan má líta á frá mismunandi sjónarhornum. Eitt mikilvægt mál er greinilega hvaða áhrif mismunandi forsendur um hvalina hafa á framtíðarþróun fiskafla. Þennan samanburð má sjá beint með því að líta á meðaltöl sem fást úr tilvikum A og D. Þetta má því líta á sem viðkvæmnispróf, þ.e. svar við spurningunni: Hver eru áhrifin af því að reikna með að hrefna éti þorsk, o.s.frv.

Annað mál er svo hvernig óvissa í stikum hvalalíkansins endurspeglast í óvissu í spá um framtíðarafla. Slíkt kemur fram í breyttum staðalfrávikum í aflaspá þegar breytt er um forsendur um staðalfrávik hvalastika. Þetta atriði má því líta á sem vísbendingu um, hvaða þekking sé mikilvæg til þess að minnka breytileikann í aflaspá. Í ljós kemur að aukin þekking á stöðu hvalastofna miðað við hámark og hvort hrefna étur þorsk eru aðalþættirnir sem hafa áhrif á breytileikann í framreikninga á þorskaflanum.

Yfirlit

Tiltæk gögn um hegðun og neyslu hvalastofna á Íslandsmiðum benda til þess að þorskur og loðna séu hluti fæðu þeirra (Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1997). Hér hefur verið sýnt hvernig þessi neysla getur haft áhrif á framtíðarspár um afla úr þessum fiskistofnum.

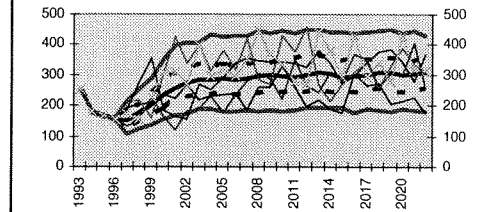
Hrátt mat á áhrifum sjávarspendýra á þorskafla er að hann minnki um 35 þúsund tonn eða um 10% til lengri tíma lítið og svipaðar niðurstöður fást fyrir loðnuafllann. Talsverð óvissa ríkir þó um þessar niðurstöður. Mikilvægasti þáttur þeirrar óvissu er annarsvegar möguleg stækkun hvalastofnanna frá núverandi stærð og hins vegar takmarkaðar upplýsingar um fæðuval þessara rándýra hér við land.

Óvissan um þróun sjávarspendýrana hefur töluverð áhrif í þá átt að auka óvissuna í framtíðarspám. Því er ekki einungis um það að ræða að spád er minni framtíðarafla þegar sjávarspendýr eru tekin með, heldur ríkir einnig meiri óvissa um hver aflinn verður.

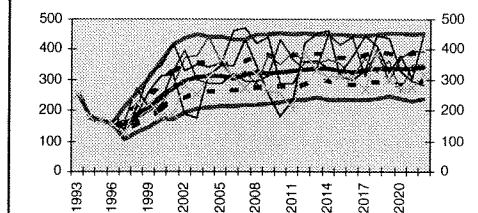
Heimildir

Allen, K. R., 1980. *Conservation and management of whales*. Washington Sea Grant, Seattle, 110 pp.
Anon, 1991. Report of the ICES Multispecies Assessment Working Group. ICES C.M. 1991/Assess: 7.

5. mynd. Þróun þorskafla miðað við neyslu hvala í grunntilvikum (A).



6. mynd. Þróun þorskafla - engir hvalir (D).



- Anon, 1994. Report of the ICES Multispecies Assessment Working Group. ICES C.M. 1994/Assess: 9.
- Anon, 1995a. Nýttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1995. Aflahorfur fiskveiðiárið 1995/1996 (State of marine stocks and environmental conditions in Icelandic waters 1993, prospects for te quota year 1993/94), mimeo, Marine Research Institute, Reykjavík.
- Anon, 1995b. Report of the North-Western Working Group. ICES, C.M. 1995/Assess: 19.
- Anon, 1995c. The ICES Advisory Committee on Fishery Management (ACFM). Management advice for 1996.
- Anon, 1995d. Report of the ICES Multispecies Assessment Working Group. ICES C.M. 1995/Assess:
- Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Stefánsson, 1991. An attempt to explain cod growth variability. ICES C.M. 1991/G:42.
- Bogstad, B., G. Lilly, S. Mehl, Ó. K. Pálsson, G. Stefánsson, 1993. Cannibalism and year-class strength in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in Arcto-boreal ecosystems Barents sea, Iceland and eastern Newfoundland. ICES mar. Sci. Symp., 198: 576-599.
- Bogstad, B., K. H. Hauge, O. Ultang, 1995. A multispecies model for fish a marine mammals in the Barents Sea. J. Nortw. Atl. Fish. Sci.
- Gunnar Stefánsson, 1992. Notes on the stock-dynamics and assessments of the Icelandic cod. ICES C.M. 1992/G:71.
- Gunnar Stefánsson, Björn Æ. Steinarsson, 1992. Um nýliðun þorsks. Ægir, 9: 455-462.
- Gunnar Stefánsson, Unnur Skúladóttir, Gunnar Pétursson, 1994a. Yhe use of a stock production type model in evaluating the offshore (*Pandalus borealis*) stock of North Icelandic waters, including the predation of northern shrimp by cod. ICES C.M. 1994/K: 25.
- Gunnar Stefánsson, Friðrik M. Baldursson, Ásgeir Daníelsson, Kristján Þórarinnsson, 1994b. Utilisation of the Icelandic cod stock in a multispecies context. ICES. C. M. 1994/T:43
- Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, (ritstj.) 1995. Bormicon - a boreal migration and consumption model. MRI technical report.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock-Capelin, *Mallotus villosus* (Muller) in the Iceland-Greenland-Jan Mayen area. *Rit Fiskideildar* 12(1): 1-281.
- Jóhann Sigurjónsson, Anton Galan, 1990. Information on stomach contents of minke whales in Icelandic waters. Paper SC/42/NHMi28 submitted to the Scientific Committee of the IWC, 1990 (unpubl.), 6 s.
- Jóhann Sigurjónsson, Þorvaldur Gunnlaugsson, 1990. Recent trends in abundance of blue (*Balaenoptera musculus*) and humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off west and southwest Iceland with a note on occurrence of other cetacean species. *Rep. int. Whal. Commn* 40: 537-551.
- Jóhann Sigurjónsson, 1995. On the life history and autecology of North Atlantic rorquals. Í: A. Schytte-Blix, L. Walløe and Ö. Ulltang (ritstj.) *Whales, seals, fish and man*, Elsevier Science B.V: 425-441.
- Jóhann Sigurjónsson, Gísli A. Víkingsson, 1997. Estimation of food consumption by cetaceans in Icelandic and adjacent waters. J. Nortw. Atl. Fish. Sci.
- Katona, S.K., J.A. Beard, 1990. Population size, migrations and substock structure of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the western North Atlantic Ocean. *Rep. int. Whal. Commn* (special issue 12): 295-305.
- Kjartan G. Magnússon, Gunnar Stefánsson, 1989. A feedback strategy to regulate catches from a whale stock. *Rep. Int. Whal. Commn* (special issue 11): 171
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1989. Trophic ecological relationships of Icelandic cod. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer. 188:206-224.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1991. Predator-prey interactions of cod and capelin in Icelandic waters. ICES mar. Sci. Symp., 193: 153-170.
- Mitchell, E., 1975. Trophic relationships and competition for food in Northwest Atlantic whales. Proc. Can. Soc. Zool. Ann. Meet.: 123-33.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. *Rit Fiskideildar*, 7(1): 1-60.
- Ólafur K. Pálsson, 1994. A review of the tropic interactions of cod stocks in the North Atlantic. Pp. 553-575 in J. Jakobsson o.fl. Cod and Climate Change. *ICES mar. Sci. Symp.* 198, 693 pp.
- Pope, J., L. Woolner, 1981. A simple investigation into the effects of predation on recruitment to some North Sea fish stocks. ICES. C.M. 1981/G:14.

BORMICON

Líkan til könnunar á samspili fiskstofna í norðurhöfum

Höskuldur Björnsson, Hersir Sigurgeirsson, Halldór Narfi Stefánsson
og Gunnar Stefánsson
Hafrannsóknastofnuninni

ÁGRIP

Lýst er öflugu líkani (BORMICON) til rannsókna á áhrifum fjölstofnasamspils. Líkanið framreiknar stofnstærðir og reiknar át, göngur, veiðar og vöxt miðað við tiltekin gildi á stuðlum líkansins. Unnt er að meta gildi á stuðlum með því að láta líkanið bera niðurstöður framreikninga saman við gögn úr stofnmælingum, magasýnum, merkingum o.fl. Niðurstöður hermanna með 2 tegundir, þorsk og loðnu eru kynntar. Einnig eru kynntar niðurstöður þar sem líkanið var notað til að meta sjálfrán þorsks.

1. Inngangur

Sýnt hefur verið fram á að í ýmsum tilvikum getur verið mjög mikilvægt að tekið sé tillit til fjölstofnasamspils ef ná á eðlilegri nýtingu fiskistofna (Henrik Gislason og Þorkell Helgason 1985). Þannig hefur t.d. verið sýnt að samspil þorsk og loðnu á Íslandsmiðum er þess eðlis að þorskur étur umtalsvert magn af loðnu (Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1989) og að skortur á loðnu getur leitt til þess að þorskur nær ekki að halda eðlilegum vexti (Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1991, Björn Æ. Steinarsson og Gunnar Stefánsson 1991). Bent hefur verið á að nauðsynlegt er að taka tillit til svæðisbreytileika ef meta á áhrif áts á stofnstærðir (Anon. 1993) og á það sérstaklega við um loðnuna, m.a. vegna þess möguleika að þorskur kann að éta talsvert magn af loðnu sem er að drepast eftir hrygningu. (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Svipaðar athugasemdir eiga við um Barentshaf og þar hefur verið þróað fjölstofnalíkanið MULTSPEC (Bogstad o.fl. 1992). Í eftirfarandi grein verður lýst líkani sem hefur verið þróað til að meta og prófa kenningar um samspil tegunda í norðurhöfum almennt en með áherslu á Íslandsmið.

Ljóst virðist að líkan fyrir Íslandsmið þarf að taka tillit til breytilegs vaxtar (Björn Ævarr Steinarsson og Gunnar Stefánsson 1996) og áts einnar tegundar á annarri en það getur skipt máli hvað varðar afföll bráðar (Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson 1991, Unnur Skúladóttir o.fl. 1997)

Mikilvægasta samspil á Íslandsmiðum er án efa milli þorsks sem ræningja og loðnu sem bráðar (Ólafur K. Pálsson 1983). Göngur loðnunnar gera það að verkum að þorskurinn hefur ekki aðgang að eldri hluta loðnustofnsins talsverðan hluta ársins (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Að auki gera göngur þorsksins það að verkum að aðeins hluti stofnsins hefur aðgang að loðnu eða rækju á hverjum tíma. Raunar er göngumynstur þorsks misjafnt eftir því hvort fiskurinn er kynþroska eða ekki (Jón Jónsson 1996).

Norræn hafsvæði eiga margt sameiginlegt, þótt ýmislegt greini á milli þeirra (Anon. 1994). Þannig virðist almenna reglan vera sú, að vöxtur fiska sé breytilegur, oft háður fæðuframboði, göngur geti verið á milli hafsvæða með mjög mismunandi hitastig o.s.frv. Af þessum ástæðum er eðlilegt að reyna að þróa frá grunni líkan þar sem reiknað er með vexti, áti, göngum og kynþroska. Til þess að geta fylgt eftir árgöngum er einnig nauðsynlegt að taka tillit til aldurs. Í þessari grein verður slíku líkani lýst. Líkanið nefnist BORMICON (BOReal MIgration and CONsumption model). Líkaninu svipar allnokkuð til norsks líkans sem kallast MULTSPEC (Bogstad o.fl.1992). Slíkt er óhjákvæmilegt þar sem í báðum tilvikum er verið að lýsa hafsvæðum sem hafa margt sameiginlegt.

Þar sem taka þarf tillit til margra þátta er nokkuð ljóst að ekki er unnt að beita hefðbundnum vinnubrögðum eins og í VPA, þar sem stofnstærðir eru bakreiknaðar beint og endanlegar niðurstöður fást með tiltölulega einföldum forsendum síðasta árið. Í staðinn þarf að byrja með einhverjar upphafsforsendur um helstu stofna, samspil þeirra, göngur og vöxt.

Næst þarf að nota þessar forsendur til að reikna þróun stofnanna áfram í tíma. Slíkt er í raun tiltölulega einföld hugmyndafræði því forsendurnar er allar hægt að skrifa niður sem tiltekna jöfnur, sem eru látnar verka hver af annarri.

Að ofan hefur verið lýst hvernig ólíkir fiskar haga sér á mismunandi hátt hvað varðar t.d. át og göngur. Grunneining líkansins þarf því að vera fiskar sem eru jafngamlir, jafnstórir, á sama kynþroskastigi og á sama hafsvæði. Þar sem fiskistofnar geta gengið milli ólíkra hafsvæða á tiltölulega stuttum tíma er nauðsynlegt að framreikningar fari fram með tiltölulega stuttu tímaskrefi, sem hér er valið einn mánuður.

Líkanið er í raun þróað í fjórum skrefum. Í fyrsta skrefi er gerð almenn lýsing á þeim þáttum sem skipta mestu máli í lífkerfinu og þeim spurningum sem þarf að svara. Í næsta skrefi er skrifað niður stærðfræðilegt líkan sem er í raun aðeins formleg framsetning á lýsingunni. Þriðja skrefið er síðan forrit sem getur framkvæmt þá reikninga sem lýst er í stærðfræðilegu lýsingunni. Lokaskrefið er notkun forritsins og samanburður við gögn til að stilla af óþekktar stærðir í líkaninu.

Helstu aðgerðir í BORMICON eru ,

göngur
át og veiði
náttúrulegur dauði
vöxtur
kynþroski
hrygning
utanaðkomandi nýliðun í stofn.

Er þetta framkvæmdaröð aðgerða á hverju tímaskrefi. Eitt af megin einkennum líkansins er að hverri tegund er skipt upp í einn eða fleiri stofnhluta og þarf að skilgreina vensl stofnhlutanna. Líkanið sér síðan um að færa fisk á milli stofnhlutanna. Sem dæmi var þorski skipt í 5 stofnhluta.

0 ára
1 árs
2 ára
3 -8 ára ókynþroska
4 - 12 ára kynþroska

Í lok árs er 0 ára fiskur gerður 1 árs, 1 árs 2 ára o.s.frv. Á hverju tímabili eru kynþroskalíkur reiknaðar og hluti 4 - 8 ára ókynþroska fískur verður kynþroska. Í lok 8. ársins verður síðan allur 8 ára ókynþroska fiskur kynþroska. Loðnu var skipt upp í 2 stofnhluta , ókynþroska og kynþroska en til greina kemur að skipta henni í 3 stofnhluta, ókynþroska, kynþroska hænga og kynþroska hrygnur.

Hægt er að bera útkomu úr líkaninu saman við gögn í formi mælinga. Er þetta gert með því að skilgreina sennileikafall (*likelihood function*) sem er mælikvarði á samræmi milli líkans og gagna. Slíkt er hefðbundið t.d þegar fundin er besta líking beinnar línu og reiknað er með að mælingar komi úr normaldreifingu. Í MULTSPEC var notað einfalt sennileikafall þar sem át samkvæmt líkani var borið saman við át samkvæmt útreikningum sem byggðust á magagögnum. Við smíði BORMICON hefur hins vegar verið miðað við að unnt væri að nota nánast öll gögn sem geta skipt máli sem hluta af sennileikafalli (sbr. töflu 1.1).

Í stað sennileikafalls, L , er yfirleitt notast við lógariþma þess og frekar en að hámarka L er unnið með neikvæðan náttúrulegan lógariþma, $-\ln(L)$. Svo vitnað sé aftur í venjulega aðhvarfsgreiningu, þá eru stuðlar í líkingu línu fundnir með því að lágmarka kvaðratsummu frávíka frá línunni. Ef miðað er við að mælingar komi úr normaldreifingu er þessi kvaðratsumma náskyld $-\ln(L)$.

Heildarsennileikafallið er alltaf margfeldi af hinum mismunandi hlutum sennileikafallsins (*likelihood components*) og í markfallinu $-\ln(L)$ er því á ferðinni summa af

ýmsum liðum. Þægilegt er að hugsa um hvern lið í markfallinu $-\ln(L)$ sem kvarðratsummu frávíka þó ekki séu allar tegundir markfalla byggðar á kvaðratsummum.

Tafla 1.1. Gögn sem hægt er að nota í markfall.

Tegund markfalls	Dæmi um gögn
Magnvísitölur	Vísitölur úr ralli, afli á sóknareiningu hjá flota og bergmálsmælingar.
Vöxtur	Meðallengd og meðalþyngd eftir aldri.
Lengdarsamsetning	Lengdardreifingar.
Aldurssamsetning	Aldurs-lengdar lykjar, aldursdreifingar
Hlutföll í mismunandi stofnum (stofnhlutum)	Kynþroskahlutfall í afla eða ralli.
Afli	Reiknað fiskmagn á svæði þarf að standa undir afla á svæðinu.
Magamælingar	Hlutföll eða reiknað át samkvæmt magasýnum.
Fiskmerki	Lengdardreifingar í magasýnum. Merkingargögn

Heildarmarkfallið er vegin summa hinna mismunandi hluta markfallsins:

$$L = \sum w_i L_i$$

Vogtölurnar eru notaðar til að gefa til kynna mikilvægi mismunandi mælinga. Má nefna að afar óæskilegt er að ekki sé til nægilegt magn af fiski á tilteknu svæði til að standa undir afla og reiknuðu afráni og er sá þáttur því yfirleitt látinn vege þungt í markfallinu.

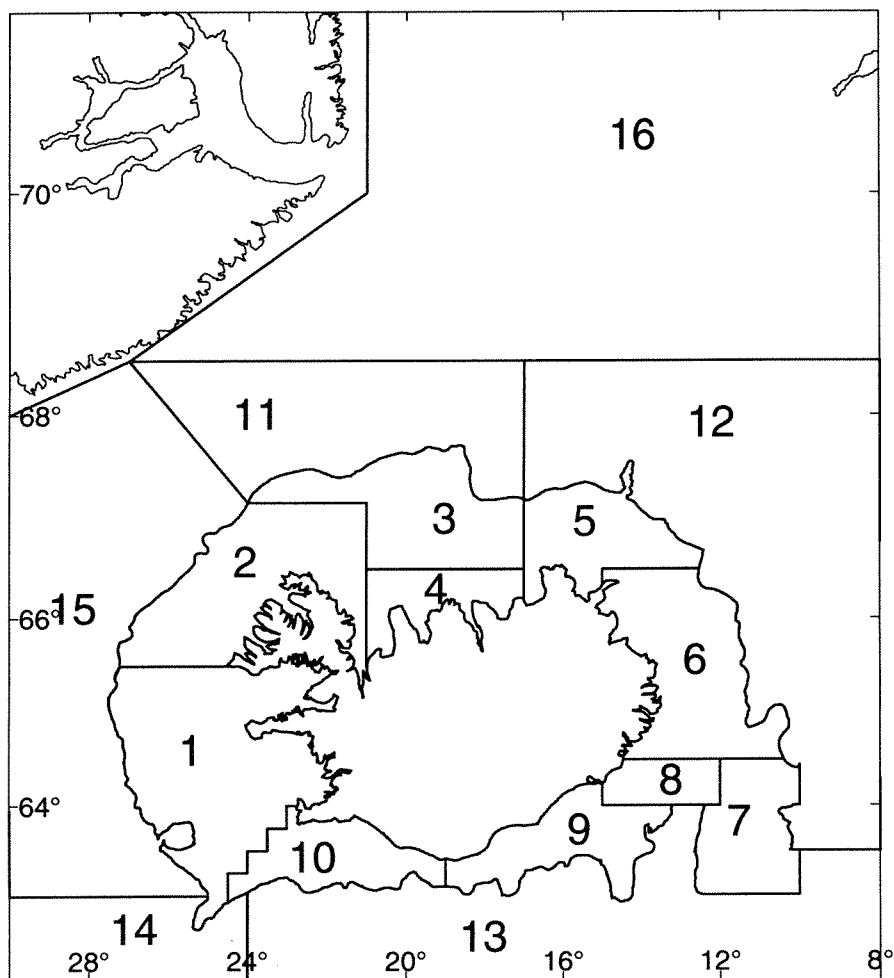
Vogtölurnar má síðan nota til að kanna áhrif mismunandi gagna á útkomu úr líkaninu. Líkanið getur því hentað til athugunar á því hvaða upplýsingar hin ýmsu gögn gefa og jafnframt hvort mikið ósamræmi sé í þeim upplýsingum.

Hluti reiknilíkansins er lágmarkunargrím sem lágmarkar markfallið með því að breyta nokkrum völdum stuðlum. Þarf að takmarka fjölda stuðla í lágmarkun til að hún gangi. Með of mörgum stuðlum getur lágmarkunin tekið mjög langan tíma og einnig er líklegt að hún endi með einhverja furðulega lausn. Hvað telst of mikið er mjög breytilegt frá einu dæmi til annars og fer mikið eftir því hve góð upphafsgildin í lágmarkuninni eru.

Eins og sást í töflu 1.1 geta margar tegundir gagna nýst í markfalli. Með hlutfalli í mismunandi stofnhlutum er t.d átt við kynþroskahlutfall en hjá tiltekinni tegund er ókynþroska og kynþroska hlutinn oft mismunandi stofnhluti í líkaninu.

Hermanir þær sem lýst verður í 6. kafla byggja allar á þeirri svæðaskiptingu sem sýnd er á mynd 1.1 og er vísað til sem BORMICON svæða. Tegundirnar í þessum hermunum eru tvær, þorskur og loðna. Þorskur er látinn vera á svæðum 1 - 10 en loðna að auki á svæðum 11, 12, 15 og 16. Skilin milli innri og ytri svæðanna eru á 500 m dýpi.

Líkanið er hægt að nýta til margra hluta. M.a má nefna að verið er að setja upp hermun á gullkarfastofninum sem nýtir lengdardreifingar í ralli og veiði til stofnstærðarmats. Að auki er verið að setja undirbúa fjölstofnahermanir á Barentshafinu og Beringshafinu.



Mynd 1.1. Svæðaskipting sem er notuð í þorsk-loðnu hermunum.

2 Göngur

Inngangur

Einn höfuðtilgangur BORMICON er að lýsa göngum milli svæða. Ef nýta á magagögn til að kanna hvernig neysla ræningja dreifist á mismunandi bráðir er nauðsynlegt að hafa hugmynd um útbreiðslu ræningjans.

Algengast er að göngum sé lýst með því að telja upp hvert fiskur getur gengið á næsta tímaskrefi (t.d. í næsta mánuði). Þannig er smíðuð tafla sem lýsir líkunum á því að fiskur gangi af einu svæði (i) yfir á annað svæði (j). Slíkum töflum má snúa á ýmsa vegu en hér er miðað við að stak í dálki i og línu j gefi líkur á að fiskur af svæði i gangi inn á svæði j.

Dæmi um göngufylki fyrir 3 svæði er gefið í töflu 2.1. Í fyrsta talnadálki má sjá að gert er ráð fyrir að 70% fiska á svæði 1 verði þar áfram, reiknað er með að 20% gangi yfir á svæði 2 og 10% á svæði 3. Summa dálka í göngufylkjum verður vitanlega að vera 1 (eða 100%) því dálkurinn inniheldur alla göngumöguleika fisksins. Ef summan er minni en 1 týnist eitthvað af fiski en bætist við ef summan er stærri en 1.

Tafla 2.1. Dæmi um lýsingu á göngum milli þriggja svæða. Hver dálkur tilsvavar tilteknu upprunasvæði og lýsir því hlutfalli (í %) sem gengur frá viðkomandi svæði yfir á önnur svæði.

Til	Frá		
	1	2	3
1	70	20	10
2	20	80	40
3	10	0	50

Ef stofnhluti er á BORMICON svæðum 1-10 (mynd 1.1) eru 100 tölur í hverju göngufylki. Þessar tölur þarf að meta eða giska á með einhverju móti áður en unnt er að hefja nokkra frekari reikninga. Fyrir hvern stofnhluta geta síðan verið mörg göngufylki, göngur geta verið mismunandi milli mánaða og jafnvel milli ára. Því er ljóst að fjöldi talna í göngufylkjum getur orðið mjög mikill.

Ef unnt á að vera að meta stærðir sem lýsa göngum í líkaninu þarf að fækka þeim eins og unnt er, án þess þó að draga mikið úr möguleikum líkansins til þess að endurspegla raunveruleikann. Augljóslega er unnt að takmarka möguleika á göngum á ýmsan hátt án þess að rýra gildi líkansins. Til dæmis er unnt að líta á það sem nokkuð ósennilegt að verulegt magn af fiski syndi þvert gegnum mörg BORMICON svæði í einum mánuði. Með slíkum takmörkunum má fækka tölum í göngufylkjum talsvert. T.d fækkar tölum í einu göngufylki í 36 ef göngur eru aðeins leyfðar milli samliggjandi svæða. Að auki má reyna að nota sama göngufylkið í fleiri en einum mánuði og í mörgum (flestum) tilfellum að nota sömu göngufylki öll árin.

Til að einfalda göngurnar og leyfa jafnvel mat á göngum eru göngufylki stikuð á þann hátt að stikar líkansins eru ekki sjálf stökin í göngufylkinu heldur eru smíðaðar einfaldar jöfnur sem lýsa göngum með mun færri stikum. Má nefna að ef aðalatriði í göngunum má lýsa sem tilviljanakenndri fæðuleit, þá dreifir fiskur sér á hátt sem er unnt að lýsa með örfáum stikum. Í þessu tilviki er augljóslega eitthvert samhengi milli líkinda á því að fiskur gangi yfir á hvert nærliggjandi svæða og því óþarft að meta allar slíkar tölur óháð hverri annarri.

Göngumynstri má skipta í flökt og leitni í tiltekin svæði. Flökt svarar til fæðuleitar en ákveðin leitni kemur hins vegar fram við að fiskur gengur í ákveðna átt t.d á hrygningarsvæðin.

Göngur þorsks.

Myndir 2.1 - 2.4 sýna þá stikun á göngufylkjum sem hefur verið valin til að lýsa göngum þorsks.

Göngum ókynþroska þorsks er lýst með sama göngufylkinu í öllum mánuðum. Göngumynstrið er summa af göngum vestur með Norðurlandi (mynd 2.1) og flökti (mynd 2.4). Rökin fyrir að hafa vesturgöngur eru hinn mikli afli sem oft fæst á Vestfjarðamiðum meðan mestur hluti nýliðunar þorsksins virðist oft vera við norður og austurland. Á mynd 2.1 fer hlutfallið **II** á svæðum 3-6 yfir á svæði(n) fyrir vestan. Við þetta leggst síðan flöktið (mynd 2.4). Flöktið er sett upp sem tilviljanakennd hreyfing á milli svæða þ.a af tilteknu svæði fer hlutfallið **f1** yfir á hvert aðliggjandi svæði.

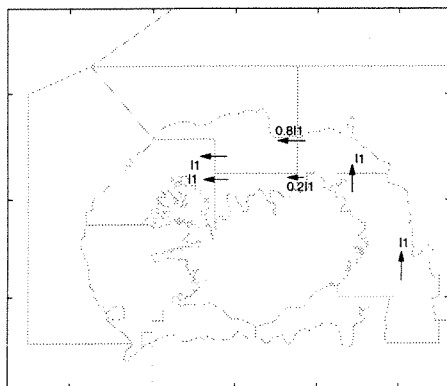
Göngum kynþroska þorsk er skipt í tvennt, göngur á hrygningarslóð fyrri hluta árs og til baka seinni hluta árs. Við þessar göngur leggst síðan flökt (mynd 2.4). Sömu göngufylkin eru notuð öll árin.

Göngur kynþroska þorsks á hrygningarslóð eru sýndar á mynd 2.2. Stikinn **p1** lýsir því hve hratt þorskurinn gengur suður til hrygningar. Er **p1** hlutfall fisks á hverju svæði sem gengur í átt að hrygningarstöðvunum.

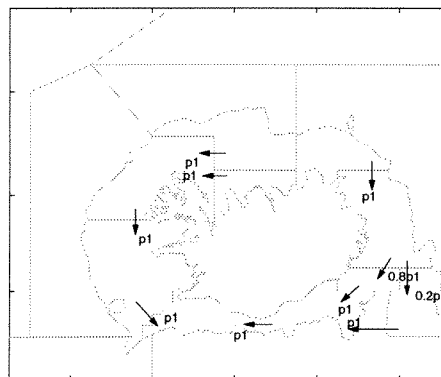
Göngur kynþroska þorsks seinni hluta árs eru sýndar á mynd 2.3. **k1** og **k3** stjórna því hve hátt hlutfall gengur vestur og hve hátt hlutfall í austur frá hrygningarstöðvunum. **k2** stjórnar því hve hátt hlutfall fisks á Vestfjarðamiðum gengur til austurs á norðurmið. **k4** stjórnar loks hve hátt hlutfall þess fisks sem gengur í austur frá hrygningarstöðvunum gengur áfram yfir á Austfjarðamið.

Stikarnir í göngumynstrinu fyrir kynþroska þorsk voru metnir út frá rallvísitölum og þorskskortum. Þorskskortur verður þegar ekki er til nægur þorskur skv. líkaninu til að standa undir skráðri veiði. Rallvísitölur og þorskskortur eru ekki sérlega góð gögn til að meta göngumynstur kynþroska þorsks. Er það einkum göngurnar seinni hluta ársins sem valda vandræðum en ekki er auðvelt að greina hvort þorskur hafi hrygnt um vorið. Var því reynt að

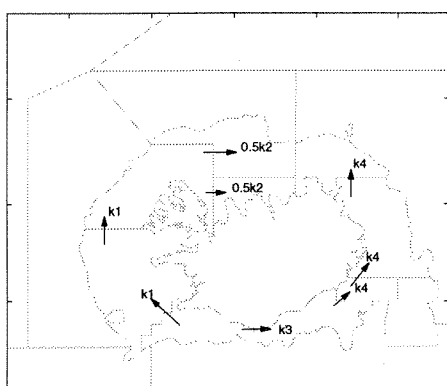
fækka metnum stikum og voru stikarnir **k3** og **k4** þvingaðir til að hafa sama gildi. **f1** sem lýsir tilviljanakenndu flókti var haft 0.025 hjá ókynþroska og 0.05 hjá kynþroska þorski.



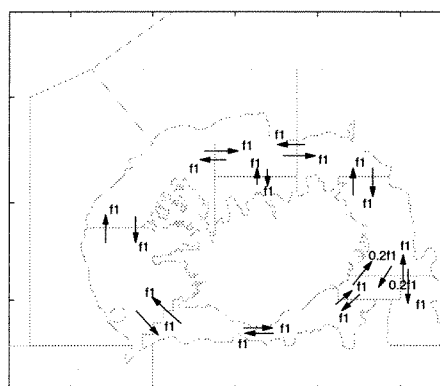
Mynd 2.1. Göngur ókynþroska þorsks.



Mynd 2.2. Göngur kynþroska þorsks í janúar - apríl.



Mynd 2.3. Göngur kynþroska þorsks í júní - desember.



Mynd 2.4. Flókt ókynþroska og kynþroska þorsks í öllum mánuðum.

Tafla 2.1. Gildi á stikum í göngum kynþroska þorsks.

Stiki	p1	k1	k2	k3	k4
Metið út frá rallvísitölum og þorskskortu.	0.30	0.25	0.015	0.014	0.014
Metið út frá merkingum	0.29	0.24	0.04	-0.02	0.26

Stikarnir voru einnig metnir á grundvelli merkingartilrauna. Notuð voru merkingargögn frá 1948 - 1986 (Jón Jónsson 1996) og voru allir fiskar sem voru 70 cm eða stærri við merkingu teknir með. (70 cm var notuð sem viðmiðun fyrir kynþroska fisk). Allar merkingar á sama BORMICON svæði í sama mánuði voru sameinaðar og settar inn sem sér stofnhluti með einn lengdar- og aldursflokk. Það eina sem þessi stofnhluti gerði var síðan að ganga. Líkur á að **n** fiskar endurheimtist á tilteknu svæði í tilteknum mánuði er hægt að reikna út frá jöfnunni fyrir tvíkosta (binomial) dreifingu.

$$L = \binom{N}{n} p^n (1-p)^{N-n}$$

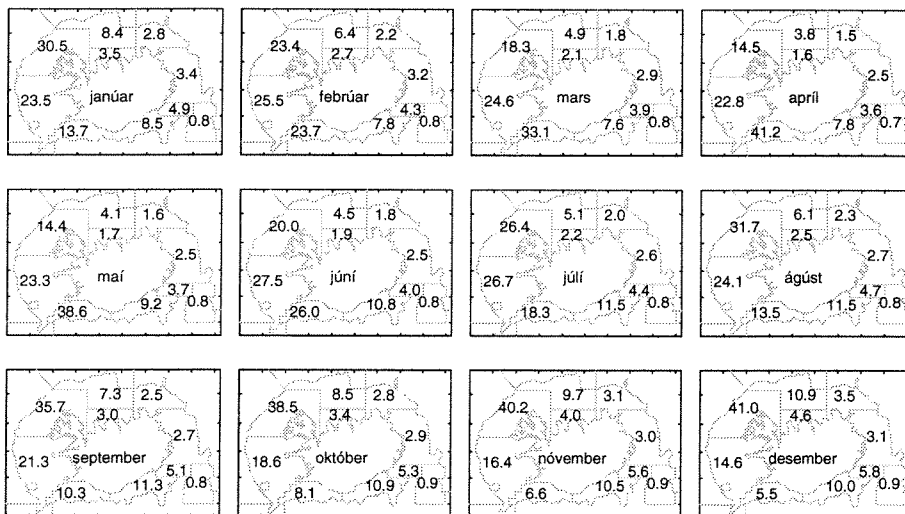
N : fjöldi merktra fiska á svæði skv. líkani
n : fjöldi endurheimta á svæði

p : líkur á að fiskur veiðist (sókn).

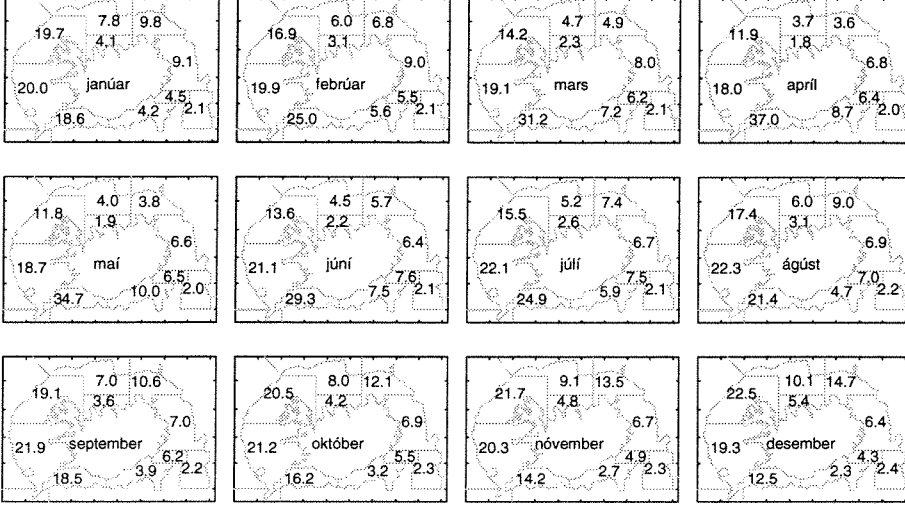
Þetta sennileikafall er hámarkað þegar göngustikar eru metnir út frá merkingargögnum.

Í þeim hermunum sem voru gerðar með merkingargögn er gert ráð fyrir sömu sókn á öllum svæðum í öllum mánuðum. Er það forsenda sem þarfnast nánari skoðunar.

Niðurstöður úr mati á göngum með því að nota merkingargögn eru sýndar í í töflu 2.1. Neikvætt gildi á göngustika lítur ekki allt of sannfærandi út en hafa ber í huga að þetta leggst við flókt (mynd 2.4) sem er 5% milli svæða þ.a gildin í göngufylkinu sjálfu verða ekki neikvæð. Mynd 2.6 sýnir dreifingu þorsksins skv. stikum metnum með rallvísitölum en mynd 2.7 skv. merkingum. Myndirnar eru gerðar með því að láta þorskinn ganga í nokkur ár án affalla og fylgjast með dreifingu hans. Er nokkur munur á dreifingunni á myndum 2.6 og 2.7. Meira er af þorski á Vestfjarðamiðum og Suðausturmiðum á mynd 2.2.6 en meira á Austur- og Norðausturmiðum á mynd 2.7.



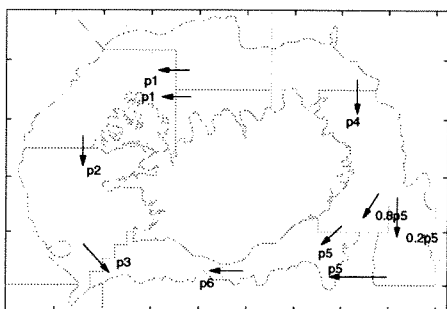
Mynd 2.6. Dreifing kynþroska þorskskv. göngumynstri metnu með rallvísitölum og þorskskortu. Tölurnar sýna % í fjölda á hverju svæði.



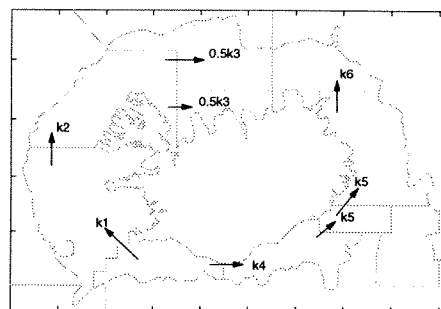
Mynd 2.7. Dreifing kynþroska þorskskv. göngumynstri metnu með merkingum. Tölurnar sýna % í fjölda á hverju svæði.

Mat á göngum út frá merkingargögnum leyfir að hafa fleiri göngustika en notaðir hafa verið. Myndir 2.8 og 2.9 sýna göngumynstur þar sem 12 stikar eru metnir. Tafla 2.2 sýnir gildin á stikunum sem voru metnir en mynd 2.10 dreifinguna á þorski skv. göngu-

mynstrinu. Sem áður var flóktið haft 5%. Er dreifingin á mynd 2.10 nokkuð lík dreifingunni á mynd 2.6.



Mynd 2.8. Göngur kynþroska þorsks í janúar - apríl

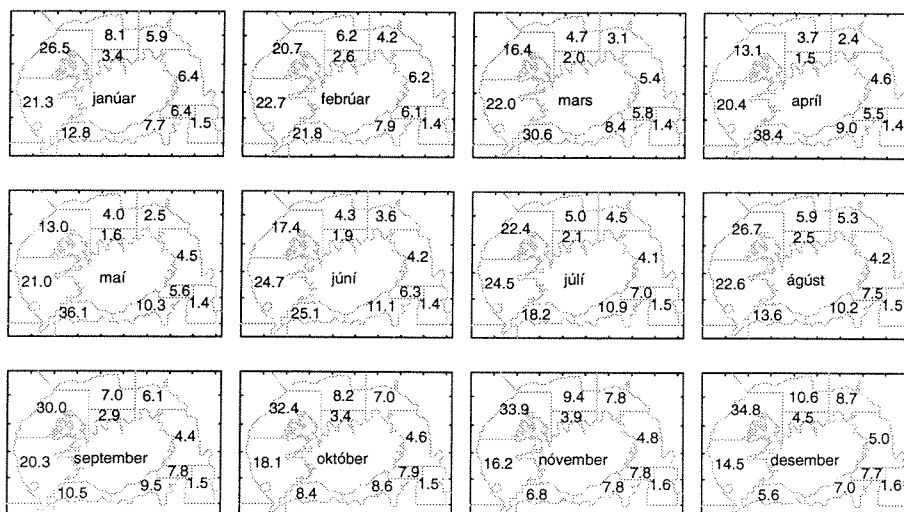


Mynd 2.9. Göngur kynþroska þorsks í júní - desember.

Flestar hermanir sem gerðar hafa verið til þessa hafa byggst á göngumynstrinu metnu út frá rallvísitölum og ekki unnist tími til að endurskoða þær byggst á öðru göngumynstri. Það að breyta um göngumynstur kynþroska þorsks ætti þó ekki að hafa mikil áhrif á meginniðurstöður hermana þar sem þorskur sem hrygnt hefur einu sinni eða oftur hefur ekki verið mjög algengur undanfarin ár.

Tafla 2.2. Gildi á göngustikum úr lágmörkun þar sem merkingargögn voru notuð og göngur skv. myndum 2.8 og 2.9.

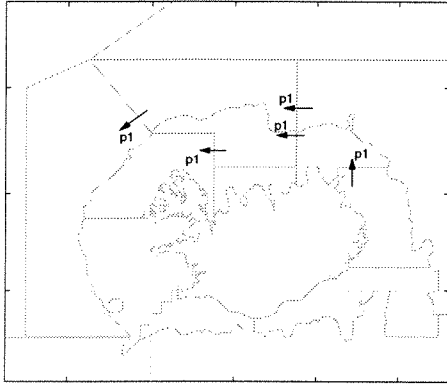
Nafn á stika	p1	p2	p3	p4	p5	p6	k1	k2	k3	k4	k5	k6
Gildi á stika	0.30	0.31	0.25	0.09	0.30	0.54	0.07	0.19	0.04	0.01	0.27	0.06



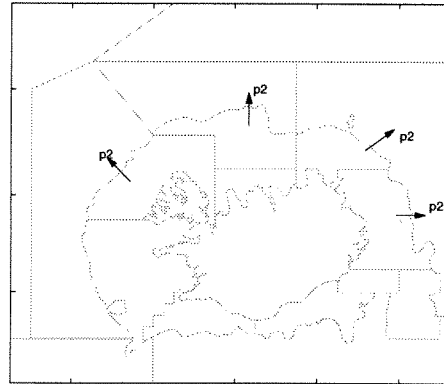
Mynd 2.10. Dreifing kynþroska þorsks með notkun á göngustikum úr töflu 2.2.2. Tölurnar sýna % í fjölda á hverju svæði.

Göngur loðnu.

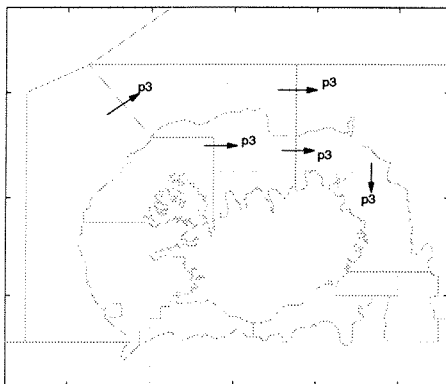
Göngum loðnu er lýst með 7 stikum, 4 fyrir kynþroska loðnu og 3 fyrir ókynþroska. (myndir 2.11 - 2.17) Voru stikarnir fyrir kynþroska loðnu metnir með því að lágmarka "skort á loðnu" í eins stofns hermun. Útkoman úr þeirri lágmarkun var síðan notuð sem upphafsgildi í þorsk-loðnu hermun.



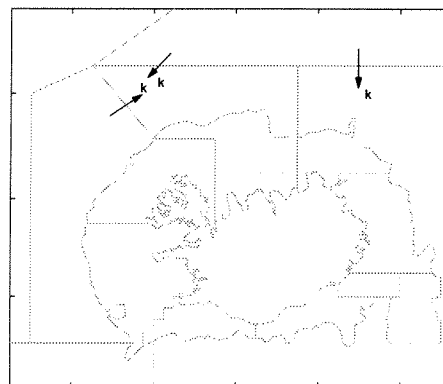
Mynd 2.11. Göngur ókynþroska loðnu í nóvember - janúar.



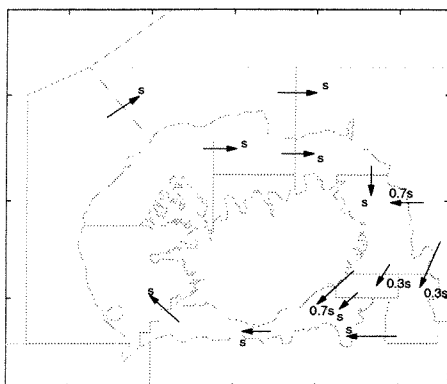
Mynd 2.12. Göngur ókynþroska loðnu í febrúar - apríl.



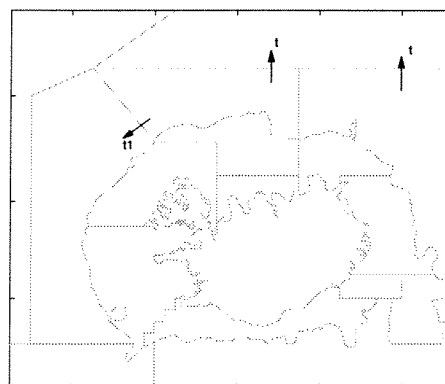
Mynd 2.13. Göngur ókynþroska loðnu í maí - október.



Mynd 2.14. Göngur kynþroska loðnu í september - desember.



Mynd 2.15. Göngur kynþroska loðnu í janúar - mars



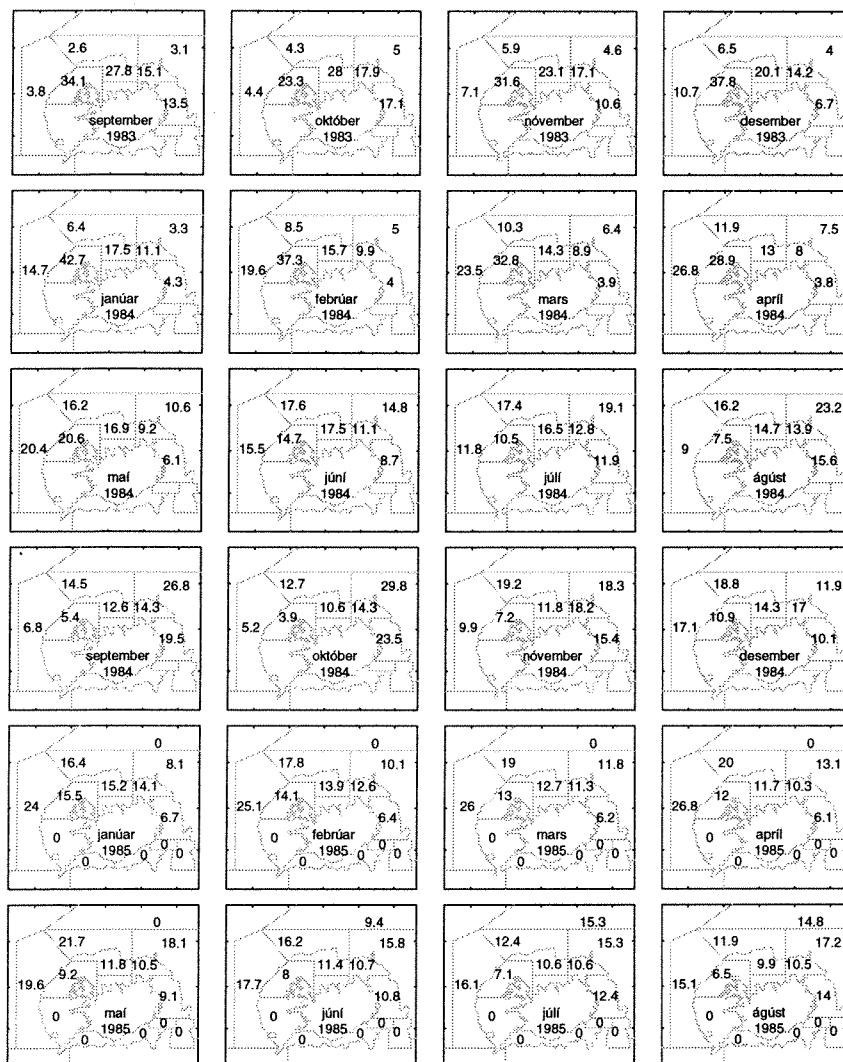
Mynd 2.16. Göngur kynþroska loðnu í júní - júlí.

1992 þar til hún drepst við hrygningu 1993. Á tímabilinu sem myndin nær yfir eru öll afföll á loðnunni tekin út úr hermuninni en dreifingin er talsvert önnur ef þau eru höfð með. Mynd 2.19 sýnir dreifingu 1983 árgangsins úr sömu hermun frá sept 1983 - sept 1985. Öll afföll eru með í mynd 2.19. Gefur hún hugmynd um dreifingu ókynþroska loðnu í þorsk-loðnu hermununum.

Tafla 2.3. Metin gildi á göngustikum í myndum 2.11 - 2.17

Nafn stíka	p1	p2	p3	k	t	t93	s	t1
metin gildi úr hermun 1a	0.36	0.073	0.25	0.39	0.40	0.89	0.89	-0.01
metin gildi úr hermun 2a	0.25	-0.002	0.19	0.28	0.36	0.89	0.89	-0.01

Mikið er enn ógert í sambandi við göngur loðnu sér í lagi kynþroska loðnu. Í dag er sama göngumynstrið notað fyrir öll árin. Þar sem göngur kynþroska loðnu eru mjög breytilegar frá ári til árs og þarf að leyfa göngustikumunum að breytast frá ári til árs. Með því móti mætti að mestu losna við það vandamál að ekki er til nóg loðna í líkaninu til að standa undir aflanum. (loðnuskortur). Einnig þarf að endurbæta hrygningargöngurnar þ.a þær nái betur vestur fyrir land.



Mynd 2.19. Dreifing 1983 árgangs loðnu skv. þorsk-loðnu hermun.

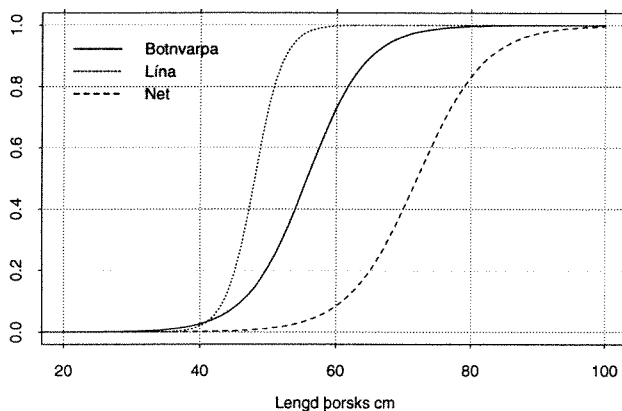
3. Afföll

Ýmis konar afföll verða í náttúrunni og er reynt að herma eftir þeim í BORMICON með því að gefa kost á

1. Náttúrulegum dauða.
2. Hrygningardauða.
3. Veiðum
4. Afráni dýrastofna.

Með náttúrulegum dauða er hér átt við afföll, sem ekki falla undir hina liðina þrjá. Náttúruleg afföll og hrygningardauði eru tekin sem föst gildi.

Veiði og afrán dýrastofna eru meðhöndluð á svipaðan hátt og er vísað til þess sem étur sem ræningja (*predator*) og þess sem er étinn sem bráðar (*prey*). Þannig getur hugtakið “ræningi” bæði vísað til fiskiskipaflota og lífvera. Bráð getur verið tegund sem látin er



Mynd 3.1. Veidimynstur þeirra flota sem veiða þorsk. Ferlarnir sýna lengdardreifingu afla ef lengdardreifing í stofni er lárétt lína. (jafn mikið af öllum lengdum)

nærri því að vera mettur. Veidimynstrið nægir ekki eitt sér til að reikna það hlutfall sem ræningi étur af bráð, það veltur á magni bráðar, magni annarra bráða og fjölda annarra ræningja á svæðinu. Hér er rétt að benda á, að gjarnan eru notuð ólík orð til að lýsa veiðni flota (veidimynstur=*selection pattern*) og vali ránfisks á bráð (*suitability*) en í BORMICON er ekki gerður greinarmunur á þessum hugtökum, enda er í raun um sömu ferla að ræða þegar grannt er skoðað.

Veidimynstur fyrir flota ráðast m.a af möskvastærð veiðarfæra. Veidimynstur sem voru notuð fyrir þá flota sem veiða þorsk eru sýndir á mynd 3.1. Gildin á þessum veidimynstrum voru metin út frá lengdardreifingum afla. Þau voru síðan notuð sem upphafsgildi í hermununum sem lýst er í 6. kafla. Gert var ráð fyrir því að veidimynstur fyrir kynþroska og ókynþroska þorsk væru þau sömu sem þarf þó alls ekki að vera. Til dæmis er hugsanlegt að net velji frekar kynþroska fisk en ókynþroska ef netin eru lögð þar sem fiskur fer um á leið til hrygningar. Athuga ber, að hér er á ferðinni veidimynstur sem á við innan tiltekens svæðis. Munur á magni af ókynþroska og kynþroska fiski stafar vitanlega að miklu leyti af því að meira er um kynþroska fisk á veiðisvæðum netabáta og nást þau áhrif að tölverðu leyti með svæðaskiptingunni í líkaninu.

Sömu veidimynstur voru notuð allt tímabilið (1982 -1996) Á tímabilinu hafa þó orðið tölverðar breytingar á veiðarfærum og má nefna að mikil aukning hefur orðið í möskvastærð neta síðustu 3 ár. Hefur algengasta möskvastærð farið úr 7 tommum í 9 tommur á þeim tíma. Hægt er að fylgja slíkum breytingum í líkaninu ef hlutfall afla sem tekið er í mismunandi möskvastærðir á hverju tímabili er þekkt.

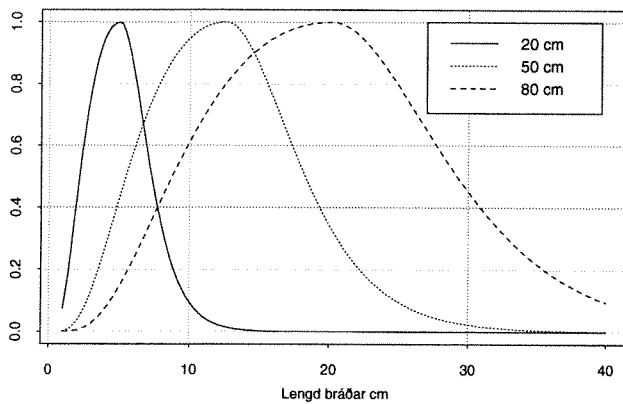
Veiðimynstur tegunda sem lifa á öðrum tegundum ráðast meðal annars af (Anderson og Ursin 1977):

Skörun ræningja og bráðar (lóðrétt og lárétt)

Lengd ræningja og lengd bráðar.

Öðrum hlutum ss. lögun bráðar, lit bráðar, sundhraða o.s.frv.

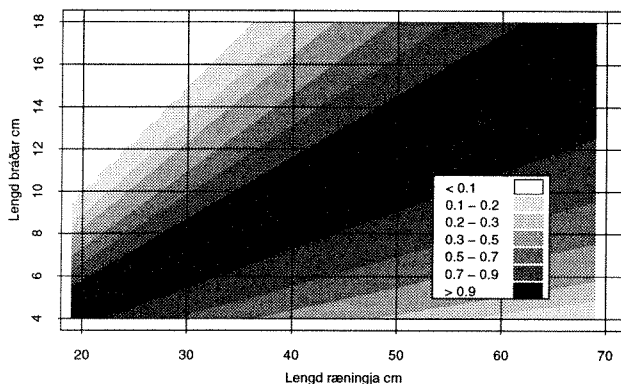
Ein af meginhugmyndunum við gerð líkansins var að reyna með svæðaskiptingunni að minnka áhrif lárétttrar skörunar ræningja og bráðar á veiðimynstrið. Slíkt tekst þó aldrei alveg. Má nefna að í janúar 1994 var þorskur inn á fjörðum alls ekki að éta loðnu meðan þorskur úti í kanti á sama BORMICON svæði át loðnu í miklum mæli á sama tíma. (Ólafur K. Pálsson o.fl 1997)



Mynd 3.2. Dæmigert veiðimynstur til að lýsa áti einnar lífveru á annarri. Sýndir eru 3 mismunandi ferlar fyrir 20cm, 50cm og 80cm langa ræningja.

Hafrannsóknastofnuninni. Veiðimynstur þetta er notað til að lýsa áti þorsks á loðnu. Gildin í myndum 3.2 og 3.3 eru kvörðuð þannig að hæsta gildið er 1.

Athuga þarf að ferlarnir á mynd 3.2 lýsa aðeins sambandi lengdar ræningja og bráðar. Eins og kom fram í upptalningunni hér að framan er ýmislegt fleira en lengd sem ræður því hve hentug bráð er fyrir ræningja.



Mynd 3.3. Veiðimynstur notað til að lýsa áti þorsks á loðnu.

tegund og lengd ræningja.

Við útreikninga á áti ræningja af lengd L er byrjað á að reikna veiðistofn allra bráða ræningjans. Þegar það hefur verið gert er neyslan reiknuð. eru 3 aðferðir til þess (mynd 3.4).

Veiðimynstur ræningja gagnvart tiltekinni bráð er oft flókið samband lengdar ræningja L og lengdar bráðar I . Fyrir tiltekna lengd ræningja lítur dæmigert veiðimynstur út eins og sýnt er á mynd 3.2. Ákveðin lengd bráðar hentar best og svo fellur ferillinn í báðar áttir út frá þeim punkti. Til að einfalda ferilinn er hægt að reyna að vinna eingöngu með hlutfallið L/I . Mynd 3.3 var unnin með því að fella þannig samband að þeim lengdarmælingum loðnu úr þorskmögum sem til eru á

Við útreikninga á áti er notað hugtakið "veiðistofn". Veiðistofn getur þýtt ýmislegt en hér er veiðistofn bráðar lífmassinn margfaldaður með veiðimynstri og síðan lagt saman yfir alla lengdarflokka. Orðið veiðistofn er notað hér til að leggja áherslu á það að fiskiskip og lífverur sem lifa á öðrum lífverum eru meðhöndluð á svipaðan hátt í líkaninu. Þar sem veiðimynstur fer bæði eftir tegund og lengd ræningja er veiðistofn háður bæði

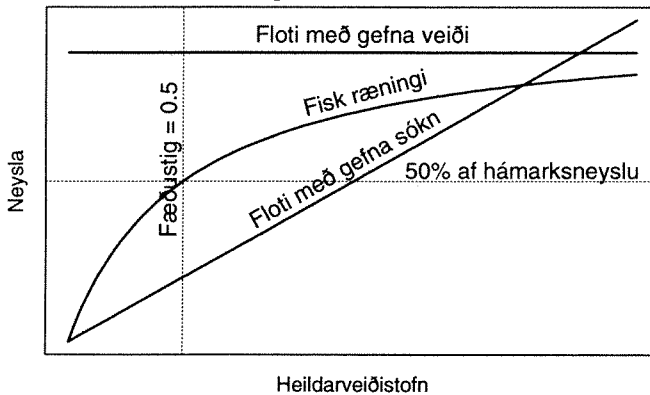
1. Floti með gefna veiði. Flotinn leytast við að veiða sama magn bráðar óháð veiðistofni. Dæmigert fyrir flota sem veiða þorsk og loðnu þar sem veitt magn á hverju svæði á hverju tímabili er talið nokkuð vel þekkt.

2. Floti með gefna sókn. Neysla vex línulega með veiðistofni. Notað í framreikningum þar sem sókn er gefin. Hallinn á línunni svarar til sóknarinnar.

3. Fisk ræningi. Í byrjun vex neysla línulega með veiðistofni en svo fara mettunaráhrif að segja til sín og neyslan getur aldrei orðið meiri en tiltekin hámarksneysla. (Bogstadt o.fl 1992, Joblin 1988). Hámarksneyslan er einkennandi fyrir ræningjann og er það magn sem hann étur þegar hann er í mikilli og góðri fæðu. Hún er háð tegund og lengd ræningja en einnig vex hún hratt með hitastigi vegna hraðari efnaskipta. Mynd 3.5 sýnir hámarksneyslu á móti lengd fisks fyrir nokkur mismunandi hitastig skv. jöfnu þeirri sem notuð er fyrir þorsk í líkaninu (Joblin 1988).

Þegar heildarátt hefur verið reiknað er hlutfall hvernar bráðar í því jafnt hlutfalli veiðistofns bráðar í heildarveiðistofni ræningjans.

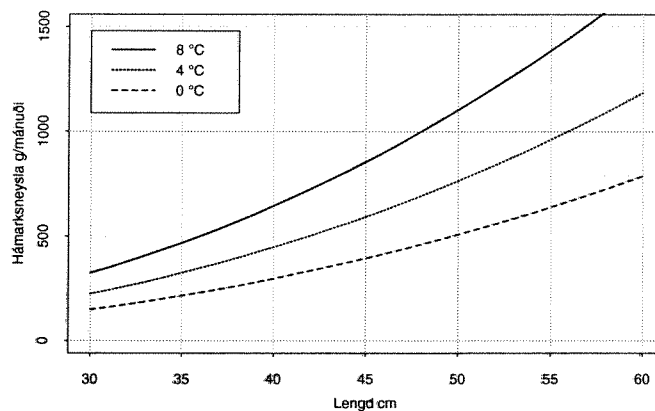
Við útreikninga á áti er reiknað út frá ástandi í upphafi tímabils. Þar sem neysla á



Mynd 3.4. Át ýmissa ræningja á móti heildarveiðistofni.

hvern ræningja er óháð fjölda ræningja getur auðveldlega komið upp sú staða að reiknað át einhvern bráðar sé meira en magn bráðarinnar á svæðinu Líkanið reiknar fyrir hverja bráð hlutfall reiknaðs áts og tiltæks stofns. Ef þetta hlutfall er stærra en 1 er neysla allra ræningja á bráðinni minnkuð um það hlutfall þ.a. ekkert er eftir af bráðinni. Gildir þetta einnig um ræningja þar sem neyslan

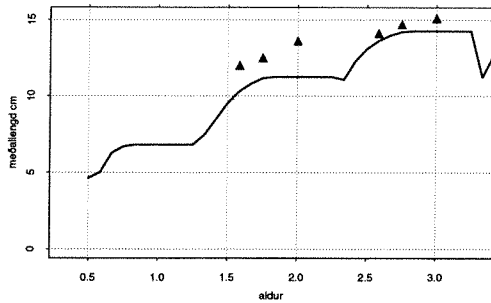
er fyrirfram gefin. Ef ekki er nægjanlega stór stofn til að standa undir aflanum er það vísbending um að eitthverjar forsendur hermunar séu ekki nægjanlega góðar. (ónógur vöxtur, rangt göngumynstur, of lítil nýliðun o.fl.). Er “skortur” á bráð meðal þeirra upplýsinga sem hægt er að nota í markfall sem er lágmarkað (Sjá 1. kafla).



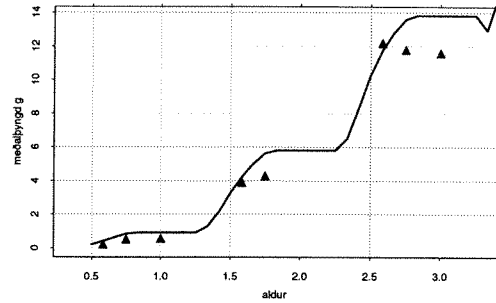
Mynd 3.5 Hámarksneysla þorsks við mismunandi hitastig.

er að vöxtur loðnu er mjög árstíðabundinn og er nær enginn á veturna hjá ókynþroska loðnu og lítill hjá kynþroska loðnu. Þar sem lengd tímaskrefs í þorsk-loðnu hermnum var 1 mánuður reyndist nauðsynlegt að margfalda reiknaðan vöxt skv. von Bertalanffy vaxtarlíkaninu með “árstíðarstuðli” til að ná að líkja þokkalega eftir vexti loðnunnar. Mynd 4.2 sýnir “árstíðarstuðulinn” sem var notaður.

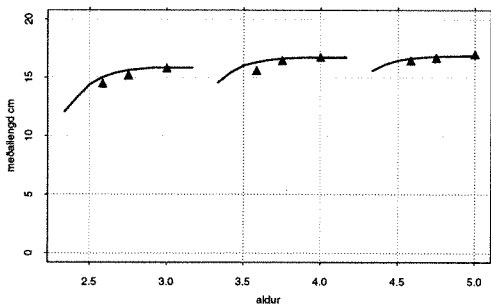
Myndir 4.3 - 4.6 sýna hvernig meðallengd og meðalþyngd loðnu þróast skv. metnu vaxtarferlinum. Á myndunum eru til samanburðar þau gögn sem vaxtarferillinn var felldur að. Þer vaxtarferlinum vel saman við gögnin að öðru leyti en því að meðallengd 1 árs ókynþroska loðnu er of lítil skv. metna vaxtarferlinum. Þyngd sömu loðnu þer hins vegar ágætlega saman við gögnin.



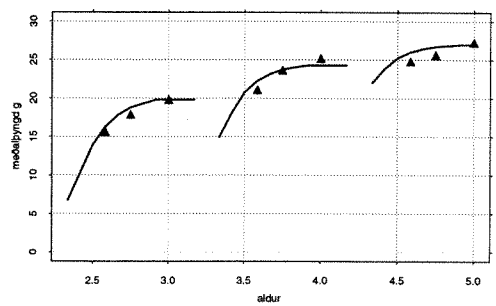
Mynd 4.3. Lengd ókynþroska loðnu.



Mynd 4.4. Þyngd ókynþroska loðnu.



Mynd 4.5. Lengd kynþroska loðnu.



Mynd 4.6. Þyngd kynþroska loðnu.

Fyrir þorsk var notað vaxtarlíkanið frá Jones og Hislop (1978).

$$G = \frac{F}{1.27W^{0.15}} - 0.0063W^{0.65} e^{0.081T+0.76V}$$

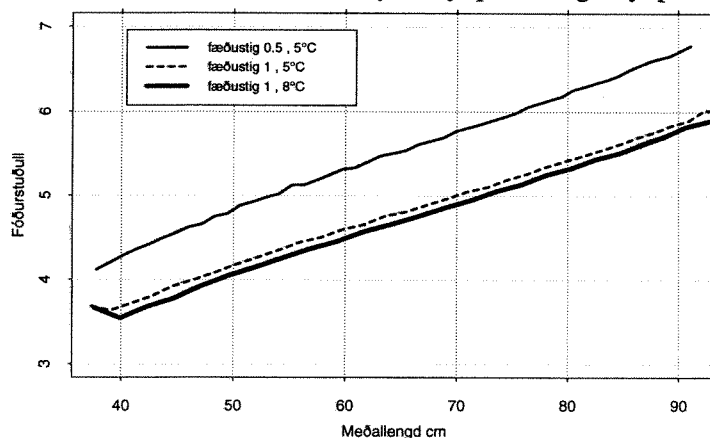
Hér er G vöxturinn, F neyslan, W þyngd fisks, T hitastig og V sundhraði í fisklengdum á sekúndu. Líðurinn $0.0063W^{0.65} e^{0.081T+0.76V}$ er fæðupörf til viðhalds meðan $\frac{1}{1.27W^{0.15}}$ er nýting á fæðunni. Fæðupörf til viðhalds eykst með þyngd og hitastigi (u.þ.b 9% á °C) meðan nýting fellur með aukinni stærð fisks. $V = 0.28$ var notað

Myndir 4.7 og 4.8 sýna fódurstuðul og vöxt skv. vaxtarlíkaninu. Fæðustig er hlutfall neyslu af hámarksneyslu (myndir 3.4 og 3.5). Fódurstuðull er það magn fódurs sem þarf til að framleiða hvert kg af fiski. Samkvæmt vaxtarlíkaninu er fódurstuðullinn því lægri sem fiskurinn er að éta meira því viðhaldsorkan er sú sama. Nýtingin á fóðrinu er hins vegar sú sama en það fer hlutfallslega minna í brennslu eftir því sem fiskurinn étur meira. Fódurstuðullinn er lítið háður hitastigi (miðað við sama fæðustig) en vöxturinn eykst með hitastigi ef fiskurinn fær nóg að éta. (Fiskurinn léttist líka hraðar ef hann fær ekkert að éta.) Fódurstuðlar þeir sem sýndir eru á mynd 4.7 eru mun hærri en hjá Birni Björnssyni 1997. Fyrir 1-2 kg fisk fær hann fódurstuðul á bilinu 2.5-3 meðan sambærileg tala á mynd 4.7 er um 4.5. Hafa þer í huga að þessir lágu fódurstuðlar hjá Birni náðust þegar þorskurinn var

fóðraður á feitri loðnu. Þorskur fóðraður á rækju eða magurri loðnu var með fóðurstuðul yfir 4.

Þar sem íslenski þorskstofninn er stór og neysla hans beinist talsvert að tegundum sem menn hafa áhuga á að nýta er fóðurnýting þorsks ein mikilvægasta stærðin sem kemur inn í fjölstofna hermanir fyrir Íslandsmið. Fjöldi þorska og vöxtur þeirra er sámilega þekktur og út frá því má reikna heildarfæðuþörf þorskstofsins. Síðan má nota líkön eins og BORMICON til að dreifa neyslunni á mismunandi bráðir. Er mikilvægt varðandi notagildi niðurstaðna að fóðurnýting þorsksins sé þokkalega nærri lagi.

Eins og sjá má á mynd 4.8 er lengdarvöxtur skv. ferlinum nær línulegur og dregur lítið úr honum með vaxandi stærð. Í keyrslum á líkaninu hefur verið dregið úr vexti kynþroska þorsks með því að láta hann léttast við hrygningu en aðeins um 8 - 10% sem er of lítið. Að auki hefur hámarksneysla kynþroska og ókynþroska þorsks verið metin sérstaklega

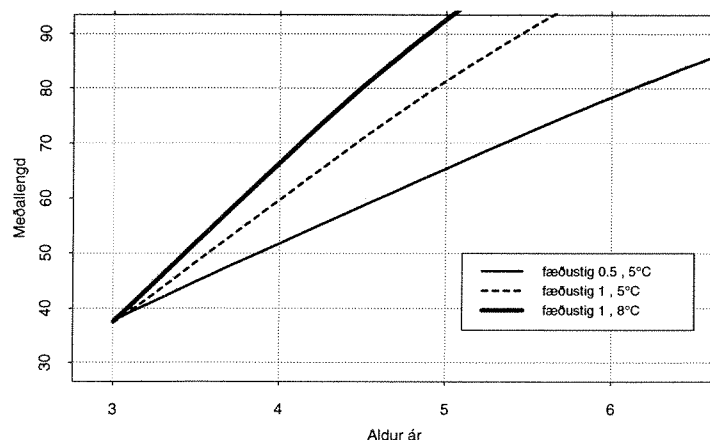


Mynd 4.7. Fóðurstuðull þorsk skv. vaxtarlíkani Jones og Hislop.

en hún endurspeglast í vextinum. Það að meta hámarksneysluna sérstaklega dregur úr vexti kynþroska þorsks því hann er látinn éta minna. Þetta eru þó allt hlutir sem þarfnast endurskoðunar.

Líkanið tekur ekki tillit til orkuinnihalds bráðar heldur er öll fæða látin hafa sama orkuinnihald. Nú hefur feit loðna mun

meira orkuinnihald en þorskur og meira orkuinnihald en flestar aðrar bráðir þorsks. Eins og áður er minnst á fékk Björn Björnsson (1997) mun betri fóðurnýtingu hjá þorski fóðruðum á



Mynd 4.8. Vöxtur þorsks skv. vaxtarlíkani Jones og Hislop.

feitri loðnu en á magurri loðnu eða rækju. Fitin í loðnunni fer í lifur þorsksins og til brennslu en nýtist ekki beint til vaxtar. Er líklegt að í náttúrunni nýtist orkan í feitri loðnu þorskinum betur en í eldi.

Mikið er eftir ógert í sambandi við vöxt þorsks og má etv. nota líkanið í framtíðinni til hjálpar við að öðlast betri skilning á vexti þorsks

m.a með því að taka inn þær umfangsmiklu vigtanir á þorski sem hafa verið framkvæmdar undanfarin 4 ár af starfsmönnum Hafrannsóknastofnunarinnar.

5. Kynþroski og hrygning

Hjá mörgum tegundum verður mikil breyting á göngum við kynþroska. Fyrir kynþroska er fiskurinn yfirleitt bundinn við tiltölulega afmarkaðar uppeldisstöðvar og megin göngurnar eru milli aðliggjandi svæða í leit að fæðu. Hjá kynþroska fiski koma aftur á móti

hrygningargöngur þar sem fiskurinn fer oft 100 mílur eða meira á stuttum tíma og svo til baka. Hjá fiskum eins og loðnu bætist svo við að megnið af þeim fiski sem verður kynþroska deyr við næstu hrygningu.

Vegna þessara ólíku gangna kynþroska og ókynþroska fisks er nauðsynlegt í fjölsvæða líkani að skipta fiskum upp í ókynþroska og kynþroska hluta. Af því leiðir að einhvern veginn verður að láta ókynþroska fisk verða kynþroska.

Í þorsk-loðnu hermununum sem er lýst í 6. kafla er bæði þorski og loðnu skipt upp í kynþroska og ókynþroska hluta. Fyrir hvoruga tegundina var mikil vinna lögð í kynþroskalíkanið heldur var reynt að finna eitthvað sem var "nothæft". Hins vegar var lögð töluverð vinna í að útfæra BORMICON líkanið þannig að auðvelt væri að bæta við betri kynþroskalíkönunum í fyllingu tímans.

Fyrir loðnu var ákveðið að láta kynþroskalíkanið vera þannig að það ákveðst að vori hvaða loðna verður kynþroska. Miðað er við að öll loðna sem nær ákveðinni lengd í maí verði kynþroska. Að miða við 11.5 cm virtist falla einna best að tiltækum gögnum og var það sú regla sem var notuð.

Fyrir þorsk er kynþroskahlutfalli eftir lengd og aldri lýst með "logit" falli

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta l + \gamma a)}} \quad \alpha < 0, \beta > 0, \gamma > 0$$

p : kynþroskahlutfall

l : lengd

a : aldur

"logit" fallið er mikið notað í aðhvarfsgreiningu þegar verið er að fást við hlutföll (McCullagh og Nelder 1989). Eitt einkenni á fallinu er að það liggur alltaf á milli 0 og 1 sem er æskilegur eiginleiki fyrir föll sem eiga að lýsa hlutföllum. Skilyrðin á stuðlunum $\alpha < 0$, $\beta > 0$, $\gamma > 0$ tryggja að kynþroskahlutfallið vaxi með lengd og aldri.

Í líkaninu er ákveðið hlutfall af ókynþroska fiski gert kynþroska á hverju tímabili. Er það hlutfall

$$p_m(a, l) = \frac{1}{1 - p} \frac{dp}{dt}$$

Hér er tímaafleiðan $\frac{dp}{dt}$ mælikvarði á hve ört kynþroskahlutfallið breytist með tíma

en $\frac{1}{1 - p}$ er hlutfall fiska sem enn eru ókynþroska (af upphaflegum fjölda). Á hverju

tímaskrefi eru kynþroskalíkurnar reiknaðar út frá breytingum í aldri (lengd tímaskrefs) og breytingu í lengd (vexti) og reiknað hlutfall gert kynþroska. Í mörgum tilfellum má reikna með að afföll á kynþroska fiski séu ólík því sem er á ókynþroska fiski þ.a. það hlutfall sem er kynþroska á hverjum tíma sé ekki það sama og hlutfall sem hefur orðið kynþroska.

Hlutfall kynþroska fisks í afla eða ralli er eitt af þeim upplýsingum sem nýtast í markfall.

6. Niðurstöður.

Inngangur

Í þessum kafla verða kynntar niðurstöður úr tveimur þorsk-loðnu hermununum þar sem BORMICON líkaninu var beitt. Báðar hermanir byggja á svæðaskiptingunni sem sýnd er á mynd 1.1. Í báðum hermununum er loðnan meðhöndluð á sama hátt. Loðnan kemur inn í líkanið í ágúst árið sem hún er 0 ára. Dreifing loðnuseiðanna er samkvæmt seiðaleiðangrinum í ágúst en árgangsstyrkur er metinn. Náttúrulegur dauði loðnu (af völdum

annars en afráns) var hafður 0.42 á ári eða 0.035 á mánuði. Hermanirnar náðu yfir tímabilið frá 1 janúar 1982 - 31 mars 1996.

Þorsk-loðnu hermun. Þorskur 3 ára og eldri.

Í þessari hermun kemur þorskur inn í líkanið 3 ára. Náttúrulegur dauði þorskins var settur sem **0.2**, sama gildi og hefur verið notað í stofnmati Hafrannsóknastofnunarinnar (Anon. 1996). Þorskurinn var látinn éta tvær bráðir, loðnu og “aðra fæðu.” Metnir stuðlar voru nýliðun þorsks og loðnu, göngur loðnu og ókynþroska þorsks, stuðlar sem lýsa kynþroskalíkum þorsks, stuðlar í veiðimynstri þorsks að éta loðnu og veiðimynstur flota sem veiða þorsk. Í þessari grein er vísað til þessarar hermunar sem hermunar 1 og mismunandi tilvika sem 1a, 1b og 1c.

Veiðimynstur sem notað var fyrir þorsk sem ræningja og loðnu sem bráð er sýnt á mynd 3.4. Veiðimynstur þetta var margfaldað með stuðli sem var metinn sér fyrir kynþroska og ókynþroska loðnu.

Veiðimynstur þorsks að éta aðra fæður er fasti. Voru sérstök gildi fyrir suður og norðursvæði og að auki voru sérstök gildi fyrir sumar og vetur á norðursvæði. Voru því metnar þrjú stuðlar í veiðimynstri þorsks að éta “aðra fæðu”.

Hermunin er sett upp þannig að lífmassi annarar fæðu er frekar mikill en gildið á veiðimynstri þorsks að éta aðra fæðu er fremur lágt. Með því er engin hætta á því að önnur fæða klárast. Í mörgum tilfellum gæti hins vegar verið áhugavert að láta aðra fæðu vera takmarkaða. Það gæti leitt til þess að meira drægi úr vexti þorsks þegar loðnustofninn er í lægð heldur en gerir í þeim hermunum sem hér er lýst.

“Vísitölur” úr ralli og bergmálmælingum eru meðal þeirra gagna sem hægt er að nýta í markfall eins og fram kemur í 1. kafla. Samband milli vísitalna og fjölda í stofni er á forminu $I = aN^b$ þar sem stuðlarnir a og b eru metnir með línulegri aðhvarfsgreiningu á $\log(I)$ vs. $\log(N)$. I er hér vísitala á stofnstærð en N fjöldi skv. líkani í þeim stofnhluta sem vísitalan mælir. Við líknarfallið bætist síðan $\sum (\log(I) - a - b \log(N))^2$. Tvö sértílfelli af jöfnunni eru mest notuð:

1. Línulegt samband milli stofnstærðar og vísitalna ($b=1$). $I = aN$
2. Vísitölur algildur (absolute) mælikvarði á stofnstærð ($b=1, a=1$). $I = N$

Samband allra þorskvísitalna við stofnstærð var haft á forminu $I = aN$ þ.e. vísitölurnar eru hlutfallslegur mælikvarði á stofnstærð.

Oft er talið að bergmálmælingar séu “algildur” mælikvarði á stofnstærð (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Í hermuninni voru bergmálmælingar 3 ára loðnu um haust og 4 ára í janúar taldar algildur mælikvarði á stofnstærð en bergmálmælingar yngri loðnu voru taldar hlutfallslegur mælikvarði á stofnstærð. Var sama hermun einnig útfærð með allar bergmálmælingar sem hlutfallslegan mælikvarða á stofnstærð.

Magagögn eru þannig tekin inn í markfallið að líkanið ber hlutföll gefinna bráða skv. magagögnum saman við þau hlutföll sem líkanið reiknar. Þetta er gert fyrir hvert svæði, tímabil og lengdarflokk ræningja. Þegar hlutföll í magasýnum fyrir líkanið eru reiknuð þarf að hafa í huga að þau hlutföll sem borið er saman við eru hlutfall í neyslu sem þurfa alls ekki að vera þau sömu og hlutföll í magainnihaldi.

Talsvert hefur verið gert af því að reikna neyslu þorsks beint út frá magagögnum og meltingarhraðalíkani (Kjartan Magnússon og Ólafur K Pálsson 1989, Bogstadt o.fl. 1993). Kjartan Magnússon og Ólafur K Pálsson (1989) lýsa meltingarhraða með jöfnunni.

$$C = 2.6L^{0.4}1.09^{T-6} \sqrt{Q}$$

C : Meltingarhraði (eða át á tímaeiningu)

L : Lengd ræningja

T : Hitastig

Q : Magainnihald

Át af hverri bráð er síðan heildarátið (C) margfaldað með hlutfalli hveðrar bráðar í magasýni. Það að \sqrt{Q} er notuð þýðir að til að tvöfalda reiknað át þarf að fjórfalda magainnihaldið. Þar sem loðna er í maga er magainnihald yfirleitt mikið. Það að nota \sqrt{Q} dregur þar af leiðandi úr vægi loðnu sem bráðar. Aðrir höfundar hafa notað önnur meltingarhraðalíkön (Ursin og Pennington 1985, Dos Santos og Jobling 1992, Jones 1974). Flest þessi líkön eru á forminu $C \propto Q^b$ þar sem veldisvísirinn **b** liggur milli 0.5 og 1. Til að kanna áhrif veldisvísisins **b** voru tvö gildi á honum prófuð. **0.5** var notað sem grunntilfelli en einnig var **b=1** prófað en það svarar til að át sé í réttu hlutfalli við magainnihald. Ekki skiptir máli hver hlutfallsstuðullinn er þar sem aðeins er notast við hlutföll í magasýnum, veldisvísirinn **b** skiptir eingöngu máli.

Af hermun 1 voru prófuð 3 tilvik.

1a. Át í hlutfalli við kvaðratrót af magainnihaldi. Bergmálmælingar algildur mælikvarði á stofnstærð 3 ára loðnu um haust og 4 ára í janúar, annars hlutfallslegur mælikvarði.

1b. Át í hlutfalli við magainnihald. Bergmálmælingar algildur mælikvarði á stofnstærð 3 ára loðnu um haust og 4 ára í janúar, annars hlutfallslegur mælikvarði.

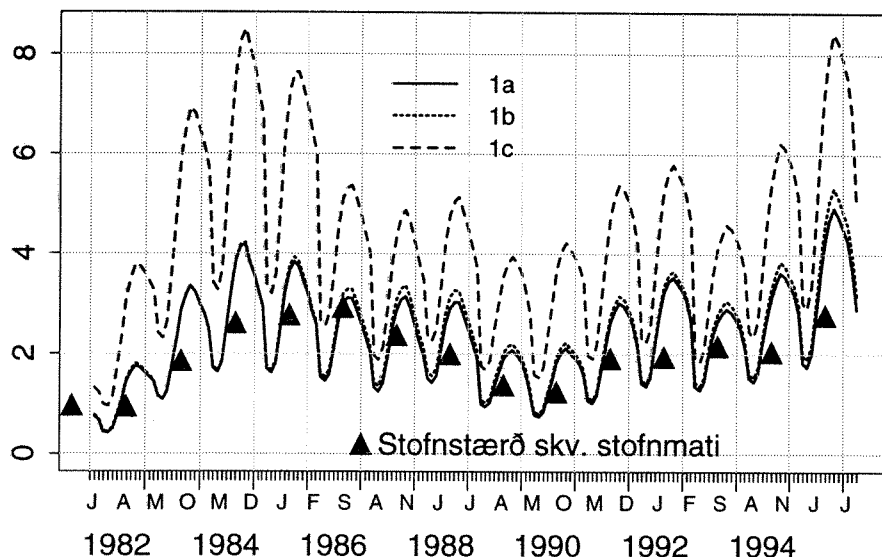
1c. Át í hlutfalli við kvaðratrót af magainnihaldi. Allar bergmálmælingar hlutfallslegur mælikvarði á stofnstærð.

Í öllum þessum tilfellum er um sömu hermunina að ræða og sömu stuðlar eru metnir, það sem breytist milli tilvika eru útreikningar á markfalli.

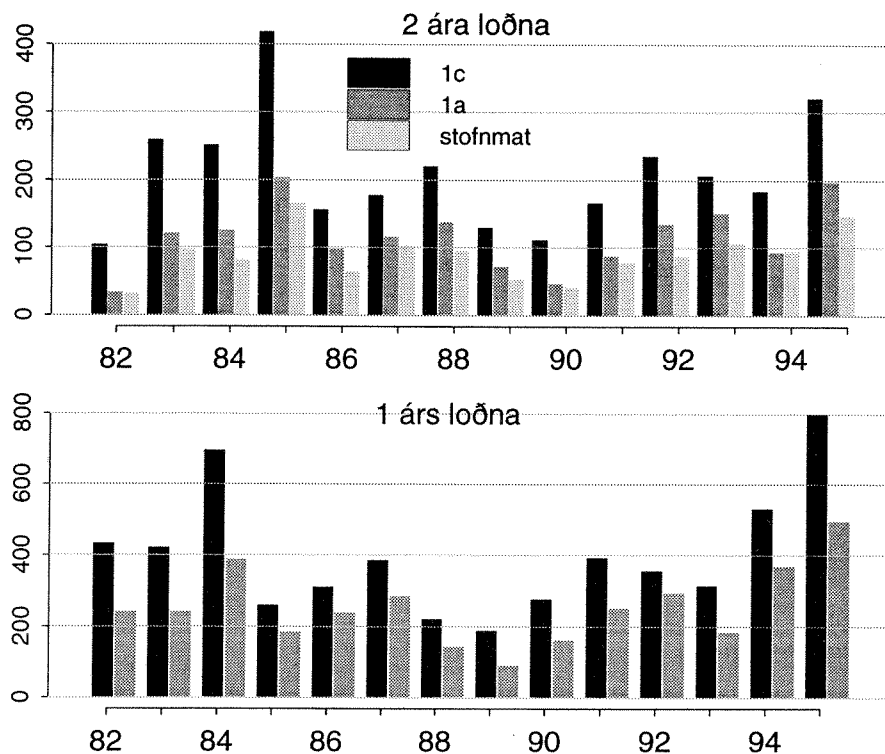
Tafla 6.1. Dreifing markfallsins á mismunandi hluta í hermunum 1a, 1b og 1c.

Lýsing	Hermun 1a		Hermun 1b		Hermun 1c	
	Gildi	%	Gildi	%	Gildi	%
Bergmálmælingar eins árs loðnu.	2045	5	2044	4.8	2022	5.3
Aldursdreifing þorsks í afla	3236	7.8	3254	7.6	3266	8.5
Aldurs-lengdarlyklar þorsks í afla	3682	8.9	3720	8.7	3822	10
Bergmálmælingar 2 - 4 ára loðnu	7198	17.5	7262	17	5485	14.3
Meðallengd þorsks í afla	2152	5.2	2087	4.9	2175	5.7
Vísitölur 3 ára þorsks	34	0.1	34	0.1	36	0.1
Vísitölur 4 ára þorsks	108	0.3	104	0.2	103	0.3
Vísitölur 5-8 ára þorsks	926	2.3	916	2.2	1001	2.6
Vísitölur 9-11 ára þorsks	575	1.4	649	1.5	658	1.7
Lengdardreifingar í afla	4156	10.1	4143	9.7	4313	11.3
Aldursdreifing í ralli	982	2.4	988	2.3	987	2.6
Aldurs-lengdarlyklar í ralli.	2882	7	2944	6.9	2943	7.7
Meðallengd í ralli	1895	4.6	1901	4.4	1846	4.8
Lengdardreifingar í ralli	2528	6.2	2490	5.8	2640	6.9
Hlutföll í magasýnum	7538	18.3	8880	20.8	6550	17.1
Loðnuskortur	1212	3	1289	3	454	1.2
Þorskskortur	20	0	29	0.1	1	0
Alls	41170	100	42734	100	38301	100

Tafla 6.1 sýnir dreifingu markfallsins á mismunandi hluta fyrir öll tilvikin. Gildið á markfallinu er lægst í 1c en hæst í 1b. Í 1c eru það bergmálmælingar 2-4 ára loðnu, loðnuskortur og hlutföll í magasýnum sem passa betur. Sé litið á mynd 6.1 sést að loðnustofninn í 1c er mjög stór enda er í sjálfu sér lítið sem takmarkar hann (Allar bergmálmælingar eru hlutfallslegur mælikvarði á loðnumagnið).



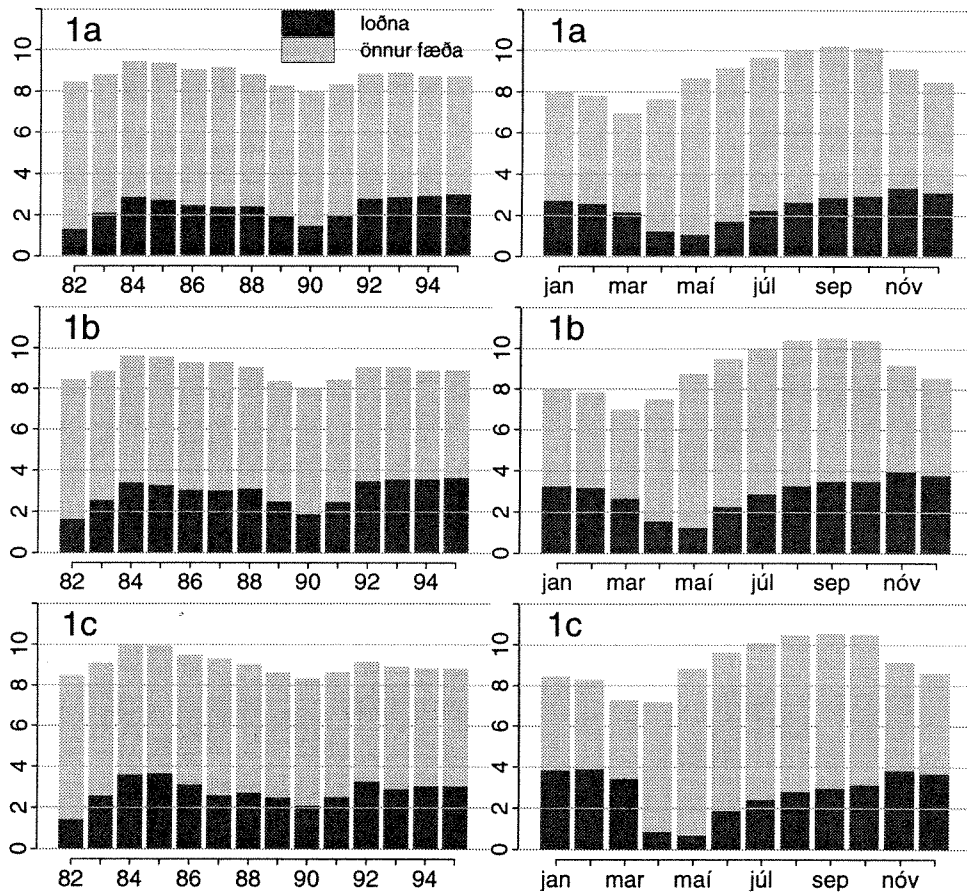
Mynd 6.1. Þróun heildarlífmassa loðnu (100,000 tonn) skv. hermun 1.



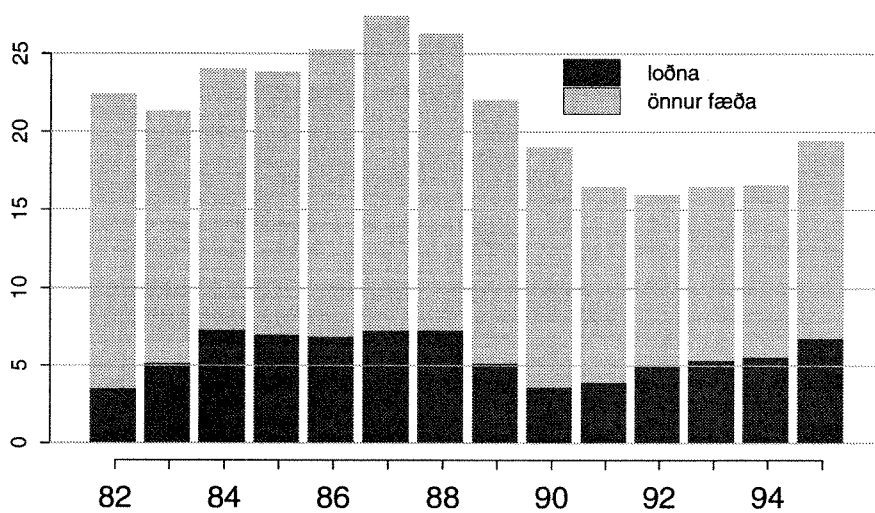
Mynd 6.2. Fjöldi 1 og 2 ára loðnu (milljarðar fiska) í ágúst skv. líkani og 2 ára loðnu í ágúst skv. stofnmati Hafrannsóknastofnunarinnar.

Mynd 6.2 sýnir fjölda 1 og 2 ára loðnu í ágúst skv. líkaninu og skv. stofnmati Hafrannsóknastofnunarinnar (Anon. 1996). Sést að mun meira er af 2 ára loðnu skv. hermun 1c en 1a en munurinn er minni hjá eins árs loðnu. Metinn margföldunarstuðull á valferil

Þorsks að éta ókynþroska loðnu er 0.25 í hermun 1a en 0.1 í hermun 1c. Þýðir það að þorskurinn étur mun meira af ókynþroska loðnu skv. hermun 1a en 1c. Er það niðurstaða sem búast mátti við. Í hermun 1a verður magn 3 ára loðnu um haust og 4 ára loðnu að vera nálægt því sem bergmálsmælingar gefa. Til að ná því áti sem magasýnin benda til er því ekki um annað að ræða en að láta þorskinn éta eitthvað af ókynþroska loðnu.



Mynd 6.3. Át þorskstofnsins í g/kg/dag skv. hermun 1.



Mynd 6.4. Heildarátt þorskstofnsins á ári í 100 þúsundum tonna skv.1a.

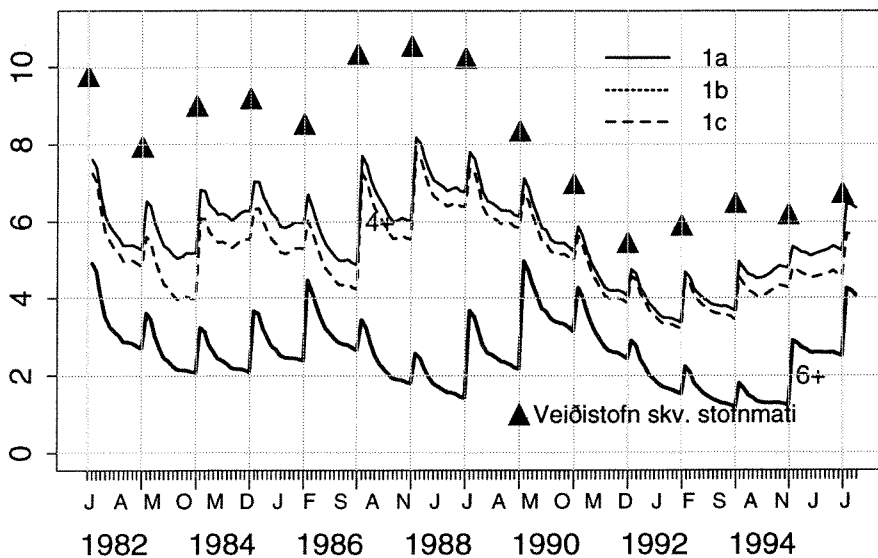
Mynd 6.3 sýnir át fisks í g/kg fisk/dag. Sést að loðnuát yfir árið er frá 20-40% af heildaráti. Er loðnuátið heldur minna skv. hermun 1a en 1b og 1c. Dreifingin yfir árið er nokkuð önnur skv. hermun 1c, minna át á sumrin en meira á veturna.

Mynd 6.4 sýnir áætlað heildarátt og loðnuát þorskstofnsins (3 ára og eldri) í hermun 1a. og tafla 6.2 sýnir loðnuát og heildarátt fyrir allar hermanirnar. Sést að loðnuát þorskstofnsins er oftast frá 400 -800 þúsund tonn á ári. eru þetta mun lægri tölur en hjá Kjartani Magnússyni og Ólafi K. Pálssyni (1989 og 1991). Á mynd 6.3 sést að metið át í apríl og maí er lægst skv. hermun 1c. Eins og áður var minnst á var át á ókynþroska loðnu mun minna skv. hermun 1c en hinum tilfellunum. Í apríl og maí er enginn kynþroska loðna í líkaninu þ.a átið í apríl og maí er eingöngu át á ókynþroska loðnu.

Tafla 6.2. Loðnuát og heildarátt þorskstofnsins í þúsundum tonna ásamt hlutfalli loðnu í neyslu þorsks skv. hermun 1.

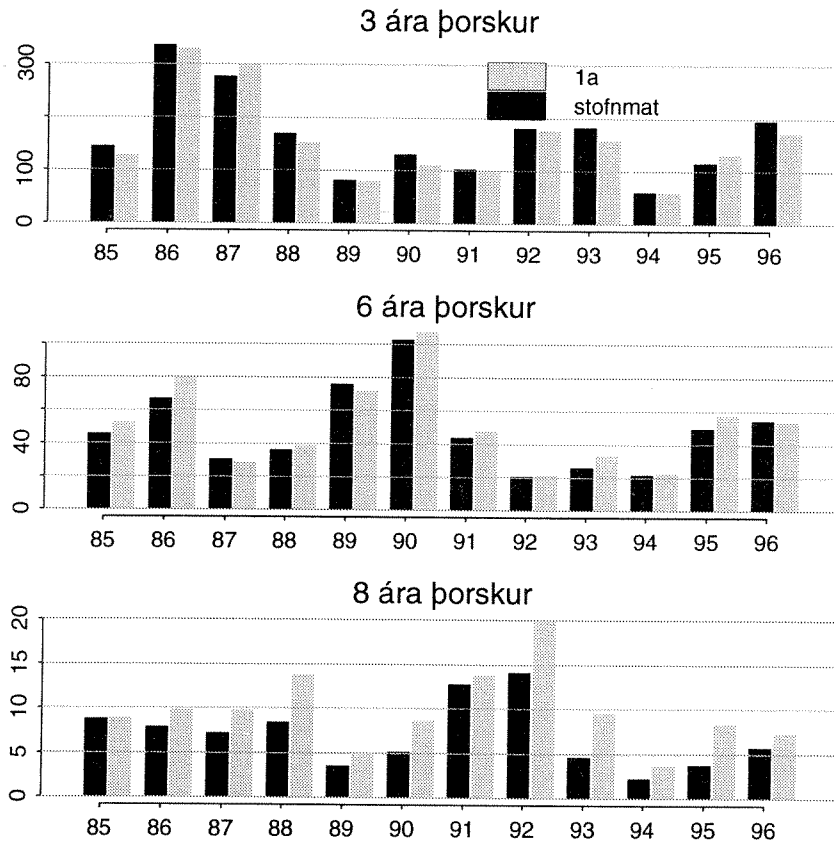
Ár	Át skv. hermun 1a			Át skv. hermun 1b			Át skv. hermun 1c		
	loðna	heild	% loðna	loðna	heild	% loðna	loðna	heild	% loðna
82	350	2242	16	423	2181	19	345	2003	17
83	516	2135	24	591	2076	28	551	1957	28
84	732	2406	30	832	2342	36	826	2269	36
85	701	2388	29	806	2317	35	845	2275	37
86	686	2526	27	822	2474	33	803	2457	33
87	725	2743	26	868	2673	32	743	2646	28
88	728	2627	28	891	2572	35	768	2536	30
89	516	2207	23	639	2138	30	633	2189	29
90	359	1904	19	442	1866	24	482	1902	25
91	391	1645	24	470	1612	29	483	1641	29
92	505	1598	32	604	1577	38	565	1583	36
93	533	1646	32	639	1621	39	510	1553	33
94	558	1664	34	663	1635	41	530	1521	35
95	677	1951	35	793	1941	41	614	1757	35

Er líklegt að niðurstöðurnar sem hér eru sýndar feli í sér vanmat á hlutdeild loðnu í fæðu þorsks. Meginskýringin er að aðeins var notast við hlutföll í magasýnum. Er þá ekki tekið tillit til þess að háu hlutfalli loðnu í mögum fylgir yfirleitt mikil magafylli. Þyrfti einnig að taka heildarmagn í maga eða heildarátt samkvæmt magagögnum inn í markfallið.



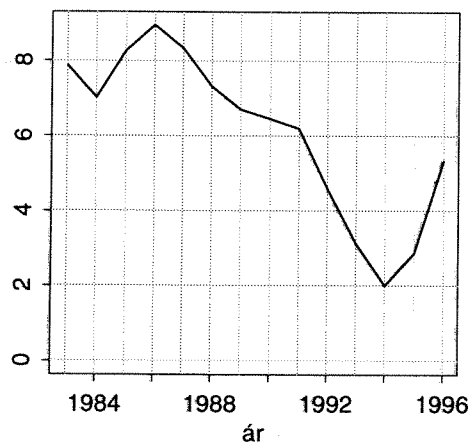
Mynd 6.5. Veiðistofn þorsks og lífmassi 6 ára þorsks og eldri skv. hermun 1 (100 þús. tonn). Lífmassi 6 ára og eldri aðeins sýndur skv. hermun 1a.

Forsendur þær sem hermun 1 byggir á eru mikið til þær sömu og stofnmat Hafrannsóknarstofnunarinnar á þorskstofninum er byggt á. Aflatölur, kvarnasýni, lengdarsýni, lengd þyngdarsambönd og náttúrulegur dauði eru þau sömu. Þar sem aðferðirnar sem líkanið notar eru í eðli sínu töluvert ólíkar VPA greiningunni er áhugavert að sjá hvernig niðurstöðum ber saman við tölur úr stofnmati Hafrannsóknarstofnunarinnar (Anon. 1996).



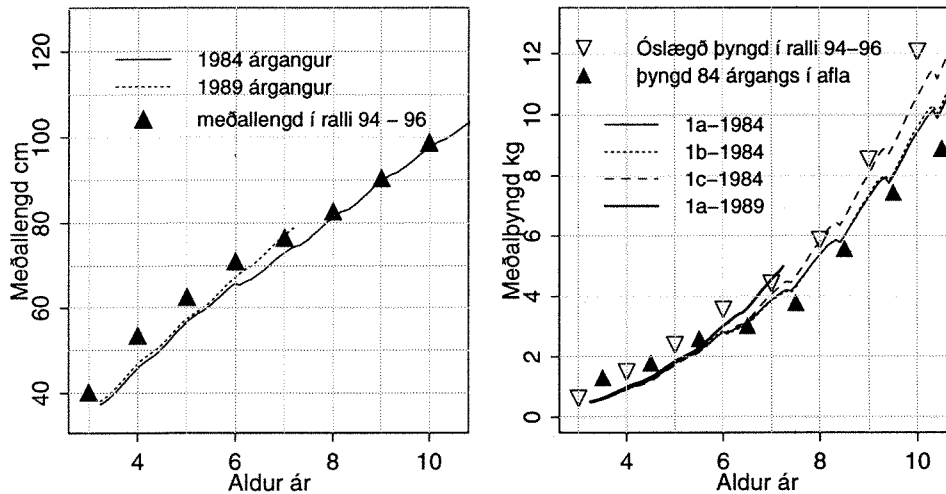
Mynd 6.6. Fjöldi þorska (milljónir fiska) í upphafi árs skv. hermun **1a** borið saman við stofnmat.

Mynd 6.5 sýnir þróun veiðistofns þorsks og lífmassa 6 ára og eldri þorsks. Til samanburðar er veiðistofn úr stofnmati. Á mynd 6.5 kemur vel fram hvað lífmassi 6 ára þorsks og eldri hefur aukist mikið síðan 1994. Á mynd 6.6 er sýndur fjöldi 3, 6 og 8 ára þorska í upphafi árs skv. líkani og skv. stofnmati. Ber niðurstöðum vel saman. Grænlandsgangan 1990 var metin 21 milljónir fiska í hermun **1a**, 27 í **1c** og 30 í **1b**.



Mynd 6.7 Afli á sóknareiningu á suður og vestursvæði í 1983 - 1996. (hermun 1a)

Aukning í magni stærri þorsks kemur einnig vel fram í mynd 6.7 sem sýnir afla á sóknareiningu í net á svæðum 1 og 10 (suður og vestursvæði) í mars skv. hermun 1a. Eykst afli á sóknareiningu um um 170% milli árunna 1994 og 1996 og 85% milli 1995 og 1996. Gildin á mynd 6.7 eru hlutfallslegur mælikvarði á afla á sóknareiningu miðað við að afli á sóknareiningu vaxi línulega með veiðistofni. Árið 1982 er ekki með á mynd 6.7 þar sem það er of nærri upphafi hermunar og áhrif upphafsgilda of mikil.



Mynd 6.8. Meðallengd (cm) og meðalþyngd (kg) þorsks í líkani. Til samanburðar eru meðalþyngd 1984 árgangs í afla ásamt meðallengd og meðalþyngd í ralli 1994 - 1996.

Mynd 6.8 sýnir meðallengd og meðalþyngd 1984 og 1989 árgangs. Til samanburðar er meðalþyngd 1984 árgangsins í afla (Anon. 1996) og meðalþyngd þorsks í ralli 1994-1996. 1984 árgangurinn virðist á efri árum vera talsvert þyngri skv. líkaninu en í afla.

Breytileiki í vexti þorsks á Íslandsmiðum hefur ekki verið mikill undanfarin ár miðað við t.d. í Barentshafinu. Síðasti verulegi afturkippur í vöxt þorsksins kom kringum 1982 (Björn Æ Steinarsson og Gunnar Stefánsson 1991 og 1996) þegar loðnustofninn var í mikilli lægð. Til að ná þeirri lægð þyrfti að útbúa gögn fyrir líkanið eitthvað aftur fyrir 1980. Með því fengjust meiri “andstæður” í gögnin sem myndi hjálpa til við mat á ýmsu varðandi vöxt og át þorsks.

Tafla 6.3. Vöxtur þorsks frá mars 1996 - mars 1997 með loðnustofn mjög lítinn og mjög stóran.

Aldur	Þyngd mars 1996	þyngd mars 1997 loðnustofn lítill	þyngd mars 1997 loðnustofn stór
3	0.55		
4	1.4	1.01	1.34
5	2.86	2.28	2.80
6	3.77	4.09	4.74
7	4.95	5.16	5.81
8	6.78	6.57	7.22

frá mars 1996 - mars 1997. Niðurstöður má sjá í töflu 6.3. Borið saman við niðurstöður hjá Birni Steinarssyni og Gunnari Stefánssyni (1991, mynd 8) virðast áhrif loðnustofnsins á vöxt þorsks ekki ósvipuð. Hafa ber í huga að fiskurinn var yfirleitt í góðu ástandi í mars 1996 þar sem loðnustofninn var þá mjög stór þ.a það er aðeins í 1 ár sem fiskurinn hafði lítið af loðnu. Það að ekkert er veitt getur haft áhrif þar sem veiðin tekur stærsta fiskinn úr yngstu árgöngunum. Í töflu 6.3 er 4 ára fiskur í mars 1997 léttari en í mars 1996, einnig þegar framreiknað er með stóran loðnustofn. Stafar þetta líklega af mismunandi útbreiðslu 1992 og 1993 árganganna en skv. líkaninu er 1993 árgangurinn hlutfallslega meira út af Norðurlandi.

Til að athuga áhrif loðnu á vöxt þorsks skv. þeim niðurstöðum sem fengust í líkaninu var framreiknað frá mars 1996 - mars 1997 annarsvegar með mjög lítinn loðnustofn og hins vegar með loðnustofninn svipaðan og hann var 1996 sem er með því allra stærsta sem verið hefur.

Enginn þorskur var veiddur

Hafa þarf í huga að notkun á föstum lengdar- þyngdar samböndum er líkleg til að vanmeta hlutfall loðnu í fæðu þorsks og þar með áhrif hennar á vöxt hans. Allt mat í líkaninu byggir á einn eða annan hátt á lengdum fisksins. Ekki er ólíklegt að þegar vel árar (mikil loðna) sé jafn langur fiskur að öllu jöfnu þyngri en þegar verr árar þ.a. magn loðnu hafi meiri áhrif á meðalþyngd heldur en kemur fram með því að nota lengdardreifingar og fast lengdar-þyngdar samband.

Eins og sjá má í töflu 6.1 er loðnuskortur (ekki til nóg loðna fyrir aflanum) nokkurt vandamál. Eins og bent var á í 2. kafla er þetta vandamál aðallega komið til af því að ekki hefur verið líkt nógu vel eftir göngum kynþroska loðnu. Vandamálið er minnst í hermun 1c enda er loðnustofninn stærstur þar. Til að fá nokkra hugmynd um stærð vandans sýnir tafla 6.4 það magn sem vantar á að loðnuafllinn náist

Tafla 6.4. Landaður afli loðnu og afli sem náðist skv. líkani. (hermun 1a).

Ár	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Afli þús. tonn	0	133	831	993	894	812	911	664	696	256	787	851	751	718	705
Afli skv. líkani	0	133	817	970	894	743	788	547	592	226	786	796	668	669	682
Munur þús. tonn.	0	0	14	23	0	69	123	117	104	31	1	55	83	49	23
munur %		0	2	2	0	9	13	18	15	12	0	6	11	7	3

Skortur á þorski er á hinn bóginn nánast enginn (alls um 10 tonn í hermun 1a).

Þorsk-loðnu hermun. Þorskur 0 - 11 ára.

Hér var loðna meðhöndluð á sama hátt og í hermun 1 en þorskur hins vegar tekinn inn sem 0 ára í ágúst eins og loðnan. Þorski var leyft að éta þorsk og náttúrulegur dauði fyrir 2 ára þorsk og eldri var metinn. (Sérstaklega fyrir 2 ára og sérstaklega fyrir 3 ára og eldri). Má reyndar deila um hversu skynsamlegt var að meta náttúrulegan dauða a.m.k. fyrir 2 ára þorsk. Náttúrulegur dauði fyrir 0 ára þorsk var settur 0.5 og 0.4 fyrir 1 árs. Veidimynstur sem var notað til að lýsa áti þorsks á þorski var það sama og fyrir át þorsks á loðnu, margfaldað með metnum. Í þessari grein er vísað til þessarar hermunar sem hermunar 2.

Tvö tilvik voru skoðuð (2a og 2b). Var meðhöndlunin á magagögnum í hermun 2a eins og í hermun 1a en í 2b eins og í hermun 1b (sjá bls. 22).

Bergmálmælingar loðnu voru meðhöndlaðar eins og í hermunum 1a og 1b þ.e. mæling á 3 ára um haust og 4 ára um vetur var talin algildur mælikvarði á stofnstærð.

Í því sem á eftir kemur er oft talað um dauða. (náttúrulegan dauða og dauða vegna sjálfráns). Það sem er kallað dauði hér er oft kallað dánarstuðull. Hann er skilgreindur þannig að ef hann er K drepst hlutfallið $1 - e^{-K}$. Dánarstuðlarnir leggjast saman þannig að dánarstuðull fyrir 1 ár er 12 sinnum dánarstuðullinn fyrir 1 mánuð.

Tafla 6.5. Náttúrulegur dauði og dauði vegna sjálfráns í hermun 2. Tölurnar miðast við heilt ár.

	Náttúrulegur dauði 2 ára	Náttúrulegur dauði 3+ ára	Dauði 0 ára v. sjálfráns	Dauði 1 árs v. sjálfráns	Dauði 2 ára v. sjálfráns	Dauði 3 ára v. sjálfráns	Dauði 4 ára v. sjálfráns
2a	0.23	0.161	0.20	0.47	0.14	0.03	0.01
2b	0.22	0.166	0.21	0.48	0.15	0.03	0.01

Tafla 6.5 sýnir metinn náttúrulegan dauða og dauða vegna sjálfráns skv hermun 2. Dauði eldri en 4 ára fisks vegna sjálfráns er hverfandi. Ef litið er á dauða 0 ára fisks þarf að hafa í huga að hann kemur inn í líkanið í lok ágúst og er það því dauði í 4 mánuði sem er sýndur í töflu 6.5

Tafla 6.6 sýnir dreifingu markfallsins á hina ýmsu hluta. Sést þar að vísitölur fyrir 0 ára fisk hafa nokkurt vægi (1.5%) . Var það með vilja gert þar sem prófa átti hvort hægt væri að taka 0-grúppu gögnin gild en láta breytilegt sjálfrán svo um að gefa eðlilega nýliðun á 3 ára fiski.

Tafla 6.6. Dreifing markfallsins á mismunandi hluta í hermun 2.

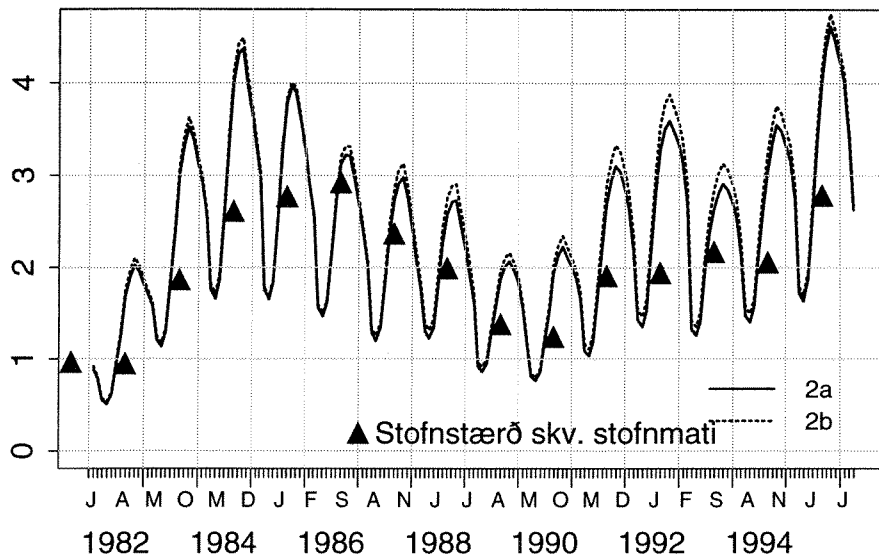
Lýsing	Hermun 2a		Hermun 2b	
	Gildi	%	Gildi	%
Bergmálsmælingar eins árs loðnu	1983	3.8	1990	3.7
Aldursdreifing þorsks í afla	3478	6.7	3443	6.4
Aldurs-lengdarlyklar þorsks í afla	3977	7.7	3929	7.3
Bergmálsmælingar 2 - 4 ára loðnu	7206	14.0	7274	13.6
Meðallengd þorsks í afla	2474	4.8	2442	4.6
Vísitölur 0 ára þorsks	786	1.5	784	1.5
Vísitölur 1 ára þorsks	305	0.6	294	0.6
Vísitölur 2 ára þorsks	145	0.3	139	0.3
Vísitölur 3 ára þorsks	132	0.2	129	0.2
Vísitölur 4 ára þorsks	208	0.4	214	0.4
Vísitölur 5 - 8 ára þorsks	900	1.7	905	1.7
Vísitölur 9 - 11 ára þorsks	468	0.9	463	0.9
Lengdardreifingar í afla	4950	9.6	4862	9.1
Aldursdreifing í ralli	503	1.0	493	0.9
Aldurs lengdarlyklar í ralli	2374	4.6	2422	4.5
Meðallengd í ralli	3084	6.0	3133	5.8
Lengdardreifing í ralli	3060	5.9	3041	5.7
Hlutföll í magasýnum	13850	26.8	15838	29.5
Loðnuskortur	972	1.9	1053	2.0
Þorskskortur	797	1.5	772	1.4
Alls	51650	100.0	53620	100.0

Tafla 6.7. Samanburður á hermun 2a og 1a með markfallinu sem var lágmarkað í hermun 1a.

Lýsing	Hermun 2a		Hermun 1a.	
	Gildi	%	Gildi	%
Bergmálsmælingar eins árs loðnu.	1983	4.7	2045	5.0
Aldursdreifing þorsks í afla	3478	8.2	3236	7.8
Aldurs-lengdarlyklar þorsks í afla	3977	9.4	3682	8.9
Bergmálsmælingar 2 - 4 ára loðnu	7206	17.0	7198	17.5
Meðallengd þorsks í afla	2474	5.8	2152	5.2
Vísitölur 3 ára þorsks	18	0.0	34	0.1
Vísitölur 4 ára þorsks	44	0.1	108	0.3
Vísitölur 5-8 ára þorsks	900	2.1	926	2.3
Vísitölur 9-11 ára þorsks	468	1.1	575	1.4
Lengdardreifingar í afla	4950	11.7	4156	10.1
Aldursdreifing í ralli	738	1.7	982	2.4
Aldurs-lengdarlyklar í ralli.	2033	4.8	2882	7.0
Meðallengd í ralli	2302	5.4	1895	4.6
Lengdardreifingar í ralli	2498	5.9	2528	6.2
Hlutföll í magasýnum	7665	18.0	7538	18.3
Loðnuskortur	972	2.3	1212	3.0
Þorskskortur	797	1.9	20	0.0
Alls	42503	100.0	41170	100.0

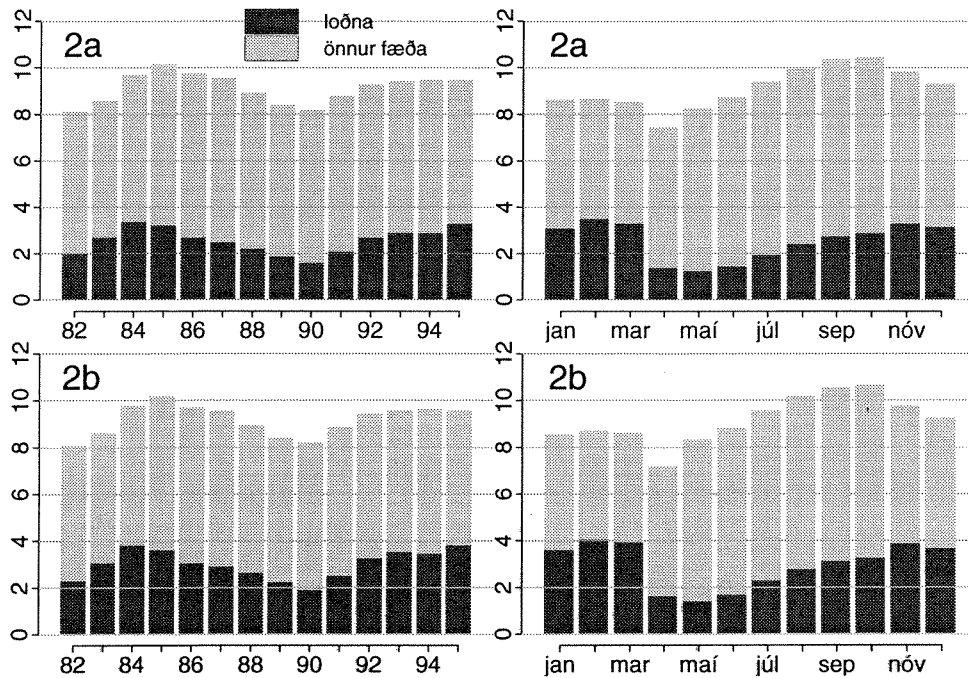
Tafla 6.7 sýnir síðan samanburð á hermun 2a og 1a með því að nota gögnin sem voru notuð til lágmarkunar í hermun 1a. Þetta er mögulegt þar sem allir stofnar sem finnast í hermun 1 eru einnig í hermun 2. Sést í töflu 6.7 að allar rallvísitölur falla betur að gögnum samkvæmt hermun 2a. Lengdardreifingar, aldursdreifingar og aldurs- lengdar lyklar í ralli falla mun betur að gögnum skv. hermun 2a en meðallengd eftir aldri verr. Aflagögn passa öll

betur samkvæmt hermun 1a. Í hermun 2 er veiðimynstur rallsins háð lengd meðan það er fasti í hermun 1. Getur það að einhverju leyti skýrt þessar niðurstöður.

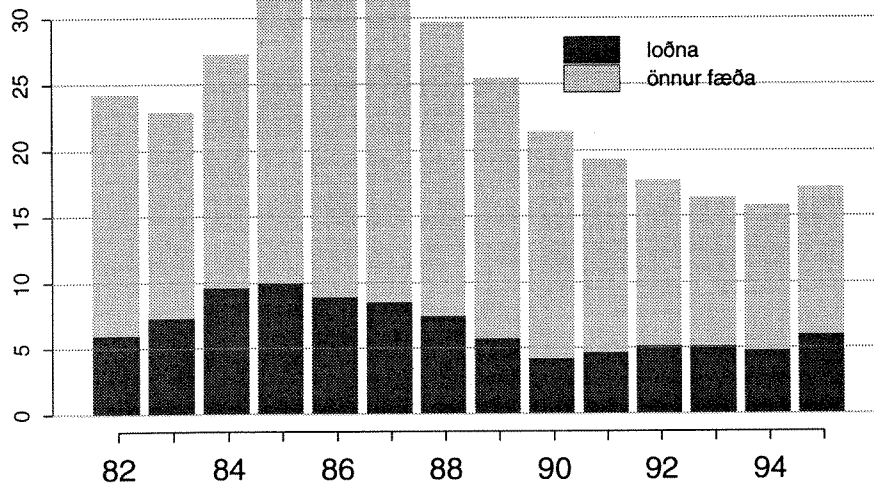


Mynd 6.9. Lífmassi loðnustofns skv. líkani í hermun 2 (100 þús. tonn).

Mynd 6.9 sýnir þróun loðnustofns, mynd 6.10 át þorskstofnsins í g/kg/dag og mynd 6.11 át alls þorskstofnsins á ári. Þróun loðnustofnsins er svipuð og í hermun 1a. Heildarátt yfir árið er aftur töluvert frábrugðið því sem fékkst í hermun 1. Átið á árunum 1985 - 1987 er meira en tvöfalt átið 1994 meðan hlutfallið í hermun 1 var um 1.65. Stafar þessi munur af því að 0 - 2 ára fiskur er kominn inn í líkanið en fremur lítið hefur verið af honum undanfarin ár en mjög mikið á árunum 1985 - 1987 (mynd 6.13).

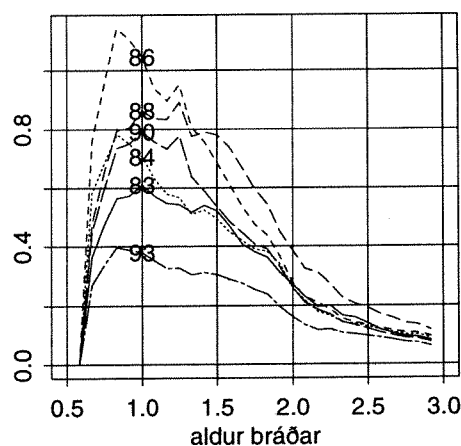


Mynd 6.10. Át þorskstofnsins í g/kg/dag skv. hermun 2.



Mynd 6.11. Heildarátt þorsstofnsins 100 þús tonn skv. hermun 2a.

Það sem er áhugavert að líta á í tengslum við hermun 2 er sjálfrán þorsksins. Samantekt á niðurstöðum er sýnd í töflu 6.5. Mynd 6.12 sýnir dauðann (dánarstuðulinn) af völdum sjálfráns fyrir nokkra valda árganga. Skv. myndinni er dauði af völdum sjálfráns mestur veturinn sem þorskurinn er 0-1 árs. Dauðinn í hverjum mánuði á mynd 6.12 er yfirlærður á heilt ár (margfaldaður með 12). Tafla 6.8 sýnir síðan dauða af völdum sjálfráns skv. hermunum 2a og 2b. Dauði 0-2 ára þorsks af völdum sjálfráns er frá 0.5 upp í 1.2. Meðaldauði 0-2 ára af völdum sjálfráns er 0.84 í hermun 2a og 0.86 í hermun 2b. Það að dauðinn sé 0.84 þýðir að 56% af núll ára þorski drepist af völdum sjálfráns á rúmum tveimur árum. Bogstaddt o.fl. (1994) mátu dauða af völdum sjálfráns 0.71 með línulegri aðhvarfsgreiningu 3 ára og 0 ára vísitalna

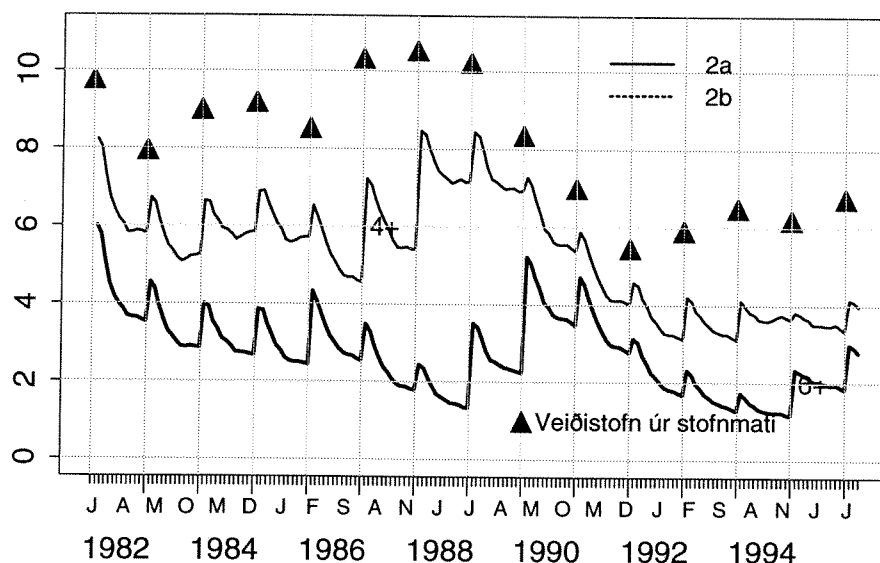


Mynd 6.12. Dauði vegna sjálfráns fyrir nokkra valda árganga (yfirlært á heilt ár). Dauðinn er mestur í nóvember og desember þegar fiskurinn er 0 ára og fer upp í 1.15 á ári eða 0.095 á mánuði árið 1986.

Tafla 6.8. Dauði af völdum sjálfráns hjá þorski í hermunu 2a og 2b. 0 ára fiskurinn er aðeins inn í líkaninu í 4 mánuði september - desember

Ágangur	Hermun 2a					Hermun 2b 0 - 2
	0 ára	1 árs	2 ára	0 - 2 ára	3 ára	
1980			0.18		0.039	
1981		0.497	0.128		0.029	
1982	0.243	0.529	0.158	0.931	0.031	0.971
1983	0.165	0.482	0.154	0.801	0.028	0.834
1984	0.233	0.5	0.146	0.879	0.027	0.894
1985	0.256	0.511	0.126	0.893	0.022	0.94
1986	0.33	0.709	0.157	1.196	0.033	1.225
1987	0.277	0.619	0.188	1.084	0.048	1.11
1988	0.228	0.73	0.22	1.178	0.042	1.207
1989	0.198	0.596	0.185	0.978	0.037	0.995
1990	0.211	0.573	0.14	0.924	0.026	0.924
1991	0.119	0.328	0.101	0.548	0.023	0.54
1992	0.137	0.317	0.091	0.545	0.024	0.535
1993	0.116	0.297	0.102	0.515	0.009	0.508
1994	0.133	0.344				0.522
1995	0.164					
1980-1995	0.201	0.502	0.152	0.846	0.03	0.862

Mynd 6.13 sýnir lífmassa þorsks (4+) og 6(+) skv. hermun 2a. Hér er stofninn ekki í jafn mikilli uppsveiflu í dag og skv. mynd 6.5

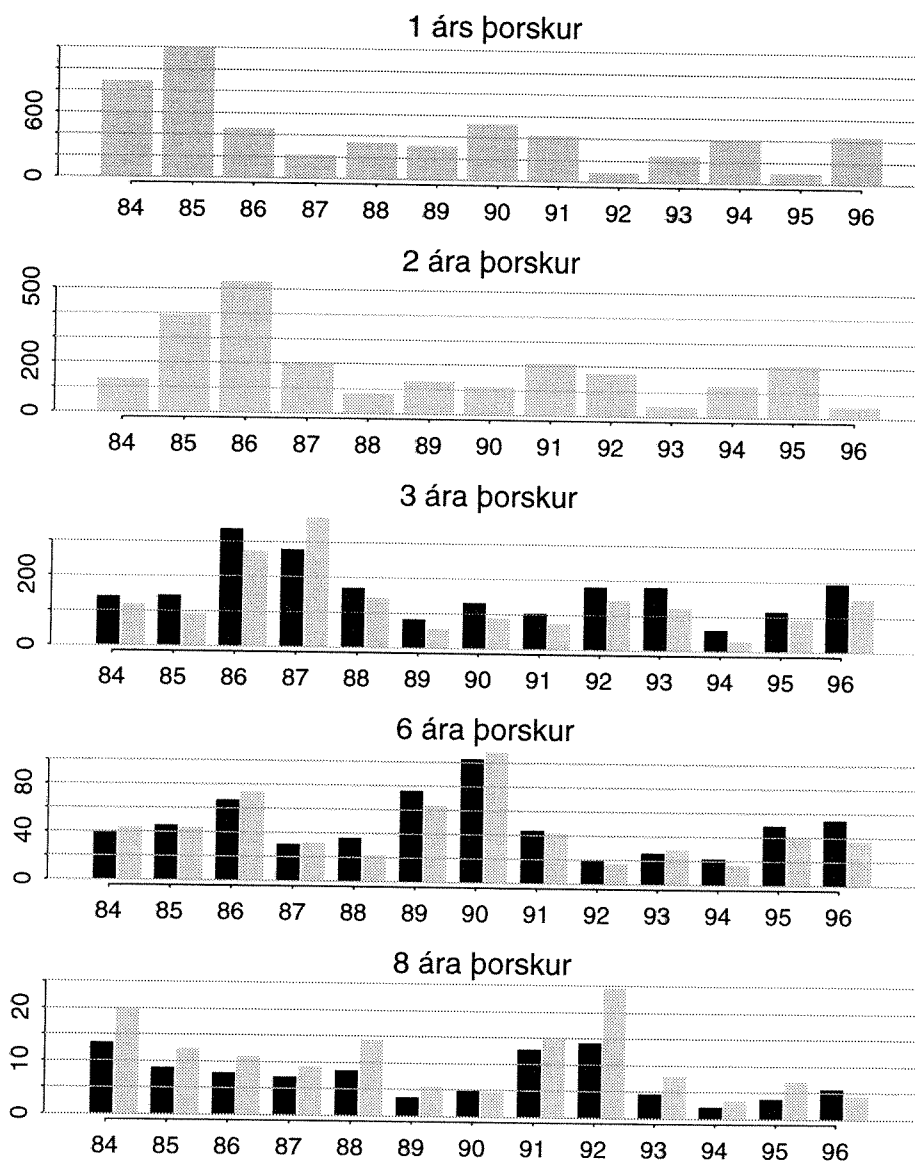


Mynd 6.13 Veiðistofn þorsks og lífmassi 6 ára og eldri þorsks (100 þús. tonn) skv. hermun 2a.

Mynd 6.13 sýnir fjölda 1, 2, 3, 6 og 8 ára fiska úr hermun 2a ásamt niðurstöðum úr stofnmati. Hér er samræmið að sjálfsögðu ekki eins gott og í hermun 1 enda er náttúrulegur dauði orðinn annar en notaður er í stofnmatinu (tafla 6.5). Matið á göngu 6 ára fisks frá Grænlandi árið 1990 er 0 í hermun 2 samanborið við 21-30 milljónir fiska í hermun 1. Stafar þetta líklega af því að 1984 árgangurinn er óhemju sterkur 0 ára sem fær líkanið til að ákveða að hann verði allur til við Ísland, en eins og sést í töflu 6.6 hafa 0 ára vísitölur töluvert vægi í markfallinu. Virðist skv. þessu sem matið sjálfrán nái ekki að minnka 1984 árganginn nægjanlega. Í líkaninu vex magn það sem étið er af bráð sem vegur lítið í veiðistofni ræningja í hlutfalli við magn bráðar. Hins vegar er vel mögulegt að ræninginn líti ekki mikið við tiltekinni bráð fyrr en magn hennar er orðið umtalsvert (eða magn hentugri

fæðu orðið lítið) en byrji þá að éta hana í einhverjum mæli. Þetta fyrirbrigði (prey switching) gæti verið áhugavert að skoða í tengslum við sjálfrán þorsks.

Önnur skýring getur að sjálfsgöðu verið að seiðaleiðangramir ofmeti stóru árgangana af einhverjum ástæðum eða að samband milli fjölda 0 ára seiða og stofnstærðar sé amk. ekki línulegt. Í seiðaleiðangrinum 1984 fengust um 66000 seiði, 23000 1985 og 15000 1983. Síðan þá hafa mest fengist tæp 7000 seiði. Þessar sömu hugleiðingar gilda einnig með yngstu aldursflokkana í rallinu, hlutfall vísitalna stærsta og minnsta árgangs er um 30.



Mynd 6.14. Fjöldi þorska (milljónir fiska) í byrjun árs skv. líkani (ljósar súlur) og skv. stofnmati 1996 (dökkar súlur).

7. Lokaorð

Niðurstöður þær sem lýst er í 6. kafla gefa til kynna að með BORMICON líkaninu sé hægt að lýsa nokkuð vel samspili tegunda á Íslandsmiðum.

Í 6. kafla var lýst niðurstöðum úr tveimur þorsk-loðnu hermunum. Er ýmislegt ógert til að bæta þær niðurstöður:

1. Reyna að skilja betur hvernig “önnur fæða” skiptist og fá einhverjar hugmyndir um magn hennar. Gæti í þessu falist magasýnasöfnun, einkum í mánuðum sem lítið hefur verið safnað í.
2. Bæta rækju við sem tegund en meiri upplýsingar eru til um stofnstærð hennar en flestra annarra bráða þorsks. Rækja er að auki sennilega næst mikilvægasta bráð þorsks á eftir loðnu.
3. Skoða fóðurnýtingu þorsks vel. Ef hún er umtalsvert betri en hér hefur verið notuð er einfaldara að finna fæðu sem dugir þorskinum. Hjá Birni Björnssyni (1997) eru vísbendingar um að fóðurnýting geti verið umtalsvert betri.
4. Skoða meðhöndlun magagagna í líkaninu betur. Fram að þessu hafa aðeins hlutföll bráða í magasýnum verið notuð. Líkanið býður upp á að nota heildarmagainnihald (eða át) sem hlutfallslega vísitölu á át svo og lengdardreifingar í magasýnum. Það að nota hlutföll eingöngu býður heim þeirri hættu að át á einhverju svæði og tímabili sé van- eða ofmetið þótt hlutföllin séu nærri lagi.
5. Bæta göngur loðnu og hafa þær eitthvað breytilegar frá einu ári til annars.
6. Fá hugmyndir um breytingu á lengdar-þyngdar sambandi með framboði fæðu.
7. Laga og endurbæta lágmarkunargrím.

Liður 7 er mjög mikilvægur þar sem einn helsti flöskuhálsinn í notkun líkansins í dag er langur reiknitími. Í þorsk-loðnu hermuninni tekur útreikningur á hverju fallsgildi um 2 mín (Sun Ultra 1-170) og í lágmarkun með 50 metnar tölur gæti þurft um 5000 fallsgildi. Annað vandamál er að í mörgum tilfellum getur lágmark það sem líkanið er að finna verið staðbundið lágmark. Flest lágmarkunargrím finna eingöngu staðbundin lágmark. Algrím sem finna “algjört” lágmark eru til og er reyndar eitt í líkaninu. Galli við slík algrím er hins vegar að þau nota óheyrilegan fjölda fallsgilda sem að sjálfsögðu er ekki það sem óskað er eftir þegar útreikningur á hverju fallsgildi tekur 2 mínútur. Er vinna við lágmarkunargrím mjög mikilvægt skref og má hugsa sér það sem samstarfsverkefni við Háskóla Íslands.

Því sem lýst hefur verið hér að framan er eingöngu það sem lýtur að því að skilja fæðuvistfræði þorsks. Þorskur er mikilvægasti fisk-ræninginn á Íslandsmiðum svo skilningur á fæðuvistfræði hans leiðir í mörgum tilfellum til skilnings á fæðuvistfræði annarra tegunda. Að sjálfsögðu spila margir aðrir ræningjar stórt hlutverk eins og t.d sjávarspendýr.

Þakkir

Margir aðilar hafa komið að gerð BORMICON líkansins auk höfunda. Ber þar fyrst að telja Anitu Björk Lund sem vann við líkanið árið 1995. Þeir Kjartan G. Magnússon og Ólafur Karvel Pálsson lásu grein þessa yfir og komu með fjölda gagnlegra ábendinga. Auk þeirra sem að framan eru taldir kom Hjálmar Vilhjálmsson talsvert að vinnu við undirbúning loðnugagna fyrir líkanið.

Heimildir

- Anderson, K.P., E. Ursin, 1977. A multispecies extension to the Beverton and Holt theory of fishing, with accounts of phosphorus circulation and primary production. The Danish Institute for Fishery and Marine Research, N.S. Vol. 7: 319-435.
- Anon., 1993. Report of the Atlanto-Scandian herring and capelin working group. ICES Doc. C.M.1993/Assess:6: 177 s.
- Anon., 1994. Report of the multispecies assessment working group. ICES Doc. C.M. 1994/Assess:9: 1-177.
- Anon., 1996. Nýttastofnar sjávar 1995/1996. Aflahorfur fiskveiðiárið 1996/1997. Hafrannsóknastofnunin: fjölríti nr.46. 175 s.
- Beverton, R.J.H, S.J. Holt, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Her Majestys stationery office: 533 s..
- Bogstad, B., G.R. Lilly, S. Mehl, Ó.K. Pálsson, G. Stefánsson, 1994. Cannibalism and year-class strength in Atlantic cod (*Gadus morhua*) in Arcto-boreal ecosystems (Barents Sea, Iceland and eastern Newfoundland) ICES mar. Sci. Symp., 198: 576-599.
- Bogstad, B., S. Tjelmeland, T. Tjelta, Ö. Ulltang, 1992. Description of a multispecies model for the Barents Sea (MULTSPEC) and a study of its sensitivity to assumptions on food preferences and stock sizes of minke whales and harp seals. Int. Whal. Commn sci. Comm. Pap 44 (O9): 44 s.
- Björn Björnsson, 1997. Vöxtur og fóðurnýting þorsks í eldistilraunum ásamt mati á heildaráti íslenska þorskstofnsins. Þetta rit.
- Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Stefánsson, 1991. An attempt to explain cod growth variability ICES C.M. 1991/G: 42.
- Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Stefánsson, 1996 Factors affecting cod growth in Icelandic waters and the resulting effect on potential growth. ICES C.M. 1996.
- dos Santos, J., M. Jobling, 1992. A model to describe gastric evacuation in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural prey, ICES, J. mar. Sci. 48: 145-154.
- Gislason, H., Þorkell Helgason, 1985. Species interaction in assessment of fish stocks with special application to the North Sea. Dana vol. 5: 44 s..
- Gunnar Stefánsson, Unnur Skúladóttir, Gunnar Pétursson, 1997. Population dynamics of offshore shrimp in Icelandic waters. Óbirt.
- Hjálmar Vilhjálmsson, 1994. The Icelandic capelin stock. Capelin, (*Mallotus villosus* Müller) Iceland - Greenland - Jan-Mayen area. Rit Fiskideildar, 12: 281 s.
- Jobling, M., 1988. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* with particular reference to growth under farmed conditions. Aquaculture 70: 19 s.
- Jones, R., 1974. The rate of elimination of food from the stomachs of haddock, cod and whiting. J.Cons. int. Explor.mer, 35(3): 225-243.
- Jones, R., J.R.G. Hislop, 1978. Further observations on the relation between food intake and growth of gadoids in captivity. J. Cons. int. Explor. Mer 38(2): 244-251.
- Jón Jónsson, 1996. Tagging of cod (*Gadus morhua*) in Icelandic waters 1948 - 1986 and tagging of haddock (*Gadus aeglefinus*) in Icelandic waters 1953 - 1965. Rit Fiskideildar 14: 108 s.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1989. Trophic ecological relationships of Icelandic cod. Rapp. P.-v. Réun. Cons.int. Explor. Mer, 188: 206-224.
- Kjartan G. Magnússon, Ólafur K. Pálsson, 1991. Predator-prey interactions of cod and capelin in Icelandic waters. ICES mar. Sci. Symp., 193: 153-170.
- McCullagh, R., J.A. Nelder, 1989. Generalized Linear Models. Chapman and Hall 1989, 511 s.
- Ólafur K. Pálsson, Hjálmar Vilhjálmsson, Höskuldur Björnsson, 1997. Fæðutengsl þorsks og loðnu með hliðsjón af útbreiðslu og magni ránfisks og bráðar. Þetta rit.
- Ólafur K. Pálsson, 1983. Feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar, 7: 60 s.
- Ursin, E., E.B. Pennington, 1985 Stomach evacuation rates of Atlantic cod (*Gadus morhua*) estimated from stomach contents and growth rates. Dana, 5: 63-80.

