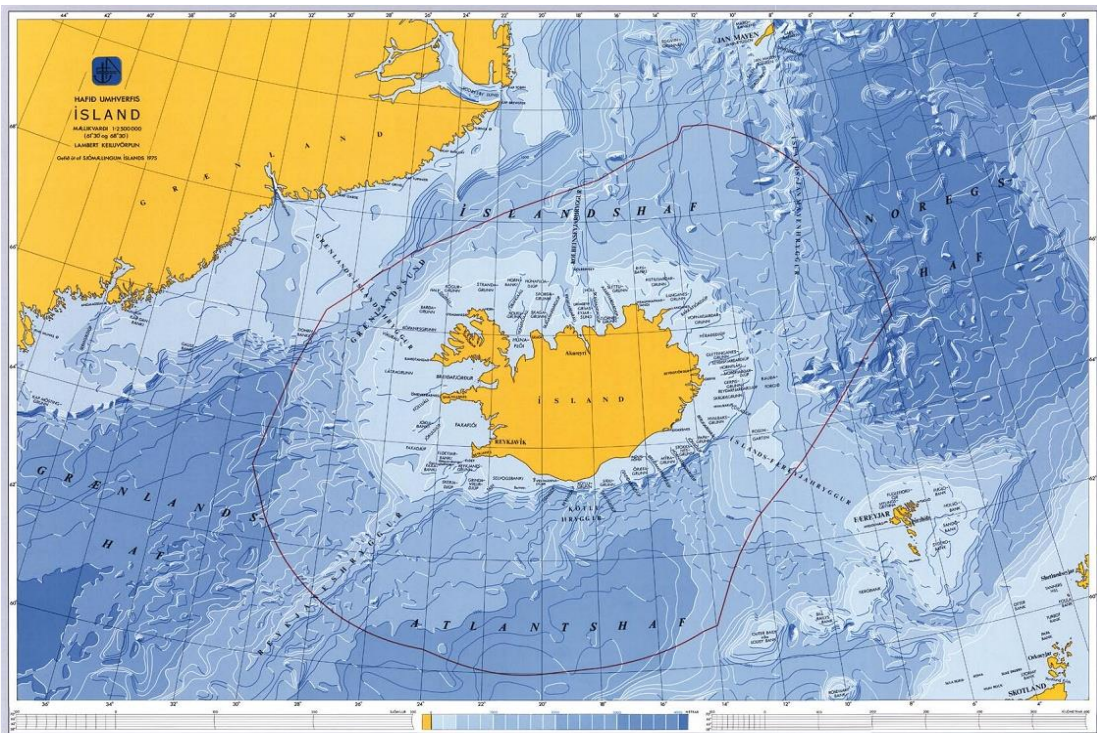


Íslenskur sjávarútvegur – Auðlind úr hafinu á alþjóðamarkaði

Umhverfi Íslandsmiða

Hreiðar Þór Valtýsson



Landgrunnið við Ísland og 200 mílna efnahagslögsagan í kringum landið. Grynasti hluti hafsins er ljósblár og er bilið á milli dýptarlína 200 metrar. Dýpst er í íslenski lögsögu austan við landið þar sem 3.300 m djúpur áll sker sig inn í landgrunnið.
Mynd: Landhelgisgæsla Íslands

Í þessari bók er fræðsluefni um vistkerfi Íslandsmiða, t.d. strauma og botnlögun. Helstu lífveruhópar eru kynntir og útskýrt er hvers vegna Íslandsmið eru svo auðug.

Tilraunaútgáfa apríl 2017

*Umhverfi Íslandsmiða
Íslenskur sjávarútvegur – Auðlind úr hafinu á alþjóðamarkað*

Sjávarútvegsbraut Háskólans á Akureyri

Rannsóknarsjóður síldarútvegsins styrkti útgáfuna

*Ritstjórn: Hörður Sævaldsson og Hreiðar Þór Valtýsson
Akureyri, maí 2017*

© Hörður Sævaldsson og Hreiðar Þór Valtýsson 2017

*HÖFUNDARRÉTTUR: Notkun texta bókanna er frjáls án
endurgjalds ef heimilda er getið.*

*Öll notkun ljósmynda og teikninga er óheimil án samþykkis
höfunda þeirra.*

ISBN-xxx-xxxx-xxxx-x-x (tilraunaútgáfa)

DOI-xxxxx (tilraunaútgáfa)



EFNISYFIRLIT

Efnisyfirlit.....	1
Inngangur.....	2
Hafið við Ísland	3
Tölulegar staðreyndir um hafið við Ísland	4
Landhelgi og lögsaga.....	5
Fjaran	7
Landgrunnið.....	8
Uppsjórin, miðsjórin og djúpsjórin	9
Hafstraumar.....	10
Heitir hafstraumar	11
Kaldir hafstraumar	13
Lífriki hafs	15
Frumframleiðendur	17
Dýrin	21
Rannsóknir.....	23
Mengun	29
Hlýnun hafsins	31
Önnur röskun búsvæða hafsins	34
Heimildir og frekari lesing.....	35

INNGANGUR

Hafið við Ísland er mjög merkilegt, merkilegra en margir halda. Hér við land mætast til dæmis tveir heimar. Úr norðri koma kaldir hafstraumar af heimsskautauppruna en úr suðri hlýr straumur úr hitabeltinu. Hér finnast því mjög margar tegundir sjávarlífvera, bæði úr hinu kalda norðri og hinu hlýja suðri. Þessi átök milli hita og kulda, vetrar og sumars, skapa mikið líf í hafinu við Ísland. Stærstu fiskimið í heiminum eru einmitt á svæðum eins og hér. Ekki þar sem er hlýrra eða kaldara, heldur þar sem hitinn og kuldinn mætast. Íslendingar hafa alla tíð nýtt sér þessa auðlind sem hafið er. Frá upphafi hafa þeir leitað þangað til að fá fisk til matar og frá 14. öld til að fá afurðir til að selja á alþjóðamörkuðum. Núna eru Íslendingar með mestu fiskveiðipjóðum í heimi, jafnvel þó að ekki sé tekið tillit til mannfjölda. Að teknu tilliti til mannfjölda eru Íslendingar einfaldlega mesta fiskveiðipjóð í heimi.

Umgengni okkar við hafið hefur þó verið misjöfn í gegnum tíðina. Áður fyrr þótti ekkert athugavert við að henda rusli og drasli í sjóinn. „Lengi tekur sjórinn við“ sögðu menn bara. Margir fiskistofnar voru líka ofveiddir vegna þess að lítill stjórnn var á veiðunum og afurðirnar af þeim voru líka fáar. Sem betur fer er þetta allt að breytast. Umgengnin við þessa mikilvægustu auðlind okkar hefur stórbatnað á síðustu áratugum. Ofveiði heyrir nánast sögunni til og afurðirnar úr því sem við fáum úr hafinu eru orðnar fleiri og verðmætari. Eftir þessu er tekið á alþjóðavettvangi og líta margir á Íslendinga sem góða fyrirmynd að skynsamlegri og sjálfbærri nýtingu auðlinda hafsins. Sjávarútvegsskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna er til dæmis staðsettur hér á landi vegna hins góða orðspors sem við höfum.

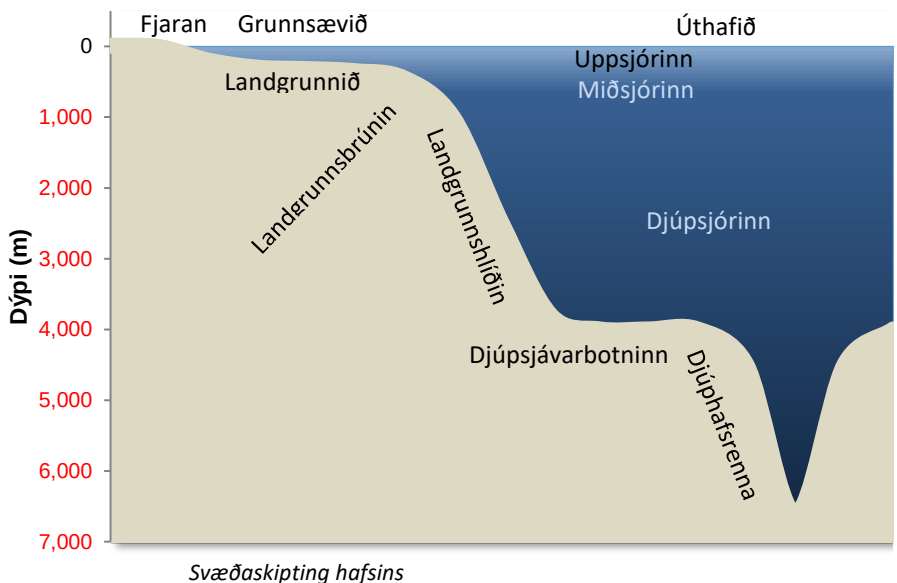
Bækurnar í þessum flokki tókum við saman þar sem okkur fannst vanta aðgengilegt íslenskt efni fyrir nemendur á framhaldsskólastigi sem og almenning. Það hefur löngum valdið okkur furðu að efnið hafi ekki verið í boði. Markmið okkar er að ná heildstæðu yfirliti um íslenskan sjávarútveg á einn stað. Að lesendur skilji ferlið frá veiðum úr hafinu þar til afurðin er komin á disk kaupenda á alþjóðlegum mörkuðum. Til að valda ekki misskilningi er rétt að nefna, að það hafa verið gefnar út stórgóðar bækur um vistkerfið og lífverur hafsins og eru sumar þeirra nú uppseldar. Það vantar hins vegar efni um allt ferlið, aðgengilegt öllum án endurgjalds.

Rafbækur þessar hefðu ekki orðið til ef góðs stuðnings hefði ekki notið við. Fyrst ber að nefna Rannsóknasjóð sildarútvegsins sem styrkir gerð fræðsluefnis um sjávarútveg. Einnig þökkum við Háskólanum á Akureyri fyrir að veita okkur tíma og aðstöðu til að rita verkið. Myndasmiðirnir Jón Baldur Hlíðberg (www.fauna.is), Erlendur Bogason (www.strytan.is), Jói Listó og Ólafur Sveinsson fá einnig bestu þakkir fyrir myndefnið. Ólafi Jóni Arnbjörnssyni, skólastjóra Fisktækniskóla Íslands þökkum við fyrir fræðilegan yfirllestur. Að lokum þökkum við Ásbjörgu Benediktsdóttur og Svanbjörgu Oddsdóttur kærlega fyrir prófarkalestur ritsmíðinnar

HAFIÐ VIÐ ÍSLAND

Fáar þjóðir í heimi hér eru eins háðar hafinu og Íslendingar. Til hafsins sækjum við fæðu, afurðir til að selja og í raun hita. Eina leiðin til að komast hingað eða fara héðan er yfir hafið. Hafið hefur bæði verið okkur þjóðbraut, sem forfeður okkar fyrir meira en þúsund árum síðan voru einstaklega lagnir við að nota til siglinga, en síðar meir varð hafið líka hindrun þegar landið varð fátækara og loftslag kaldara. Skipasiglingar til landsins urðu þá oft og tíðum erfiðar vegna hafíss. Það er því mikilvægt að skilja hvað hafið er.

Í næstu köflum er útskýrt hvernig hafinu er skipt upp í mismunandi svæði sem er mikilvægt að skilja áður en lengra er haldið. Grynnssti hluti hafsins er ströndin eða fjaran, mörkin á milli hafs og lands. Borið saman við gríðarstórt úthafið er þetta mjótt og lítið svæði. Neðan við fjöruna er landgrunnið og grunnsævið yfir því. Þetta er svæðið þar sem botnfiskveiðar fara að mestu fram. Neðan við þetta tekur við landgrunnsbrúnnin (eða landgrunnsjaðarinn), svo landgrunnshlíðin og að lokum djúpsjávarbotninn. Takmarkaðar veiðar eru stundaðar á grynnsri hluta landgrunnshlíðarinnar en nánast engar veiðar eru á dúpsjávarbotninum enda yrðu þær mjög kostnaðarsaman og eru lífverur þar heldur ekki margar né verðmætar.



Tölulegar staðreyndir um hafið við Ísland

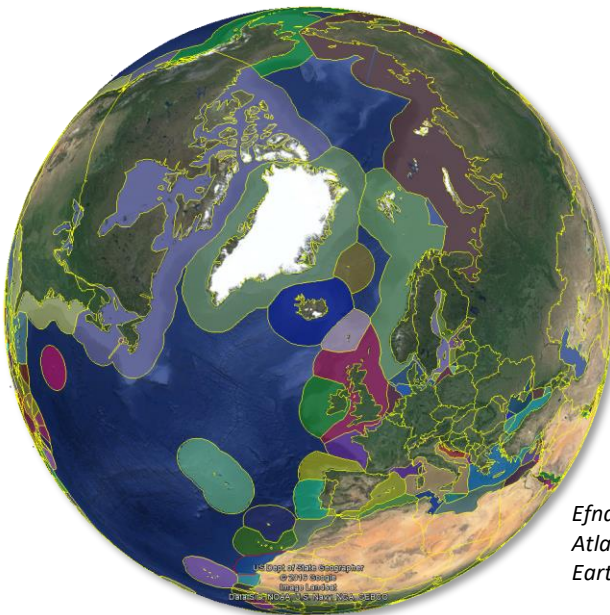
Stærð fiskveiðilögsögu (200 mílur)	758.000 km ²
Stærð landgrunns grynna en 500 m	212.000 km ²
Stærð landgrunns grynna en 200 m	115.000 km ²
Stærð Íslands	103.000 km ²
Heildarlengd strandlínu	6.000 km
Fjarlægð til næsta nágranna (Grænland)	280 km
Þröskuldsdýpi milli Íslands og Grænlands	620 m
Þröskuldsdýpi milli Íslands og Færeyja	550 m
Mesta dýpi innan lögsögu	3.300 m
Hitastig djúpsjávar sunnan við landið ¹	3 °C
Hitastig djúpsjávar norðan við landið	< 0 °C
Hitastig yfirborðs sunnan við landið	6 – 11 °C
Hitastig yfirborðs norðan við landið	2 - 8 °C
Meðalfrumframleiðni á m ² yfir landgrunninu ²	218 g C m ⁻² y ⁻¹
Meðalfrumframleiðni á m ² yfir úthafinu	151 g C m ⁻² y ⁻¹
Meðalfrumframleiðni á m ² innan lögsögu	175 g C m ⁻² y ⁻¹
Heildarfrumframleiðni á ári innan lögsögu	120 milljón t C ár ⁻¹

¹ Unnsteinn Stefánsson 1990

² Þórunn Þórðardóttir 1994

Landhelgi og lögsaga

Hvað flokkast sem Íslandsmið? Okkar svæði í hafinu er **landhelgin**. Það sem er innan landhelgi Íslands eigum við Íslendingar, svona nokkurn veginn. Í landhelginni gilda íslensk lög og reglur og er hún að því leyti framhald af lýðveldinu Íslandi. Íslensk landhelgi nær 12 mílur frá landi út frá ákveðinni grunnlínu sem snertir alla ystu tanga og skaga landsins. Landhelgi er stundum ruglað saman við **efnahagslögsöguna** sem nær 200 mílur frá landi. Yfirráð ríkja yfir efnahagslögsögum sínum er ekki eins óskoruð og með landhelgina. Þau mega stjórna fiskveiðum eða öðrum nytjum innan lögsögunnar en ekki má til dæmis takmarka skipaumferðir innan hennar.



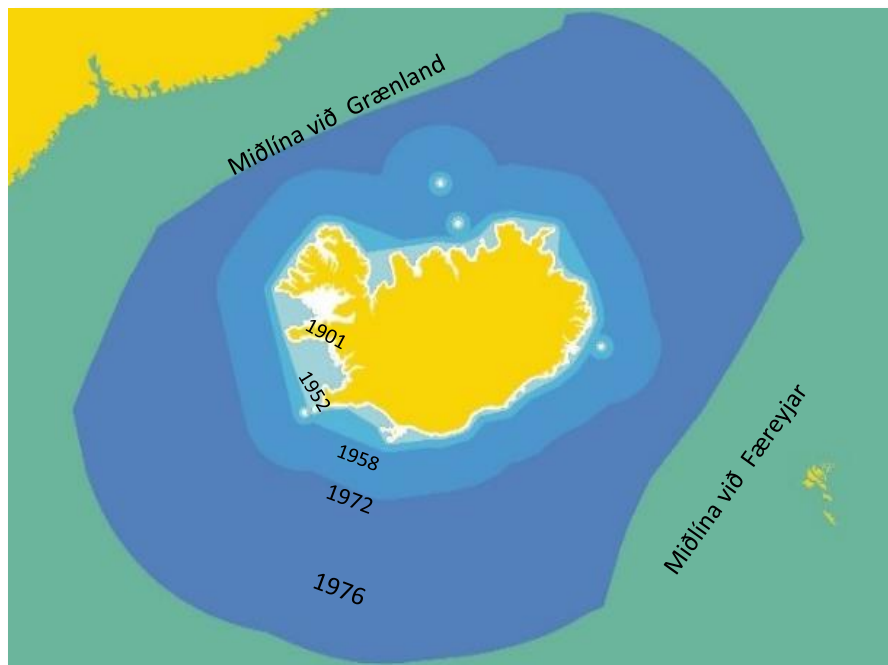
Efnahagslögsögur í Norður-Atlantshafinu. Mynd: Google Earth

Íslendingar hafa í gegnum tíðina lagt mikla áherslu á að fá yfirráð yfir eigin landhelgi og síðar lögsögu og helgast það fyrst og fremst af því að við viljum hafa fulla stjórn á fiskveiðum við Ísland. **Þorskastríðin** snerust öll um þetta.

Efnahagslögsagan er stundum kölluð **fiskveiðilögsaga** þar sem þjóðir hafa nokkurn veginn óskoruð yfirráð yfir þeim fiskistofnum sem eru innan hennar. Þetta á reyndar við um alla nýtingu innan lögsögu, heimaríkið hefur yfirráðin þar hvort sem um er að ræða fiskistofna eða olúlindir á hafsbotni. Nú til dags er yfirleitt átt við 200 mílna lögsöguna frekar en 12 mílna landhelgina þegar talað er um íslenskt hafsvæði. Reyndar nær lögsaga okkar ekki alveg 200 mílur frá landi alls staðar. Á milli Íslands

og Grænlands og Íslands og Færeyja gildir miðlínan þar sem fjarlægðin þarna á milli er minni en 400 mílur. Þrátt fyrir að hin norska Jan Mayen sé líka í norðri gildir ekki miðlína þar vegna þess að sú eyja er óbyggð.

Íslenska fiskveiðilögsagan er 758,000 ferkílómetrar að stærð sem er sjöföld stærð landsins og sem betur fer nær hún yfir allt íslenska landgrunnið. Þetta er afar heppilegt vegna þess að flestir íslenskir botnfiskstofnar fara ekki af landgrunninu. Þeir halda sig því ætíð innan okkar lögsögu og við þ.a.l. laus við það að þurfa að semja við aðra um nýtingu þeirra.



Útfærsla efnahagslögsögu Íslands. Mynd: Sjósmælingar Íslands

Ef þjóðir eiga fiskistofna sameiginlega þá er ætlast til að þær stjórni veiðum á þeim sameiginlega. Þetta gengur víða brösuglega. Landhelgi og lögsögur eru mannanna verk og virða fiskar þær lítið. Oft eiga þjóðir því í erfiðleikum með að ákveða hvernig eigi að skipta kökunni. Þó að við séum svo heppin að geta ein stjórnað okkar eigin botnfiskstofnum þá er þetta ekki svona auðvelt með uppsjávarfiskana. Þeir halda sig við yfirborð sjávar og skiptir það þá litlu hversu langt er niður á botninn. Þeir eru því ekki bundnir landgrunnum. Nokkrir stórir uppsjávarstofnar fara hér reglulega inn og út úr okkar lögsögu og höfum við náð samkomulagi við nágretta okkar um nýtingu á sumum þeirra en alls ekki öllum.

Fjaran

Fjaran er það hafsvæði sem við þekkjum best. Ástæða þess er auðvitað sú að þetta er aðgengilegasti hluti sjávarins fyrir okkur landkrabbana. Fjaran er reyndar á mörkum þess að vera land eða sjór, og þar lifa í raun aðeins örfáar þeirra tegunda sem sjóinn prýða³.

Fjörurnar eru annars mjög fjölbreyttar að gerð, allt frá lygnum leirum til brimasamra klettafjara. **Klettafjörur** er helst að finna á nesjum þar sem ágangur sjávar skolar burt lauslegu seti. **Malarfjörur**, sem eru einna útbreiddastar, eru þar sem skjólsælla er en **leirur** (eða leirufjörur) eru við ósa stóróa þar sem mikið set berst frá ánum. Þar safnast fyrir fingert set úr árframburði. Þessar fjörugerðir skapa mismunandi aðstæður fyrir lífverur og er tegundasamsetning þess vegna mjög misjöfn⁴. Botnpörungur (para) er bara að finna í klettafjörum þar sem ekki er of mikið brim. Sé undirlagið finna, eða brim of mikið ná þörungarnir ekki að festast við botninn. Miðað við klettafjörurnar virðast leirurnar frekar líflausar, það er þó villandi því fjölmargar lífverur lifa þar ofan í setinu.

Fjörur við Ísland eru nokkuð mismunandi. Nánast öll suðurströndin er sendin og brimasöm. Þar er lítið líf vegna þess að lífverur eiga erfitt um vik með að athafna sig á síbreytilegum sandinum. Fjölbreyttar fjörur eru við Austur- og Norðurland, þó er þar mest um klettafjörur. Tegundafjölbreytni er hins vegar ekki sérlega mikil þar sem sjór er kaldur og færri tegundir finnast þar en í hlýjum sjó. Önnur ástæða fyrir tegundafábreytni er að það er fremur lítill munur á flóði og fjöru á Norður- og Austurlandi og fjörur því mjóar.

Lífauðugustu fjörur landsins er að finna við Vesturland, þar sem sjór er fremur hlýr, mikið um grunnsævi og sker og munur á flóði og fjöru er mikill. Þar er einnig að finna stærstu leirurnar sem eru sérstaklega mikilvægar fyrir vaðfugla við Ísland.

Áður fyrr voru **fjörunytjar** mikilvægar víða við Ísland⁵, þörungategundirnar eins og söl, marinkjarni og fjörugrös eru ætar og voru áður fyrr borðaðar í mun meira mæli en nú. Í fjörum safnaðist líka fyrir rekaviður sem var afar verðmætur í hinu nánast trjálausa Íslandi. Hvalreka var hægt að finna í fjörum auk þess sem hægt var að veiða eða safna ýmsum lífverum, svo sem sel, hrognkelsi og kræklingi. Jarðir sem áttu aðgang að góðum fjörum voru því verðmætar. Við skulum þó ekki dveljast of lengi við fjörurnar heldur halda dýpra.

³ Agnar Ingólfsson 1990

⁴ Agnar Ingólfsson 2006

⁵ Lúðvík Kristjánsson. 1980-1986

Landgrunnið

Landgrunnið tekur við af fjörunni, það nær yfirleitt niður á um 200 m dýpi, stundum grynnra, stundum dýpra⁶. Það er í raun beint framhald af landinu, jarðfræðilega er það eiginlega bara land sem er undir sjó. Þar sem yfirborð sjávar hefur í gegnum jarðsöguna hækkað og lækkað á víxl þá hefur hluti landgrunnnsins líka stundum staðið á þurru og eins hafa svæði sem nú eru láglendi verið undir sjávarmáli. Það er ástæða þess að hvalabeinagrindur hafa fundist uppi á fjöllum hérlandis.

Við Ísland er tiltölulega stórt landgrunn. Það er 115.000 ferkílómetrar að stærð niður á 200 m dýpi⁷. Til samanburðar þá er Ísland ofansjávar svipað að stærð eða 103.000 km². Landgrunnið er stærst við Vesturland þar sem það teygir sig langt í átt að Grænlandi. Minnst er það hins vegar við Suðurland þar sem dýpkar mjög fljótt niður á meira en þúsund metra dýpi. Landgrunnið er vogskorið líkt og landið sjálft og er yfirleitt framhald af fjörðum og flóum landsins á hafsbotninum. Þetta kallast **álar** eða **djúp**. Á milli álanna og djúpanna eru svo **grunnin**, þau samvara skögum á landi. Ef grunnin eru ekki beintengd neinum skaga held stök eins og hæðir á botninum, eru þau kölluð **bankar**. Þó að við sjáum ekki með berum augum hvað er undir öldunum þá þekkja sjómenn þetta landslag vel og stunda sínar veiðar samkvæmt því. Þetta landslag hefur nefnilega mikil áhrif á útbreiðslu lífvera.

Landgrunnin eru ekki einu fyrirbærin sem rísa upp af hafsbotninum. Þar eru líka **neðansjávarfjöll** og **úthafshryggir**. Neðansjávarfjöllin eru eiginlega eyjar sem ekki ná upp á yfirborð en úthafshryggir eru nokkurs konar fjallgarðar neðansjávar. Ísland er í raun krossgötur tveggja úthafshryggja. **Grænlands-Skotlandshryggurinn** teygir sig frá suðaustri til norðvesturs og eru bæði Færeyjar og Ísland hluti af honum. **Miðatlantshafshryggurinn** teygir sig svo frá suðvestri til norðausturs, allt frá suðurskauti til norðurskauts. Ísland er í raun eini staðurinn þar sem þessi hryggur nær upp fyrir sjávarmál. Fyrir sunnan landið kallast hann **Reykjaneshryggur** en **Kolbeinseyjarhryggur** fyrir norðan. Hryggir þessir hafa mjög mikil áhrif á hafstrauma með því að beina þeim í ýmsar áttir.

AF HVERJU ER MEIRA LÍF Á GRUNNSÆVI EN Í ÚTHAFINU?

Vegna þess að þar geta straumar, sjávarföll og öldur haft áhrif alveg niður á botn og þyrla þar upp næringarefnum sem skortur getur verið á í sjónum yfir. Að auki berast næringarefni á grunnsævið frá ám. Þörungar eru undirstaða fæðukeðjunnar í hafinu og þeir þurfa næringarefni til að fjölga sér. Sjómenn fyrri alda gátu oft séð að þeir væru yfir landgrunninu á því að sjór þar er gjarnan grænni en í úthafinu.

⁶ Unnsteinn Stefánsson 1999

⁷ Svend-Aage Malmberg 1992

Upp-, mið- og djúpsjórinn

Uppsjórin nær í raun yfir allan vatnsmassann, yfir landgrunninu frá yfirborði og niður að botni. Botninn sjálfur er ekki meðtalinn og eru lífverur, sem í uppsjónum lifa, óháðar honum. Í **úthafinu** (sem er fyrir utan landgrunnið) nær uppsjórin niður á um 200 m dýpi. Í uppsjónum er að finna aragrúa lífvera af ýmsum stærðum og gerðum og er svifið undirstaða fæðukeðjunnar. Lífverur þar lifa í þrívíddarumhverfi þar sem einsleitur sjór er á alla kanta.

Miðsjórinn er fyrir neðan uppsjóinn og nær hann niður að um 1.000 m dýpi. Munurinn á uppsjónum og miðsjónum er f.o.f. mismikil birta. Í uppsjónum er næg birta fyrir þörungum að ljóstillífa. Í miðsjónum þar fyrir neðan er meira rökkur. Þar er ljós til að sjá en ekki nógu mikið fyrir þörungum að ljóstillífa. Öll frumframleiðni á sér þess vegna stað í uppsjónum en lífverur miðsjávarins eru háðar fæðu sem berst að ofan. Fyrir neðan miðsjóinn tekur **djúpsjórinn** við, þar ríkir eilíft myrkur og kuldi.

Skilin á milli landgrunnsins og láglandis á landi eru alls ekki mjög skörp en öðru máli gegnir um skilin milli landgrunnsins og djúpsjávarbotnsins. Landgrunnið breytist ekki smám saman í djúpið heldur skilur yfirleitt brött **landgrunnshlíðin** á milli. Landgrunnshlíðin er yfirleitt brött til að byrja með en brattinn verður minni þegar neðar dregur og kallast það **landgrunnsfóturinn**. Að lokum jafnast hún út í **djúpsjávarbotninn** á 3.000 til 6.000 m dýpi. Mesta hafdýpið innan íslenskrar lögsögu er um 3.300 m. Djúpsjávarbotninn er stundum skorinn í sundur af **djúpsjávarrennunum** sem ná allt að 11 km dýpt, engar slíkar fyrirfinnast á íslensku hafsvæði. Fiskar og aðrar lífverur sem lifa neðan landgrunnsins eru oft undarlegir í útliti, mjög ólíkir lífverunum sem við eigum að venjast af landgrunninu.

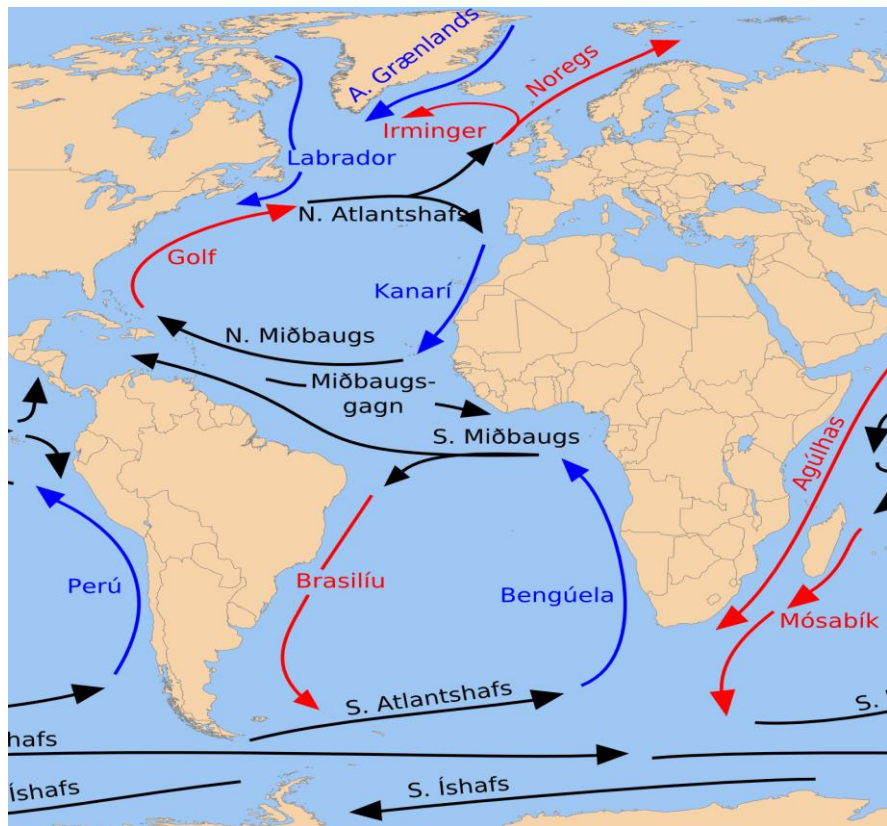
Í djúphafinu ríkir myrkur, kuldi og stöðugleiki ólíkt því sem gerist á landgrunninu og við yfirborð sjávar. Árstíðaskipti hafa afar lítil áhrif svona djúpt niður. Nánast engar veiðar eru stundaðar í djúpsjónum og rannsóknir af þeim sökum afar takmarkaðar. Þekking okkar á þessu gríðarlega stóra búsvæði er af þessum sökum lítil. Stundum hefur verið sagt að við þekkjum yfirborð tunglsins betur en djúpsjávarbotninn.

Aðstæður í djúphafinu norðan við Ísland eru reyndar mjög ólíkar aðstæðum í djúphafinu sunnan við landið. Djúpsjórinn er miklu kaldari fyrir Norðurlandi eða undir 0°C. Hann frýs ekki vegna seltunnar. Sunnan við landið er djúpsjórinn um 3°C. Þetta gerir það að verkum að djúpsjávarlífverurnar norðan við Ísland eru allt aðrar en fyrir sunnan⁸.

⁸ Lilja Stefánsdóttir o.fl.(2010

HAFSTRAUMAR

Þegar norðlæg staðsetning Íslands á heimskortinu er skoðuð, kynnu einhverjir að ætla að sjórinn í kringum landið væri kaldur og líflaus. Staðreyndin er hins vegar sú að sjórinn í kringum Ísland er iðandi af lífi. Skýringuna má finna í samspili hafstraumanna og landgrunnsins sem umlykja landið.

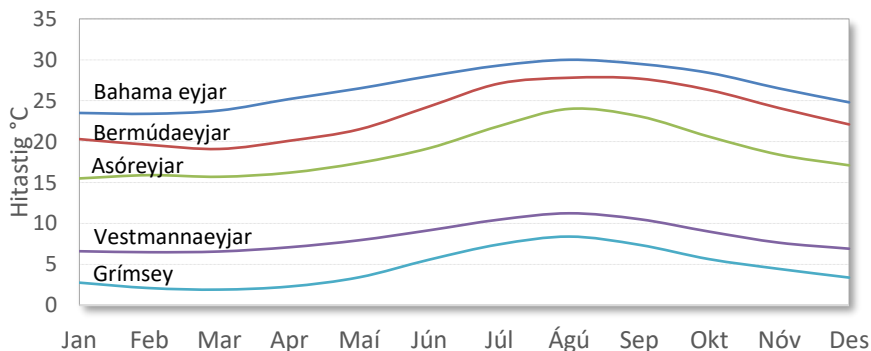


Helstu yfirborðsstraumar í Atlantshafi. Eins og sést þá er nokkurs konar hringstraumur í Norður Atlantshafinu. Þó að við Íslendingar tölum stundum um að Golfstraumurinn hiti upp landið okkar þá nær hann tæknilega séð ekki til Íslands.
Mynd: Wikimedia commons

Heitir hafstraumar

Hluti af íslenskum sjó er talinn byrja ferð sína í Karíbahafi. Við suðurodda Flórída þrýstist þessi heiti sjór út og dregst svo upp eftir Norður-Atlantshafinu. Þetta er **Golfstraumurinn**. Golfstraumurinn nær strangt til tekið bara upp austurströnd Norður-Ameríku og aðeins yfir Atlantshafið. Þar verður hann að **Norður-Atlantshafsstraumi**. Hluti straumsins fær þar heimþrá og heldur suður aftur, niður eftir strönd Afríku, sá kallast **Kanarístraumurinn**. Hann fer svo aftur yfir Atlantshafið rétt norðan við miðbaug og nefnist þá **Norður-Miðbaugsstraumur**. Hann fer aftur inn í Karíbahafið og verður aftur hluti af Golfstrauminum. Þarna myndast þess vegna eilíf straumahringrás og þó að þetta sé í raun allt sami vatnsmassinn kallast straumurinn fjórum mismunandi nöfnum eftir því hvar hann er. Ekki liggur ljóst fyrir hver ákvað að svo skyldi verða. Mitt í þessari hringrás er svo hið fræga **Þanghaf** þar sem állinn okkar hrygnir.

Annar hluti af Norður-Atlantshafsstrauminum heldur upp fyrir Bretland, eftir Noregsströnd og upp í Barentshaf, þetta er **Noregsstraumurinn**. Hluti kvíslast þó frá og fer upp til Íslands, sá nefnist **Irmingerstraumurinn**. Hann flæðir upp eftir vesturströnd Íslands, hluti sveigir í vestur og fer niður eftir landgrunnsjaðri Grænlands. Annar hluti sveigir í austur og hitar upp landgrunnið norðan við Ísland. Þessi hafstraumur hefur þó kólnað heilmikið frá því hann fór úr Karíbahafinu. Upphaflega var hann um 25°C heitur en þegar hann kemur að Vestmannaeyjum er hitinn frá 6 til 11°C eftir árstíðum. Úti fyrir Eyjafirði er hitinn yfirleitt frá 2 til 8°C. Vegna áhrifa frá landi verða hitasveiflur þó enn meiri nær landi. Inn í Eyjafirðinum getur hann farið yfir 10°C á sumrin en dottið niður fyrir 0°C að vetri. Þó að þetta virðist ekki ýkja mikill hiti dugir hann þó til að á Íslandi er hærra hitastig en yfirleitt er á þessari breiddargráðu. Hafstraumur þessi hitar landið því upp. Sjógerð þessa köllum við líka **Atlantssjó** til að greiningar frá ísköldum **pólsjó** að norðan.



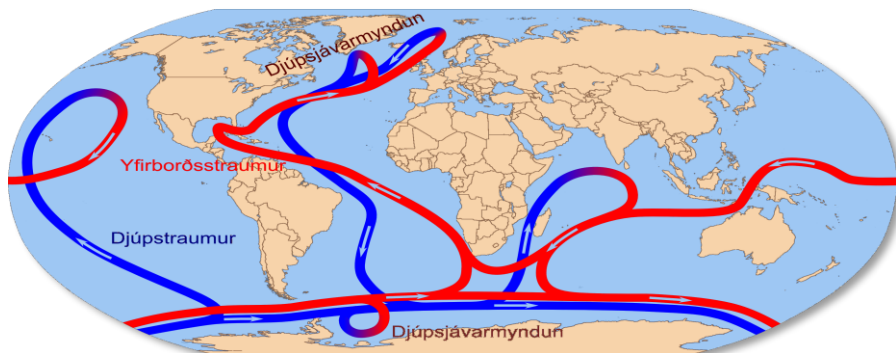
Yfirborðshitastig sjávar á nokkrum eyjum í Atlantshafinu. Heimild: Veðurstofa Íslands

Í stuttu máli þá sér þetta straumakerfi til þess að til Íslands berst hiti frá Karíbahafinu og gerir Ísland byggilegra. Við viljum ekki hræða fólk óþarflega en við vekjum athygli á því að fyrir hefur komið að þetta kerfi hefur að mestu stöðvast, þ.e. enginn heitur straumur barst norður eftir Atlantshafinu. Afleiðing þess voru ísaldir, og Ísland fór þá einfaldlega á kaf í margra hundraða metra þykkan ís. Síðustu ísöld lauk fyrir um 10.000 árum síðan og er vonandi löng bið eftir þeirri næstu.

En hvað veldur þessum straumum? Tvö náttúruöfl spila þar inn í. Annars vegar eru það **staðvindar** norðan við miðbaug og hins vegar það að sjór sekkur kringum Ísland. Staðvindarnir blása í hring, nokkurn veginn eins og straumahringrásinni er lýst hér að ofan og eru nægilega sterkir og stöðugir til að knýja hafstraumana áfram.

Hitt atriðið er það að þegar Norður-Atlantshafsstraumurinn berst norður kólnar hann smám saman vegna yfirborðskælingar frá andrúmsloftinu (annars væri sjórinn við Ísland um 25°C heitur). Eftir því sem sjór kólnar þá verður hann eðlisþyngri. Við eðlisþyngdina bætist að þessi sjógerð er mjög sölt (3,5% af sjónum eru ýmis sölt). Þegar sjórinn hefur kólnað nógu mikið kemur að því að hann verður eðlisþyngri en djúpsjórinn fyrir neðan og sekkur. Þetta virkar eins og nokkurs konar pumpa þar sem sökkvandi sjórinn dregur vatnsmassann á eftir sér.

Pumpan sem minnst er á hér á undan er ansi mikilvæg, ekki bara fyrir okkur heldur alla jörðina. Hún dregur ekki bara hlýjan sjó upp til okkar heldur myndast þarna megnið af djúpsjó heimsins. Sjórinn sem sekkur flæðir nefnilega aftur til baka í djúpunum yfir hrygginn sem er á milli Grænlands og Skotlands og niður í djúp Atlantshafsins. Áfram streymir hann hægt og rólega niður eftir Atlantshafinu, sveigir austur fyrir horn Afríku, inn á Indlandshaf og svo inn á Kyrrahaf. Megnið af djúpsjó heimshafanna á í raun uppruna sinn að rekja til sjávar sem sökk kringum Ísland. Þetta kallast **færibandið mikla**.



Færibandið mikla (e. great ocean conveyor belt), blátt er djúpstraumar en rautt yfirborðsstraumar. Mynd: Wikimedia commons

Kaldir hafstraumar

Við Ísland er hins vegar ekki bara hlýr sjór, úr norðri koma kaldir hafstraumar. Hafið við Ísland er eiginlega vígvöllur kaldra og hlýrra hafstrauma. Köldu hafstraumarnir eru reyndar tveir. Annar þeirra á uppruna sinn í ísköldu Norður-Íshafinu. Hann flæðir niður eftir strönd Austur-Grænlands (og nefnist því **Austur-Grænlandsstraumur**) og ber með sér hafís ⁹. Yfirleitt flæðir hann bara fram hjá Íslandi og veldur ekki miklum vandræðum. Stundum verður hann þó mjög sterkur, eða Irminger straumurinn mjög veikur. Þá getur hluti Austur-Grænlandsstraumsins sveigt til austurs, yfir til Íslands. Þá verða hafísár. Firðir og flóar Norðurlands geta þá fyllst af hafís sem gerir lífið þar afar erfitt¹⁰. Það kólnar í veðri þannig að gras vex hægt og illa, sjómenn geta heldur ekki stundað veiðar sínar vegna íssins. Þessu fylgdi því stundum hungursneyð fyrr á tímum. Þegar ástandið var verst náði þessi straumur jafnvel að flæða niður eftir Austurlandi og jafnvel í allra verstu tilfellum að umkringja landið. Sem betur fer hefur þéttur hafís ekki borist að ströndum Íslands síðan 1970. Síðan þá hefur Irmingerstraumurinn verið að styrkjast þannig að hafið við Ísland hefur verið að hlýna.

Hinn hafstraumurinn nefnist **Austur-Íslandsstraumurinn** og er nokkurs konar blanda af köldum pólsjó og atlantssjó sem farið hefur langt norður fyrir Ísland og kólnað án þess að sökkva og sveigt aftur í suður. Þetta er kaldur hafstraumur sem heldur sjónum úti fyrir Austfjörðum köldum. Hins vegar berst ekki hafís með honum. Þar sem þessi straumur veldur því að sjór við Austurland er ætíð mjög kaldur, en lofthiti getur verið nokkuð hár, myndast oft þoka á þessum slóðum. Það er hin fræga Austfjarðapoka.

HVENÆR VAR KALDAST Á ÍSLANDI?

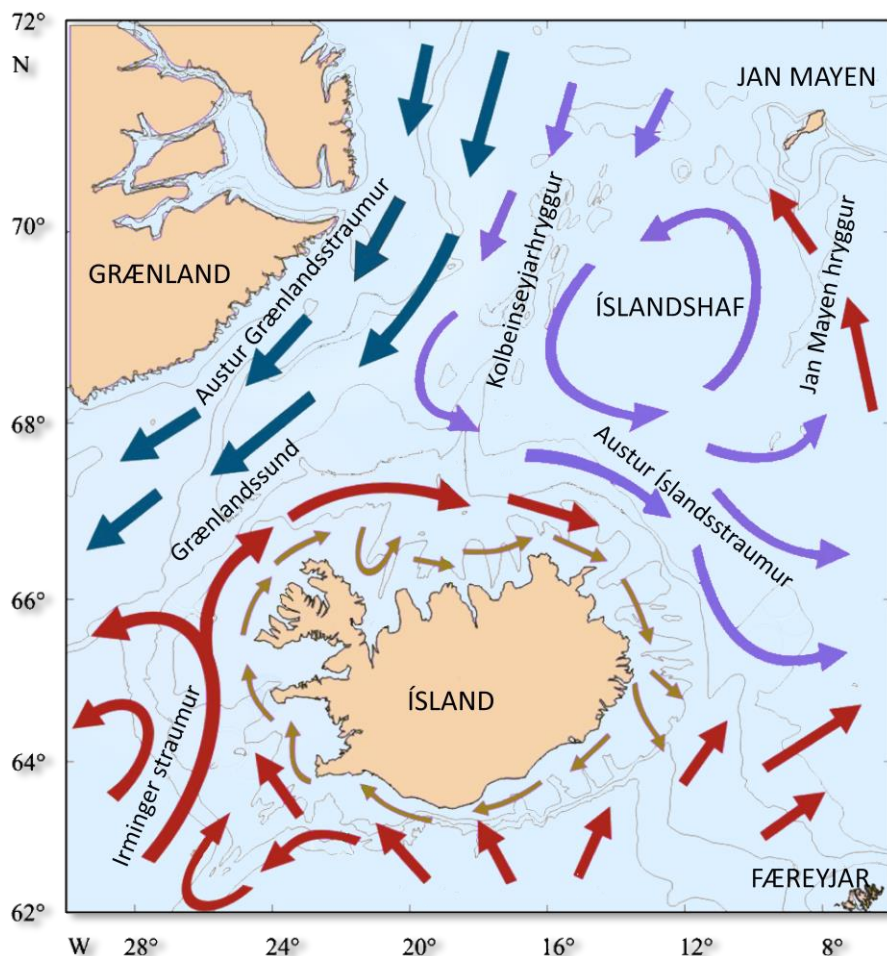
Almennt er talið að kaldasta tímabilið í sögu Íslands hafi verið frá 16. til 19. öld og af þeim var líklega kaldast á 17. öldinni¹¹. Köldu hafstraumarnir úr norðri voru ráðandi á þessu tímabili. Það sem einkennir þetta tímabil eru fjölmörg hafísár þar sem ísinn náði sum ár nánast að umkringja landið. Það er líklega ekki tilviljun að þetta var einnig slæmur tími í sögu Íslands. Þessu fylgdi harðæri og hungursneyð enda hamlaði ísinn sjósókn. Kuldinn sem af ísnum kom olli grasbresti og hungurdauða hjá bústofninum og stundum hjá fólkinu líka. Með hafisnum bárust líka ísbirnir, sem gerður lífið hættulegra. Ofan á þetta komu farsóttir og eldgos sem gerðu þetta tímabil að því erfiðasta í Íslandssögunni. Það sem bjargaði þó sennilega mörgum landanum frá hugurdauða var að með hafís barst þó tvennt gott, selir og hvalir.

⁹ Markús Á. Einarsson 1969

¹⁰ Páll Bergþórsson 1969

¹¹ Ogilvie, A. E. & Trausti Jónsson 2013

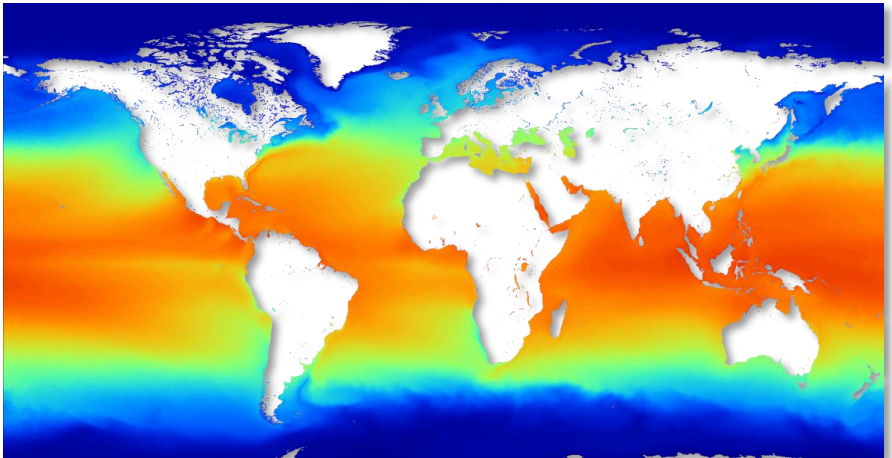
Við þessa hafstrauma má svo bæta **strandstraumnum** sem gengur réttsælis í kringum landið. Hann er í raun ferskvatnsblandaður Atlantssjór og kemur ferskvatnið frá hinum mörgu ám sem falla hér til sjávar. Í heildina valda þessir hafstraumar því að sjórinn við Suðurland er hlýjastur en sjórinn við Austurland kaldastur. Munur milli árstíða er aftur á móti mestur við Norðurland þar sem í góðu árferði getur orðið nokkuð hlýtt en að sama skapi ískalt í slæmu árferði með hafis.



Helstu yfirborðsstraumar við Ísland. Irminger straumurinn kemur að landinu úr suðri en skiptist svo í tvennt, hluti sveigir í vestur úti fyrir Vesturlandi en hluti fer inn á landgrunnið norðan við landið. Úr norðri koma tveir kaldir straumar, Austur-Grænlandsstraumurinn og Austur-Íslandsstraumurinn. Endurteiknað úr Hjálmar Vilhjálmsson 2002.

LÍFRÍKI HAFS

Uppruni lífs á jörðu er í hafinu og þar bjuggu og þróuðust allar lífverur jarðarinnar í milljónir ára áður en nokkurri þeirra datt í hug að ganga á land. Af þeim sökum er lífríki hafsins mjög fjölbreytt. Þar er bæði að finna stærstu og langlífustu dýr jarðarinnar en einnig aragrúa smásærra lífvera sem sumar hverjar lifa bara í fáa daga¹². Lífríkið í hafinu er líka gjörólíkt lífríkinu á landi. Margar dýrategundir í sjó eru til dæmis botnfastar og er því oft ruglað saman við plöntur. Svamparnir líkjast gjarnan mosa á hörðu undirlagi og botnföst holddýr líkjast einna helst blómum þó að þau séu í raun skæð rándýr. Skrápdyrin silast um á botninum, stór, áberandi og vel brynvarin. Það er ekki hægt að finna nein sambærileg dýr á landi.



Meðalyfirborðshiti sjávar yfir allt árið. Við miðbaug verður heitast við Indónesíu og kaldast við pólana. Hitastig við Ísland er yfirleitt frá 4 til 9°C. Ljósblái liturinn sýnir kaldtempraða beltíð en dökkblái kuldabeltið þar sem hitastig sjávar getur farið niður undir frostmark. Ísland liggur á mörkum tveggja belta. Flest stærstu fiskimið heimsins eru þar sem sjórinn er ljósblár. Mynd: NASA ocean color web

Vegna straumakerfanna er Ísland á mörkum tveggja heima, **kaldtempraða beltisins** og **kuldabeltisins**. Hér finnast þess vegna tegundir lífvera frá báðum þessum beltum. Þetta veldur því einnig að umhverfissveiflur geta hér verið miklar og óútgreiðanlegar¹³. Reyndar eru aðstæður í hlýrri sjónum úti fyrir Suðurlandi frekar stöðugar¹⁴. Þar er tegundafjölbreytni mikil og þar finnast því margar tegundir sem

¹² Jörundur Svavarsson & Pálmi Dungál 2008

¹³ Ólafur S. Ástþórsson & Hjálmar Vilhjálmsson 2002

¹⁴ Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason & Steingrímur Jónsson 2007

algengar eru á öðrum kaldtempruðum hafsvæðum heimsins. Sveiflur í hitastigi og öðrum umhverfisháttum eru mun meiri við Norðurland og þar finnast færri tegundir¹⁵. Þetta er vegna þess að fjölmargar tegundir, sem ella einkenna kaldtempraða beltið fyrir sunnan eða kuldabeltið fyrir norðan, geta ekki lifað við þessar umhverfissveiflur til lengri tíma. Þær vilja annaðhvort hafa kalt eða heitt, ekki óreglulega sitt á hvað. Á móti kemur að fjölmargir gestir láta sjá sig þar reglulega og fer það þá eftir tíðarfari hvort það eru tegundir ættaðar úr norðri eða suðri.

Reyndar er það svo að náttúran er síbreytileg. Nýjar tegundir eru sífellt að bætast við fáu landsins. s.s. sandrækja, flundra, klettakrabbí og kóngakrabbí¹⁶. Hitastig sjávar við landið hefur verið að hækka á síðasta áratug og skýrir það komu margra tegunda¹⁷. Umhverfið er hreinlega að breytast. Sumt er þó beint mannanna verk, nýjar tegundir berast til dæmis milli hafsvæða með kjölvatni skipa eða þær eru viljandi færðar á milli hafsvæða. Til dæmis er talið að klettakrabbinn hafi komið hingað með kjölvatni. Kóngakrabbanum, sem áður lifði bara í Kyrrahafinu, var vísitandi sleppt í Barentshafið. Hann hefur einu sinni fundist hér og er það ráðgáta hvernig hann barst hingað.



Viðá er hafsbotninn þakinn lifi. Hér er burstaormurinn hreisturbakur að heilsa upp á einbúakrabba, Hvítu blettirnir á rauða kalkþörungnum eru líka örlitlir burstaormar (snúðormar). Í baksýn má einnig sjá svampa og þörungna. Mynd: Erlendur Bogason.

¹⁵ Lilja Stefánsdóttir o.fl.2010

¹⁶ Björn Gunnarsson & Þór Ásgeirsson 2006, Guðrún G. Þórarinsdóttir 2014

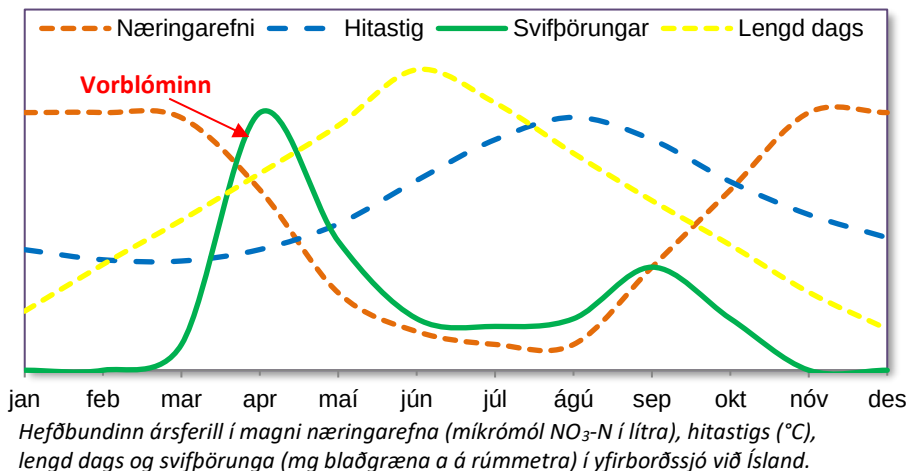
¹⁷ Héðinn Valdimarsson Ólafur S. Ástþórsson & Jónbjörn Pálsson 2012

Frumframleiðendur

Frumframleiðsla er undirstaða nær alls lífs á jörðinni. Á landi eru það hefðbundnar **plöntur** sem sjá um frumframleiðsluna. Hefðbundnar plöntur eru afar sjaldgæfar í sjó en þar taka **þörungar** yfir hlutverk þeirra. Þeir **ljóstillifa** og búa með því til lífræn efni úr ólífrænum með hjálp sólarljóss. Til þess þurfa þeir einungis koltvísýring, sólarljós, vatn og nokkur næringarefni (t.d. fosföt og nítröt). Dýr geta þetta ekki og þurfa að ná í lífræn efni með því að éta aðrar lífverur. Þörungar eru þ.a.l. undirstaða fæðukeðjunnar í hafinu ¹⁸.

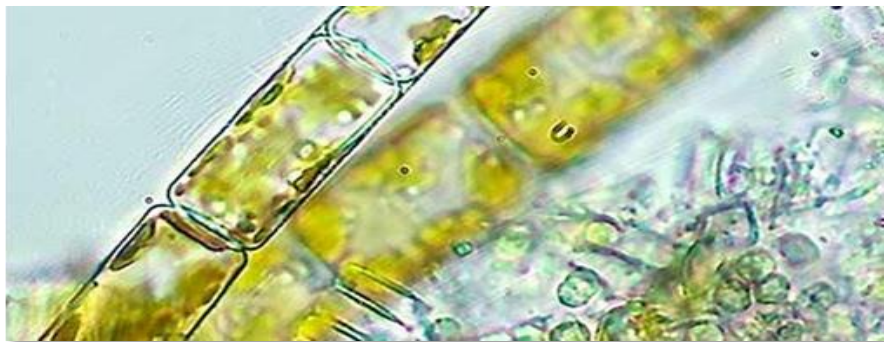
Þörungar skiptast í tvo flokka eftir lífnaðarháttum, botnþörungar og svifþörungar. **Botnþörungar** (líka kallaðir stórþörungar) líkjast landplöntum, enda fjölfrumungar. Þeir eru bundnir við botninn og finnast því einungis á mjóu belti meðfram ströndum þar sem nóg sólarljós nær niður¹⁹. Botnþörungar hafa ekki rætur og geta ekki fest sig niður á mjúkum botni. Þeir eru hins vegar með þöngulhaus sem getur límt þá við steina og kletta. Botnþörungar finnast þess vegna einungis á hörðum botni. Botnþörungana þekkja flestir betur sem þara og þang.

Svifþörungar (líka kallaðir plöntusvif eða smáþörungar) er að finna alls staðar í hafinu. Heildarfrumframleiðni þeirra er því miklu meiri en botnþörunganna sem bundnir eru við grynningar. Svifþörungarnir eru að langmestu leyti örsmáir einfrumungar. Fjölgunargeta þeirra er gríðarleg og ef aðstæður eru réttar getur fjöldi þeirra orðið það mikill að þeir lita sjóinn. Þeir eru því þrátt fyrir smæð sína, undirstaða fæðukeðju hafsins.



¹⁸ Þórunn Þórðardóttir 1994

¹⁹ Munda, I. M. 1987



Svifþörungar séðir í víðsjá. Margir mynda keðjur eins og sést hér. Mynd: Bjarni Eiríksson

Eins og áður hefur komið fram þurfa svifþörungar einungis koltvísýring, næringarefni, vatn og sólarljós til að fjölga sér. Af **vatni** og **koltvísýringi** er nóg í sjónum, **sólarljós** er bara að finna við yfirborð sjávar en mest er af **næringarefnum** í djúpsjó. Þetta er grundvallarvandamál því að mjög víða veldur skortur á næringarefnum í yfirborðssjó að þörungar geta ekki fjölgað sér þó nóg sé sólarljósið. Þetta á sérstaklega við um heitari svæði heimsins þar sem lagskipting sjávar er mjög stöðug. Á kaldari svæðum, eins og hér við land, er aftur á móti ákveðið ferli í gangi sem veldur því að næringarefnin berast reglulega upp að yfirborðinu og framleiðni hafsins er þ.a.l. miklu meiri en í hitabeltinu. Þetta er svo bein ástæða þess að Íslandsmið eru með bestu fiskimiðum heims.

Yfir **veturinn** er of lítil birta til að þörungar geti fjölgað sér²⁰. Aftur á móti er nóg af næringarefnum í sjónum því að kalt loftið kælir yfirborð sjávar. Yfirborðssjórin verður við það eðlisþyngri og sekkur. Næringarríkur og hlýrri djúpsjór kemur þá upp í staðinn. Hann kólnar síðan og sekkur líka og svo koll af kolli. Af þessari ástæðu á sér stað mikil blöndun í hafinu yfir vetrartímann.

Snemma á **vorin** þegar sólin fer að rísa aftur, og þörungarnir fara að geta ljóstillífað, eru þess vegna næg næringarefni til staðar í yfirborðslögum sjávar. Nokkur lagskipting myndast einnig vegna þess að loft fer að hlýna og vegna ferskvatnsstreymis frá vorleysingum í landi. Efstu lög sjávar verða því eðlisléttari og það hægir á blöndun. Það er líka nauðsynlegt fyrir svifþörungum svo að þeir geti haldist í yfirborðslaginu. Á þessum tíma verður af þeim sökum gríðarleg fjölgun svifþörungum á stuttum tíma. Þessi fjölgun er árviss viðburður á þeim breiddargráðum sem við búum á og er kölluð **vorblómi þörunganna**.

²⁰ Svend-Aage Malmberg 1992

Þegar blóminn hefur náð hámarki og hægt hefur verulega á blönduninni ganga næringarefni í yfirborðslaginu til þurrðar og þörungarnir geta ekki fjölgað sér lengur. Einnig eru svifdýr komin á kreik sem éta þörungana. Þess vegna er þörungamagnið yfirleitt lágt yfir **sumarið** þó að nóg sé af sólarljósinu. Það er eingöngu ef blöndun á sér stað af einhverjum ástæðum, og næringarríkur sjór úr dýpri lögum kemst upp og blandast sjónum í yfirborðinu, að einhver veruleg fjölgun þörungna getur orðið. Þetta gerist einkum ef vindar blása kröftuglega að sumarlagi en einnig á **haustin** þegar sjórinn fer að kólna, vindar ágerast og blöndun eykst aftur. Í hitabeltinu er alltaf sumar, loftið er hlýtt og yfirborð sjávar er þ.a.l. einnig heitt. Þetta stöðvar blöndun því að sjór verður eðlisléttari eftir því sem hann er heitari og mjög sterk lagskipting myndast. Frumframleiðni er þess vegna lítil í hitabeltinu.



Rauðþörungur, grænþörungur og brúnþörungur frá vinstri til hægri. Mynd: Erlendur Bogason.

Þrjú önnur náttúrufyrirbæri valda því einnig að framleiðni þörungna er mikil á Íslandsmiðum. Í fyrsta lagi ber Irmingerstraumurinn næringarríkan sjó hingað norður²¹. Í öðru lagi er **landgrunn** hér nokkuð stórt, en framleiðni er ætíð meiri yfir landgrunni en í úthafinu. Í síðasta lagi er það að við **straumamót** kaldra og hlýrra

²¹ Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson 1991

hafstrauma er mikið rót á sjónum sem veldur aukinni blöndun. Þetta leiðir af sér að mikil framleiðni er á þeim svæðum. Dæmi um þetta má finna úti fyrir Vestfjörðum og Suðausturlandi þar sem mjög skörp skil eru á milli kaldra og hlýrra hafstrauma. Það er engin tilviljun að þarna eru ein bestu fiskimiðin við Ísland.



Séð yfir þaraskóg. Tegundirnar í þessum þaraskógi eru aðallega beltsþari og marinkjarni. Mynd: Erlendur Bogason.

HVE MIKIL ER FRUMFRAMLEIÐSLAN HÉR VIÐ LAND?

Frumframleiðni í hafinu við Ísland telst nokkuð há á heimsvísu eða milli 150-350 g C m⁻² ári⁻¹ (þetta þýðir grömm af kolefni, fengið úr koltvísýringi CO², bundin í lífræn efni á hverjum fermetra á hverju ári)²². Hún er hærri yfir landgrunninu en í úthafinu. Heildarframleiðni hefur verið metin í kringum 55 milljón tonn af kolefni á ári á landgrunninu en 122 milljón tonn innan allrar lögsögunnar. Þessi lífmassi er síðan tiltækur fyrir aðrar lífverur sem ekki ljóstillífa. Lífmassinn færir upp eftir fæðukeðjunni með því að dýr éta plöntur og hvert annað. Mikið tapast á hverju þrepi við öndun og í formi úrgangs. Hlutfallslega lítið er því eftir þegar efst í fæðukeðjuna er komið. Metið hefur verið að 10 til 20% af lífmassanum nýtist á milli þrepa.

²² Þórunn Þórðardóttir & Kristinn Guðmundsson 1998

Dýrin

Dýrin eru svo á næstu **fæðuprepum** fyrir ofan, þau éta plöntur eða önnur dýr. Hægt er að flokka dýr með ýmsum aðferðum en miðað við lifnaðarhætti skiptast þau í svifdýr, botndýr og sunddýr. **Svifdýr** (eða dýrasvif) lifa í vatnsmassanum og hafa mjög takmarkaða getu til þess að hreyfa sig. Þau eru því háð hafstraumum um tilfærslu líkt og svifþörungarnir. Yfirleitt eru svifdýr örlítill en þó eru til stórar tegundir eins og marglyttur.

Svifdýrin eru mjög mikilvægur hlekkur í **fæðukeðjunni** vegna þess að plöntusvifið er of lítið til að fiskarnir geti étið það²³. Svifdýrin eru þ.a.l. nauðsynlegur milliliður. Reyndar er þetta nokkur einföldun því mörg svifdýr éta líka önnur svifdýr, sum svifdýr éta jafnvel fiskseiði sem síðar stækka og fara sjálf að éta svifdýr. Þetta leiðir til þess að það er í raun ekki um neina einfalda fæðukeðju að ræða heldur mynda lífverur hafsins flókinn **fæðuvef**.

Botndýr eru dýr sem lifa á botninum eins og nafnið gefur til kynna. Mörg botndýr eins og sæffillar, kóralar, svampar og sæliljur eru botnföst og er oft ruglað saman við plöntur. Á landi eru það bara plöntur sem festa sig við undirlagið. Önnur geta rölt eftir botninum eða grafið sig ofan í hann. Fjölbreytileiki sjávarlífsins sést einna best við hafsbotninn²⁴. Þar er að finna lífverur með hið margbreytilegasta atferli og útlit. Þetta er vegna þess hve fjölbreytt búsvæði hann býður upp á.

Botngerðin hefur mikil áhrif á tegundasamsetninguna²⁵. Stærstur hluti landgrunnins er **mjúkur botn**. Mjúkur botn kallast það þegar botninn er sandur eða leðja. Mjúki botninn virðist oft við fyrstu sýn lífvana. Þetta er þó villandi þar sem fjölmargar lífverur lifa niðurgrafnar í botnsetið. Tegundir eins og ýsa, flatfiskar og rækja²⁶ finnast aðallega yfir mjúkum botni enda er fæða þeirra þar.

Harður botn er ekki eins algengur en er einna helst að finna þar sem straumar eru sterkir og þeir ná að halda mjúka setinu í burtu. Botninn er því klettur eða hraun. Harður botn er mun fjölbreyttari en mjúkur vegna þess að þar geta lífverur fest sig niður og tekið virkan þátt í að móta umhverfið. Besta dæmið um það eru **kóralarnir**. Í hitabeltinu vaxa kóralar á grynningum og geta búið til heilu eyjarnar eða landsvæðin. Allur Flórídaskagi er til dæmis eitt risastórt kóralrif að grunni til. Kóralrif finnast líka við Ísland en einungis á nokkru dýpi²⁷. Þau skapa þar margbrotið

²³ Ólafur S. Ástþórsson 1991, Ástþór Gíslason 2000, Ástþór Gíslason & Ólafur S. Ástþórsson 2004

²⁴ Ingimar Óskarsson 1982

²⁵ Jörundur Svavarsson & Pálmi Dungal 2008

²⁶ Karl Gunnarsson, Gunnar Jónsson & Ólafur K. Pálsson 1998

²⁷ Sigmar A, Steingrímsson & Sólmundur Tr. Einarsson 2004

búsvæði fyrir aðrar lífverur. Þetta vita sjómenn og eru mörg góð mið oft tengd kóralrifjum. Því miður veldur þetta einnig því að rifin eyðileggjast smám saman. Kortlagning djúpsjávarkórala við Ísland stendur nú yfir og hefur nokkrum svæðum þegar verið lokað þeim til verndar.

Hinn fjölbreytti harði botn gerir það líka að verkum að auðveldara er fyrir smálífverur að finna þar skjól. Tegundafjölbreytni er því yfirleitt meiri á hörðum botni en mjúkum. Sumar fisktegundir kjósa líka frekar að vera á hörðum botni, til dæmis keila og þykkvalúra²⁸. Flestir fiskar eru reyndar frekar tækifærissinnaðir og finnast bæði yfir mjúkum og hörðum botni.

Sunddýr eru þriðji flokkur dýra, þau eiga sér enga samsvarandi flokka meðal þörunga. Þetta eru dýr sem hafa góða hreyfigetu, t.d. fiskar, smokkfiskar og sjávarspendýr. Sunddýrin geta verið víða í vatnsmassanum. Fiskar, sem ekki eru háðir hafsbotninum og lifa við yfirborð sjávar, eru kallaðir **uppsjávarfiskar**. Fiskar, sem lifa í djúpinu, eru kallaðir **djúpsjávarfiskar** og **miðsjávarfiskar** lifa þar á milli. Fiskar, sem yfirleitt finnast nálægt botni, nefnast **botnfiskar** eins og gefur að skilja.

Þessi skipting er engan veginn afgerandi þar sem margar lífverur geta talist til tveggja eða fleiri þessara flokka. Enn fremur fara mörg dýr í gegnum ólík stig í lífsferli sínum sem eru mismunandi hvað varðar form, hegðun og búsvæði. Fullvaxta þorskur er augljóslega sunddýr og botnfiskur, en þorskklirfur eru sviflægar fyrstu mánuði lífs síns og með mjög takmarkaða hreyfigetu. Þær eru því svifdýr. Flest botndýr hafa einnig sviflægar lirlfur. Ofangreind skipting er heldur ekki í neinu samræmi við skyldleika lífveranna.



Lífriki hafsins er afar fjölbreytt. Hér er þorskseiði yfir þarablaði sem þakið er hveldýrum. Mynd: Erlendur Bogason.

²⁸ Gunnar Jónsson & Jónbjörn Pálsson 2013

RANNSÓKNIR

Vegna þess hve hafið skiptir okkur miklu máli er auðvitað mikilvægt að rannsaka það, fylgjast með ástandi þess og tegundanna sem þar lifa. Áður fyrr voru auðlindir hafsins taldar óþrjótandi því að hafið var svo stórt en nú vitum við að svo er ekki. Ólíkt mörgum auðlindum á landi, svo sem olíu, kolum, og málmum, þá eru flestar auðlindirnar sem við nýtum í hafinu **endurnýjanlegar**. Nýir einstaklingar koma í stað þeirra sem drepast. Þessu svipar til skóga á landi. Ný tré koma í stað þeirra sem við höggvum. Á þessu er hins vegar takmörk, ef við höggvum trén of hratt niður eða veiðum of mikið af fiski þá nær endurnýjunin ekki að bæta upp tapið. Stofnarnir minnka og geta jafnvel horfið á endanum ef ekkert er gert.

Því er mikilvægt að fylgjast með ástandi nytjastofna og reyna að meta hve mikið er óhætt að veiða án þess að stofnarnir hljóti skaða af. Veiðarnar verða að vera **sjálfbærar**. Það er langur vegur frá því að allar fiskveiðar í heiminum séu sjálfbærar, fiskur er verðmætur, rannsóknir eru dýrar og fiskar synda á milli lögsaga, sem gerir stjórn fiskveiða erfiða. Hér við land er þó talið að hún sé til fyrirmyndar og flestir nytjastofnar eru taldir í ágætu ástandi. Það hefur þó ekki alltaf verið svo, til dæmis hrundu síldarstofnarnir á sjöunda áratugnum vegna ofveiði (sjá box hér við hliðina).

Það er hlutverk **Hafrannsóknastofnunar** (oft kölluð Hafró til styttingar, sjá www.hafro.is)²⁹ að fylgjast með ástandi hafsins hér. Þetta er ekki einfalt verk, hafið hér er stórt og reka þarf stór og dýr skip til að geta fylgst með því sem þar gerist. Til þess hefur stofnunin yfir að ráða tveimur stórum rannsóknaskipum, Bjarna Sæmundssyni og Árna Friðrikssyni, nefndum eftir frumkvöðlum í fiskirannsóknum hér á landi. Stofnunin hefur einnig yfir að ráða litlum rannsóknabáti, Einari í Nesi. Auk þess fara vísindamenn stofnunarinnar oft í rannsóknaleiðangra á venjulegum fiskiskipum. Rannsóknaleiðangra Hafró má í stórum dráttum skipta í þrennt:

1. Ástand nytjastofna: Skip stofnunarinnar fara í fjölmarga leiðangra árlega sem ætlað er að meta magn nytjastofna við landið. Stærstu leiðangrarnir eru stofnmælingar botnfiska að hausti og vori. Þá er bæði farið á rannsóknaskipum og leigutogurum og togað er á fjölmörgum stöðum í kringum landið. Áhersla er á að allt sé staðlað, sama veiðarfæri er alltaf notað, farið er á sömu stöðvar, alltaf er togað jafn lengi og á sama tíma árs. Þannig fæst stöðluð mæling á fjölda fiska við landið sem hægt er að bera saman eftir árum. Hefð hefur skapast fyrir því að kalla þessa leiðangra **togararöll**. Mörg skip koma að leiðöngurum þessum og hafa þau

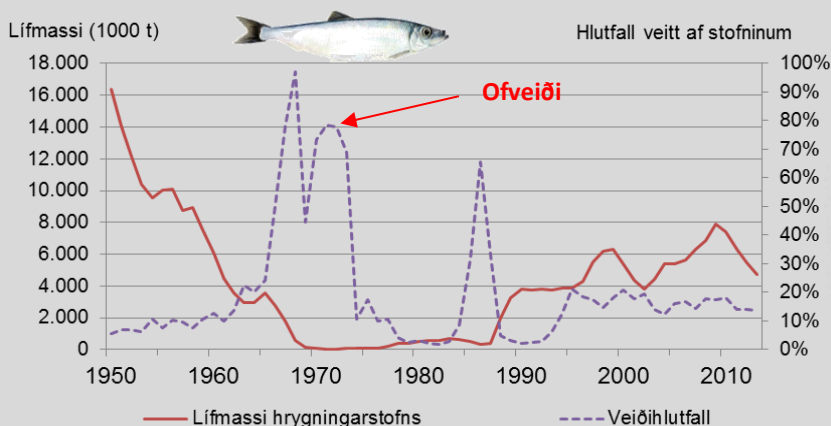
²⁹ Jón Jónsson 1988, 1990

stundum óformlega farið að keppast um það að vera fyrst að klára sinn skammt af togstöðvum.

AF HVERJU HRUNDI SÍLDIN VIÐ ÍSLAND?

Mikil aukning síldveiða eftir 1960 og hrun rétt fyrir 1970 má skýra að mestu með hraðri tækniþróun sem leiddi til þess að sífellt var auðveldara að veiða síldina³⁰. Þetta leiddi til þess að miklu meira var veitt en stofnarnir gátu staðið undir og þeir hrundu að lokum. Skip fóru til dæmis að nota kraftblökkina sem gerði þeim kleift að taka stærri hol og fá miklu meiri afla. Einnig var byrjað að nota sónarinn sem gerði skipum kleift að finna torfur undir yfirborðinu. Fyrir þann tíma voru sjómenn háðir því að sjá síldartorfunar vaða í yfirborðinu. Skilyrði í sjónum versnuðu þar að auki á þessu tímabili þar sem sjór kólnaði mikið. Norðmenn voru líka duglegir að veiða ungsíld við Noreg, síld sem var því drepin of ung. Á þessum tíma voru fiskveiðilögsögur almennt ekki nema 4 mílur frá landi og því erfitt að stjórna fiskveiðum, sérstaklega fyrir flökkufiska eins og síldina.

Í stuttu máli þá var margt óhagstætt síldinni á þessum tíma sem leiddi til þess að alltof mikið var veitt og stofnar hrundu úr mörgum milljónum tonna í nokkur þúsund tonn. Í raun vantaði ekki mikið upp á að síðasta síldin yrði veidd. Árið 1968 lifði til dæmis minna en 10% af hrygningarstofni norsk-íslensku síldarinnar af árið, hitt var allt veitt (sjá línurit hér að neðan). Langflestir síldarstofnar hafa nú náð sér að fullu og er veiðum stjórnað mjög stíft svo þeir hrynji ekki aftur. Til dæmis má nú einungis veiða 15-20% af veiðistofni norsk-íslensku síldarinnar.



Áætlað magn af norsk-íslenskri síld í hafinu (1000 tonn) og hve hátt hlutfall stofnsins við veiðum ár hvert. Heimild: ICES

³⁰ Benedikt Sigurðsson o.fl. 2007

Sambærilegir leiðangrar eru farnir til að meta magn rækju og humars. Í þessum leiðöngrum er notaðar mismunandi gerðir af botnvörpum. Einnig eru farnir leiðangrar með önnur veiðarfæri t.d. með plóg til að meta magn hörpudisks og með netum til að meta magn af þorski sem kemur til hrygningar á hverju vori.

Fjölmargt annað er gert í þessum leiðöngrum en að telja fiska sem veiðast. Það þarf auðvitað að greina þá alla til tegunda. Margir fiskar af hverri tegund eru lengdarmældir og mikilvægustu tegundirnar eru einnig vigtaðar á ýmsan hátt. Fyrst eru fiskarnir vigtaðir óslægðir, þá er gert að þeim og þeir vigtaðir slægðir (án innnyfla). Til að fá sem besta mynd af ástandi þeirra eru lifur og kynkirtlar einnig vigtaðir, kannað hvað finnst í maga þeirra og kvarnir teknar. Í kvörnunum myndast áhringir líkt og í trjám svo að hægt er að aldursgreina þá. Í þessum leiðöngrum fæst því ekki bara góð mynd af hve mikið er af hverri tegund heldur má líka fá ýmsar upplýsingar um einstaklingsástand þeirra og bera saman ástand milli ár.

Einnig er farið í stóra leiðangra til að meta magn af uppsjávarfiskum, svo sem loðnu, síld, makríl, kolmunna og úthafskarfa. Til þessa eru notaðar tvær aðferðir. Öflug fiskleitartæki rannsóknarskipanna senda frá sér hljóðbylgjur sem endurkastast af fiskunum og er hægt að mæla það. Fiskarnir eru í raun taldir út frá því hve endurkastið er mikið. Fræðilega séð er líka hægt að nota þessa aðferð með marga botnfiskana en þar sem þeir eru oft mjög nálægt botni er mun erfiðara að greina þá frá endurkasti botnsins. Til að greina hvaða fisktegund endurkastið kemur frá þá er einnig tekið tog annað slagið með flotvörpu og fiskarnir sem veiðast greindir.

Hvalatalningar má einnig setja í þennan flokk. Þó eru hvalirnir ekki veiddir heldur byggir þetta á sjónrænni talningu. Skipin fara fastákveðna leið og uppi í turni (til að fá sem best útsýni) eru reyndir hvalatalningarmenn sem greina og telja alla hvali sem sjást kringum skipið. Reynsla og þekking er mikilvæg þarna því oft er erfitt að greina hvalina til tegunda.

2. Ástand sjávar: Miklu máli skiptir einnig að vita hvert er ástand sjávarins³¹. Þessu má líkja við veðurfræði hafsins. Mestu máli skiptir að fylgjast með hitastiginu en einnig skiptir seltustigið miklu máli. Almennt séð þykir gott ef sjórinn er hlýr og saltur, það er heppilegt fyrir flesta fiskistofna. Ef mikið er af köldum og ferskum sjó er árferðið verra, sérstaklega ef því fylgir mikill hafís. Í þessum leiðöngrum eru einnig tekin háfsýni þar sem metið er magn plöntusvifs og dýrasvifs, sem eru grunnstoðir lífríkisins. Þeim mun meira sem er af svifi því meiri fæðu má vænta þess að nytjastofnarnir hafi.

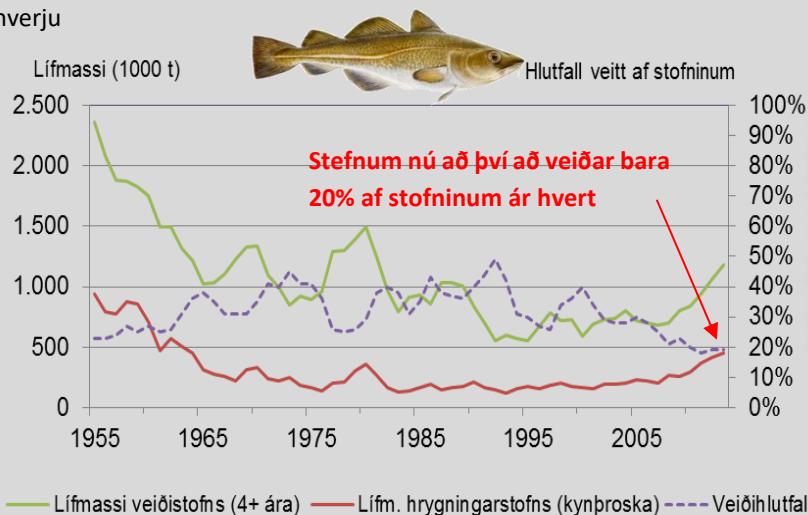
³¹ Hafrannsóknastofnun 1994-2015

HVAÐ ER MIKIÐ AF ÞORSKI Í HAFINU VIÐ ÍSLAND?

Mikil áhersla hefur verið lögð á að meta stærð þorskstofnsins á Íslandsmiðum³². Það er grundvöllurinn fyrir því að stjórna veiðum á honum skynsamlega. Árlega er farið í allmarga rannsóknaleiðangra þar sem megináherslan er á að meta ástand þorskstofnsins auk þess sem í langan tíma hefur verið fylgst með aldurssamsetningu afla allt í kringum landið. Niðurstöður úr þessu eru settar inn í tölvulíkön sem meta stærð stofnsins út frá gefnum forsendum.

Niðurstaðan er sú að þorskstofninn við Ísland hefur minnkað nánast samfelld frá því mælingar hófust og fram að lokum 20. aldar. Stöku sinnum komu þó Grænlandsgöngur sem ýttu stofninum upp á við. Miklar veiðar leiddu þó til þess að stofninn féll alltaf fljótt niður aftur. Meira var alltaf veitt úr stofninum en hann þoldi. Þetta er ein meginástæða þess að lagt var í þorskastríðin og síðar nokkuð harkalegar aðgerðir til að stemma stigu við vexti íslenska flotans. Á síðasta áratug hefur því tekist að ná fyrir þessa ofveiði og stofninn hefur stækkað talsvert á ný.

Nú er talið að rúmlega 1 milljón tonna af þorski eldri en 3 ára sé í sjónum í kringum Ísland og þar af er tæpur helmingur orðinn kynþroska. Heildarfjöldi er metinn um 340 milljónir fiska og þar af veiðum við um 60 milljónir á ári hverju



Áætlað magn af þorski í sjónum við Ísland (tonn) og hve hátt hlutfall stofnsins við veiðum ár hvert. Heimild: Hafrannsóknastofnunin

³² Hafrannsóknastofnun 1978-2015

3. Aðrir leiðangrar: Að auki er farið í ýmsa aðra leiðangra, til dæmis til að merkja fiska eða hvali, kanna veiðihæfni veiðarfæra, kanna magn vannýttra tegunda sem ekki fást í hefðbundnum leiðöngrum, kortleggja hafsbotninn með botnsjá, eða rannsaka jarðfræði hafsbotnsins. Einnig er farið í stutta leiðangra með nemendum í sjávarlíffræði við Háskóla Íslands og nemendum í sjávarútvegsfræði við Háskólann á Akureyri. Þetta er engan veginn tæmandi listi enda er enn ýmislegt órannsakað varðandi hafið.

Hafrannsóknastofnunin stundar einnig ýmsar rannsóknir í landi. Aldursgreina þarf kvarnirnar, greina nánar sýni sem safnað er á sjó. Viðamesti þátturinn er samt mæling á lönduðum afla. Reglulega er farið í frystihús og fiskmarkaði í kringum landið og fiskurinn mældur. Tilgangur þessa er að fá nákvæmar upplýsingar um aflasamsetningu við Ísland. Líkt og í stofnmælingaleiðöngrum þá er þessi fiskur mældur eins nákvæmlega og hægt er, kvörnum er einnig safnað og þær síðar aldursgreindar. Þessar upplýsingar eru síðan færðar inn í tölvulíkön sem meta hve mikið af fiski er í sjónum og hve mikið er óhætt að veiða. Til þessarar söfnunar er stofnunin með útibú um allt land, á Ísafirði, Akureyri, Höfn, Vestmannaeyjum og Ólafsvík. Einnig er stofnunin með tilraunaeldisstöð við Grindavík. Háskólum landsins ber einnig að stunda rannsóknir og sumir þeirra stunda rannsóknir á lífríki hafsins, yfirleitt í samvinnu við Hafrannsóknastofnunina.



Hafrannsóknaskipin Árni Friðriksson (sá stærri) og Bjarni Sæmundsson. Skipin eru nefnd eftir íslenskum frumkvöðlum í fiskifræði. Mynd: Bjarni Eiríksson

HVERNIG TELJA MENN FISKA?

Að telja fiska er bara eins og að telja tré, nema fiskarnir hreyfa sig og við sjáum þá ekki. Það er sem sagt mun erfiðara. Í grunninn eru notaðar fjórar aðferðir:

1. Talning með **fiskleitartækjum** (hljóðbylgjum), þetta er aðallega notað á uppsjávarfiska. Gallinn við þessa aðferð er að hún hentar illa fyrir botnfiska (t.d. þorsk), því erfitt er að greina þá frá botninum, og fiska sem eru ekki með sundmaga (t.d. makríl), ef fiskur er ekki með sundmaga þá endurvarpast hljóðbylgjurnar mun verr. Einnig virka fiskleitartæki illa neðan við um 500 m dýpi.

2. **Fiskmerkingar.** Fiskar eru merktir og endurheimtur taldar. Einfaldað dæmi: Ef 10.000 fiskar eru merktir eitt ár og árið eftir er annar hver fiskur sem veiðist með merki þá má áætla að 20.000 fiskar hafi verið í sjónum upphaflega. Galli að þetta er mjög dýrt, óþekktur fjöldi merkja dettur af og þetta byggð á því að allir sjómenn skili merktum fiskum sem þeir veiða, sem þeir gera ekki.

3. **Togararöllin** sem áður hefur verið lýst gefa afar mikilvægar upplýsingar. Gallinn við þau er að þau gefa bara vísitölu. Þau gefa í raun ekki upplýsingar um heildarfjölda fiska í sjónum heldur bara samanburð milli ára.

4. Upplýsingar um **aldurssamsetningu aflans**. Þetta er mikilvægasta aðferðin og byggð á viðamikilli greiningu á aldurssamsetningu afla³³. Einfaldað dæmi: Árið 2000 veiðast 1000 eins árs fiskar, árið 2001 veiðast 500 tveggja ára fiskar (sami árgangur), árið 2002 veiðast 100 þriggja ára fiskar og árið 2003 enginn fjögurra ára. Hvað getum við sagt út frá þessu? Í það minnsta að árið 2003 er þessi árgangur ekki til lengur, fiskarnir hafa annaðhvort dáið í sjónum (kallað náttúrulegur dauði) eða verið veiddir (kallað fiskveiðidauði). Við vitum líka að í árganginum voru a.m.k. 1600 fiskar (1000+500+100) vegna þess að það er fjöldinn sem við veiddum. Ef við þekkjum líffræði tegundarinnar vel og höfum einhverjar hugmyndir um hve margir deyja af öðrum völdum en veiðum getum við áætlað hve margir voru í upphafi. Lagt saman þá sem veiddust og dóu af öðrum ástæðum og fengið út hve margir voru upphaflega í árganginum. Gallinn við þessa aðferð er að hún gefur bestar upplýsingar um hve magnið var mikið nokkrum árum eftir að árgangurinn fer að veiðast (árið 2003 í dæminu að ofan), upplýsingarnar um hve mikið var í sjónum árið 2000 af þessum árgangi eru í raun afar takmarkaðar.

Í raun er ýmis konar sambland af ofangreindum aðferðum notað, mismunandi eftir tegundum. Upplýsingar eru settar inn í flókin stofnstærðarlíkön sem taka tillit til ýmissa þátta til að meta stofnstærðir og ráðleggja hve mikið má veiða.

³³ Gunnar Stefánsson 1994

MENGUN

Mengun á Íslandsmiðum verður að teljast lítil borið saman við flest önnur lönd og íslenskar sjávarafurðir eru því með þeim hreinustu í heimi³⁴. Þetta er fyrst og fremst vegna þess að landið okkar er afskekkt, fámennit og umlukið sterkum hafstraumum. Mengunin berst þó víða að með vindum og hafstraumum og því er afar mikilvægt að allir vinni saman að því að lágmarka hana. Einnig er mjög mikilvægt að fylgjast vel með mengun, það er ekki nóg að berja okkur í brjóst og segjast vera með hreinar og ómengaðar afurðir. Það þarf að sýna skýrt fram á það með reglulegum rannsóknum³⁵.

Mengun getur verið margskonar og sýnileg mengun eins og olíuleki eða klóak er ekki endilega sú versta. **Þrávirk lífræn efni, þungmálmar** (t.d. kadmíum, blý og kvikasilfur) eða **geislavirk efni** sjást t.d. ekki með berum augum en geta valdið miklum skaða. Þrávirk lífræn efni eru þrávirk vegna þess að þau eru mjög lengi að brotna niður og halda því áfram að valda skaða mjög lengi. Dæmi um þrávirk lífræn efni eru DDT sem er skordýraeitur og PCB sem notað var sem kælivökvi. Þessi efni safnast upp í lífverum og geta leitt þau til dauða eða ófrjósemi. Verst verða lífverurnar úti sem eru efst í fæðukeðjunni, t.d. tannhvalir og ísbirnir á norðurslóðum.

Önnur mengun er augljósar, þ.e. við sjáum hana. Víða hér við land berst **klóak** t.d. ennþá beint úr í sjó án þess að það sé hreinsað. Þetta er sóðalegt og getur valdið sýkingarhættu. Ólíkt þrávirknu lífrænu efnunum og þungmálmunum þá brotnar klóak hinsvegar tiltölulega fljótt niður í náttúrunni og verður við það skaðlaust, langtímaáhrif eru því ekki eins mikil. Hérna er þó ekki verið að gera lítið úr klóakmengun. Hagkerfi Íslands byggir að miklu leyti á matvælavinnslu og ferðamennsku og báðar atvinnugreinar byggja á hreinni ímynd og hreinni náttúru. Sýnileg mengun og sóðaskapur skaðar ímynd beggja.

Mengun vegna **lífræns úrgangs** frá landbúnaði, matvælavinnslu eða fiskeldi sem berst út í sjó er skyld klóakmengun. Þar sem mikið er um lífrænan úrgang getur orðið mikill örveruvöxtur, örverurnar brjóta niður lífrænu efnin og nota til þess mikið súrefni. Þetta getur leitt af sér staðbundna súrefnisþröð sem aftur drepur aðrar lífverur. Enn er þetta ekki vandamál hér á landi vegna fámennis og sterkra hafstrauma en víða erlendis er þetta orði verulegt vandamál.

³⁴ Hrönn Jörundsdóttir o.fl. 2011

³⁵ Hrönn Jörundsdóttir o.fl. 2013

Olían flýtur í yfirborðinu og er olíumengun því sérlega hættuleg fyrir fjörulíf og lífverur sem ná í fæðu af yfirborði sjávar. Sjófuglar fara því sérstaklega illa út úr olíumengun. Ef þeir lenda í olíu missa þeir bæði getuna til að fljúga og einangra sig fyrir kulda. Þeim er því dauðinn vís. Þar sem olía er í raun lífrænt efni þá brotnar hún þó smá saman niður í náttúrunni. Hraði niðurbrotsins fer hinsvegar eftir hitastigi. Þetta gerist tiltölulega hratt í heitum sjó en ef sjór er kaldur tekur það óratíma. Olíulekar á köldum hafsvæðum eins og hér við land eru því mjög alvarleg umhverfisvá.

Rusl í sjó er víða til ama, í mörgum tilfellum er það bara ljótt en veldur lífverunum svo sem ekki miklum skaða. Skipsflök og annað stórt rusl sem fellur niður á hafsbottinn getur jafnvel skapað ágætir búsvæði og skjól fyrir ýmsar lífverur. Smárusl og sérstaklega **plast** er hinsvegar slæmt fyrir lífríkið. Plast er yfirleitt lengi að brotna niður. Lífverur éta það, haldandi að þetta sé fæða, og geta síðan drepist úr meltingartruflunum eða þær kafna. Veiðarfæri úr plasti sem tinast geta haldið áfram að veiða lífverur í langan tíma. Þegar plast brotnar niður í náttúrunni losna líka úr læðingi ýmis eitruð efnasambönd sem geta verið þrávirk, þ.e. þau halda áfram að valda skaða í langan tíma því þau eyðast hægt upp. Plast brotnar líka oft niður í minni einingar jafnvel smássæjar. Þetta getur safnast fyrir í smálífverum og valdið þeim tjóni sem og þeim sem þær éta.

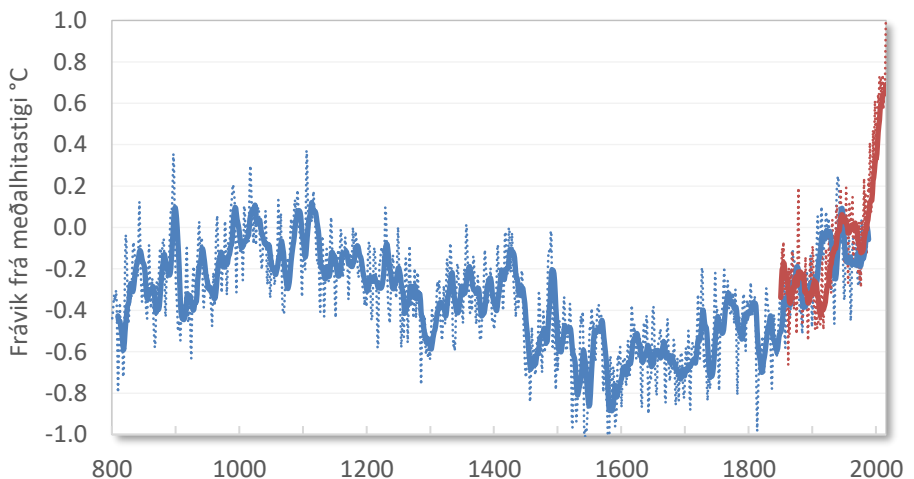


Súlan er fim bæði á flugi og á sundi. Sjófuglar eru sérstaklega viðkvæmir fyrir hverskonar mengun í sjó. Plastdrasl getur safnast fyrir í maga þeirra því þeir halda að þetta sé matur, þrávirk efni geta líka safnast fyrir í vöðvum þeirra því þeir eru langlífir og olía og grútur eyðileggur hæfni þeirra til að fljúga og halda á sér hita. Mynd: Tryggvi Sveinsson

HLÝNUN HAFSINS

Það eru fáir sem efast lengur um að hitastig á jörðinni er að hækka og það af manna völdum. Þetta er fyrst og fremst vegna þess að þegar við brennum svo mikið af jarðefnaeldsneyti (t.d. olíu og kolum), þá myndast mikið af koltvísýringi. Hækkandi magn koltvísýrings í andrúmsloftinu leiðir svo af sér svokölluð gróðurhúsaáhrif. Geislar sólar komast auðveldlega inn í andrúmsloftið en ekki svo auðveldlega úr aftur, það hitnar því. Þetta hljómar kannski ekki illa í fyrstu fyrir litla kalda Ísland. Vandamálið er hinsvegar að þetta veldur mikilli röskun víða um heim þar sem veðurfar breytist og yfirborð sjávar hækkar. Löndin sem talin eru fara verst út úr þessu eru því miður þau lönd sem eru þegar fátæk og oft gríðarlega fjölmenn.

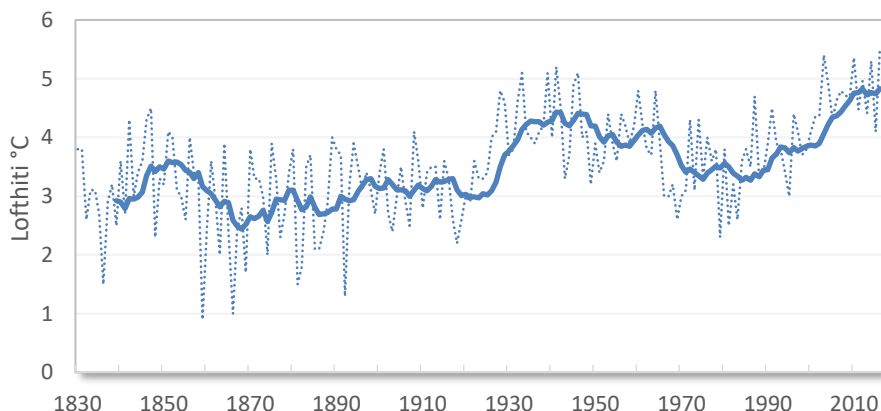
Hér við land hefur veðurfar sveiflast mikið í gegnum aldirnar og er ekki ljóst hve mikið af því er af manna völdum og hvað ekki. Talið er að við landnám hafi verið tiltölulega hlýtt sem sést til dæmis á því að landnámsmenn ræktuðu bygg. Síðar tók að kólna og byggrækt lagðist af. Talið er að kaldasta tímabilið hafi verið frá 16. til 18. öld. Þetta var líka mikið niðurlægingartímabil fyrir íslensku þjóðina, hungursneyðir, farsóttir og hafísar gengu þar reglulega yfir sem leiddu til mannfækkunar og almennrar vesaldar. Líklega var þetta að stórum hluta einmitt vegna kólnunarinnar, landbúnaðarframleiðsla minnkaði af þeim sökum og fiskveiðar og verslun voru oft erfið vegna hafíss. Eftir þetta fer loftslag hér almennt hlýnandi þó með nokkuð reglulegum sveiflum.



Meðallofthiti á norðurhveli jarðar frá árinu 800 samkvæmt Moberg og félögum (2005) (blá lína) og mælingum (rauð lína). Heilar línur eru 10 ára keðjumeðaltal en brotnar línur eru gildi hvers árs.

Síðasta hlýindatímabil hófst í kringum 1995 og hefur verið tiltölulega hlýtt hér í hafinu síðan þá. Þetta hefur valdið miklum breytingum á fiskistofnum hér við land og þar með veiðum³⁶. Eins og eðlilegt má teljast hefur kaldsjávartegundum almennt hrakað á þessu tímabili en hlýsjávartegundum hefur fjölgað á móti. Þetta er þó nokkuð einfölduð mynd þar sem áhrif þessara breytinga geta verið flókin og er enn langt í land að við skiljum þær allar.

Dæmi um norðlægar tegundir sem hefur hrakað og veiðar stórminnkað eru hörpudiskur, rækja og loðna. Áhrif hlýnunarinnar á tegundirnar eru þó að mestu óbein, þ.e. lífverurnar eru ekki að drepast úr hita heldur vegna þess sem kemur með hlýindunum. Í tilfelli hörpudisksins var það sníkjudýr sem að öllum líkindum þreift ekki í köldum sjó en blossaði upp og nánast þurrkaði úr hörpudiskstofninn í Breiðafirði þegar hlýnaði³⁷. Rækjustofninn hrundi hinsvegar vegna afráns því þegar sjór hlýnaði fór þorskur að ganga yfir rækjumiðin og éta rækjuna³⁸. Það er erfiðara að reyna að skilja hvað gengur á með loðnuna. Hún er í raun ekki hreinn kaldsjávarfiskur því hún þarf að hrygna í hlýjum sjó³⁹. Lirfur berast svo yfir í kaldari sjó þar sem loðnan nærast þar til kynproska er náð og hún gengur aftur í hlýrri sjó til að hrygna. Fæðuslóðir þessar hafa færst nær Grænlandi síðan fór að hlýna og stofninn minnkað samhliða því.



Meðallofthiti ársins í Stykkishólmi frá 1830 (brotin lína) og keðjumeðaltal 10 ára (heil lína). Lofthitastig hefur hvergi verið mælt eins lengi og á Stykkishólmi. Mjög sterk tengsl eru á milli lofthita og sjávarhita við Ísland og endurspeglar þetta línurit því einnig hitastig sjávar við Ísland⁴⁰. Heimild: Veðurstofa Íslands.

³⁶ Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2007, Héðinn Valdimarsson o.fl. 2012

³⁷ Jónas Páll Jónsson o.fl. 2007

³⁸ Ingibjörg G. Jónsdóttir, Árni Magnússon & Unnur Skúladóttir 2013

³⁹ Hjálmar Vilhjálmsson 2002

⁴⁰ Hanna, Edward, Trausti Jónsson, Jón Ólafsson & Héðinn Valdimarsson 2006

Á móti þessu hefur hlýsjávartegundum fjölgað. Sumar þeirra voru sjaldgæfir gestir hér við land en eru nú orðnar mjög algengar. Langbesta dæmið um þetta er makrillinn. Árið 2008 var eitt tonn af makríl veitt á Íslandsmiðum en árið 2011 var aflinn 156 þúsund tonn og var makrill þá orðinn önnur mikilvægasta fisktegundin við Ísland. Í þessu tilfelli færðu hlýindin okkur því gríðarleg verðmæti. Margar aðrar hlýsjávartegundir eru nú orðnar nokkuð algengar á Íslandsmiðum t.d. bláugga túnfiskur, brynstirtla og stóra brosmá, þó þær komist ekki með tærnar þar sem makrillinn hefur hælana,.

Hlýindin hafa einnig valdi því að ýmsar tegundir sem áður voru bundnar við suðurhluta Íslandsmiða finnast nú víðar. Skötuselurinn er besta dæmið⁴¹. Áður fyrr veiddist hann eingöngu fyrir Suðurlandi, nú veiðist orðið mikið úti fyrir Vesturlandi og stöku fiskar fást jafnvel sem meðafli úti fyrir Norðurlandi. Samhliða þessu hefur stofninn stækkað mikið þar sem búsvæði hans hefur í raun stækkað mikið.

Enn er alls óvíst hver langtímaáhrif hlýnunarinnar verða á ýmsa aðra mikilvæga stofna t.d. þorsk, karfa, ufsa og síld. Við bara vitum ekki ennþá hvort þau gætu orðið góð eða slæm, við verðum bara að bíða og sjá.



Skötuselurinn er gómsætur þó hann sé ófriður. Áður fyrr var skötusel einungis að finna úti fyrir Suðurlandi því hann vill frekar hlýjan sjó. Nú finnst hann nánast allt í kringum landið því hafið kringum Ísland hefur verið að hlýna. Mynd: Erlendur Bogason

⁴¹ Jón Sólmundsson, Einar Jónsson og Höskuldur Björnsson 2007

ÖNNUR RÖSKUN BÚSVÆÐA HAFSINS

Athafnir okkar raska líka búsvæðum hafsins á ýmsan annan hátt. Þegar veiðarfæri eru dregin eftir botninum þá **raska þau honum** og geta drepði lífverur sem ekki var ætlunin að veiða. Sem betur fer er stór hluti hafsbotnsins mjúkur botn úr sandi eða leðju þar sem dregin veiðarfæri hafa ekki afgerandi áhrif. Á mjúkum botni eru lífverurnar fyrst og fremst ofan í botnsetinu og því óhultari fyrir veiðarfærinu. Það er fyrst og fremst á hörðum botni sem degin veiðarfæri valda skaða.

Harður botn er mun fjölbreyttari en mjúkur því þar geta lífverur fest sig niður og taka því virkan þátt í að móta umhverfið. Harður botn er því oft þakinn botnföstum lífverum sem veiðarfærið getur sópað í burtu og drepði. Besta dæmið um harðan botn eru kóralrifin. Kóraldýr eru lítil rándýr af fylkingu hveldýra, þau eru í raun náskyld sæfílum en bara miklu minni. Þau mynda hinsvegar sambýli úr kalki og geta þessi sambýli orðið gríðarstór. Í hitabeltinu vaxa kóralar á grynningum og geta búið til heilu eyjarnar eða jafnvel landsvæðin. Flórídaskagi er til dæmis eitt risastórt rif.

Kóralrif finnast líka við Ísland en einungis á nokkru dýpi⁴². Þau skapa þar margbrotið búsvæði fyrir aðrar lífverur. Þetta vissu sjómenn og eru mörg góð mið því tengd kóralrifjum. Því miður veldur þetta einnig því að rifin smá saman brotna niður. Komíð hefur í ljós að búið er að skemma ýmis kóralsvæði í Norður Atlantshafi verulega. Þetta er sérlega slæmt vegna þess að þau eru mjög hægvaxta og því lélegar að bregðast við mikilli röskun. Verkefni er nú búið að vera í gangi í mörg ár að kortleggja djúpsjávarkóralla við Ísland og hefur nokkrum svæðum þegar verið lokað fyri veiðum þeim til verndar.

Samhliða auknu magni koltvísýrings í lofthjúpi jarðar hefur koltvísýringur einnig aukist í hafinu. Eins og nafnið gefur til kynna þá er hann sýra og þetta leiðir til þess að höfin eru að **súrna**⁴³ og því kaldari sem hafið er því hraðari er súrnunin. Þetta hefur afleiðingar í för með sér. Margar lífverur sjávar búa til dæmis til kalkskel sér til varnar eða kalkstoðgrind sér til stuðnings. Kóraldýrin eru gott dæmi um slíkt en einnig sniglar, skeljar, kalkþörungur ígulker og í raun margir aðrir hópar. Eftir því sem sýrustigið hærra því erfiðara og orkufrekara verður fyrir lífveruna að mynda kalkið og þær varða því viðkvæmari. Beinagrind hryggdýra er líka úr kalki og gætu áhrif súrnunarinnar því haft áhrif víða. Rannsóknir á áhrifum súrnunarinnar eru þó svo stutt á veg komnar að erfitt er enn að spá um hvað gæti gerst.

⁴² Sigmar A Steingrímsson & Sólmundur Tr. Einarsson 2004

⁴³ Hrönn Egilsdóttir 2011

HEIMILDIR OG FREKARI LESING

- Agnar Ingólfsson (1990). *Íslenskar fjörur*. Reykjavík: Bjallan.
- Agnar Ingólfsson (2006). The intertidal seashore of Iceland and its animal communities. *The Zoology of Iceland*, 7(1), 85.
- Ástþór Gíslason & Ólafur S. Ástþórsson (2004). Distribution patterns of zooplankton communities around Iceland in spring. *Sarsia*, 89(6), 467–477.
- Ástþór Gíslason (2000). [Rauðátan í hafinu við Ísland](#). *Náttúrufræðingurinn*, 70(1-2), 3–19.
- Benedikt Sigurðsson, Birgir Sigurðsson, Guðni Th. Jóhannesson, Hjörtur Gíslason, Hreinn Ragnarsson, Jakob Jakobsson, Jón Þ. Þór & Steinar J. Lúðvíksson (2007). *Silfur hafsins - gull Íslands: síldarsaga Íslendinga - 1 til 3. bindi*. Nesútgáfan.
- Björn Gunnarsson & Þór Ásgeirsson (2006). [Sandrækja finnst við Ísland](#). *Náttúrufræðingurinn*, 74(1.-2.), 39–42.
- Guðmundur P. Ólafsson (1995). *Ströndin í náttúru Íslands*. Reykjavík: Mál og menning.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir. (2014). [Invasive species: case studies from Iceland](#). Í: Fernandez, L., Kaiser, B. A., & Vestergaard, N. (ritstj.), *Marine invasive species in the Arctic*. TemaNord, 547, 83–109.
- Gunnar Jónsson & Jónbjörn Pálsson (2013). *Íslenskir fiskar*. Reykjavík: Mál og menning.
- Gunnar Stefánsson (1994). Aðferðir til að meta stærð fiskistofna og markmið með nýtingu þeirra. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.), *Íslendingar, hafið og auðlindir þess* (bls. 253–261). Reykjavík: Vísindafélag Íslendinga.
- Hafrannsóknastofnun (1978-2015). [Ástand nytjastofna á Íslandsmiðum](#). Hafrannsóknir. Árlegar skýrslur.
- Hafrannsóknastofnun (1994-2015). [Þættir úr vistfræði sjávar](#). Hafrannsóknir. Árlegar sk.
- Hanna, Edward, Trausti Jónsson, Jón Ólafsson & Héðinn Valdimarsson (2006). Icelandic Coastal Sea Surface Temperature Records Constructed. *Journal of Climate* 19 (21): 5652–66.
- Héðinn Valdimarsson Ólafur S. Ástþórsson & Jónbjörn Pálsson (2012). [Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species](#). *ICES Journal of Marine Science*, 69(5), 816–825.
- Hjálmar Vilhjálmsson (2002). [Capelin \(Mallotus villosus\) in the Iceland–East Greenland–Jan Mayen ecosystem](#). *ICES Journal of Marine Science*, 59(5), 870–883.
- Hrönn Egilsdóttir (2011). [Súrnun sjávar og lífríki hafsins](#). Loftslag.is
- Hrönn Jörundsdóttir, Natasa Desnica, Þuríður Ragnarsdóttir & Helga Gunnlaugsdóttir (2013) Monitoring of the marine biosphere around Iceland 2011 and 2012. *Skýrsla Matís* 22-13
- Hrönn Ólína Jörundsdóttir, Vordís Baldursdóttir, Natasa Desnica, Þuríður Ragnarsdóttir og Helga Gunnlaugsdóttir (2012). [Undesirable substances in seafood products – results from the Icelandic marine monitoring activities in the year 2011](#). *Skýrsla Matís* 17-12
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Árni Magnússon & Unnur Skúladóttir (2013). Influence of Increased Cod Abundance and Temperature on Recruitment of Northern Shrimp (*Pandalus borealis*). *Marine Biology* 160 (5): 1203–11.
- Ingimar Óskarsson (1982). *Skeldýrafána Íslands*. Reykjavík: Prentsmiðjan Leiftur hf.
- Jón Jónsson (1988, 1990) *Hafrannsóknir við Ísland I og II*. Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs.
- Jón Sólmundsson, Einar Jónsson & Höskuldur Björnsson (2007). [Aukin útbreiðsla skötusels við Ísland](#). *Náttúrufræðingurinn*, 75(1), 121-123.

- Jónas Páll Jónasson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hrafnkell Eiríksson, Jón Sólmundsson & Guðrún Marteinsdóttir (2007). [Collapse of the fishery for Iceland scallop \(*Chlamys islandica*\) in Breidafjörður, West Iceland](#). *ICES Journ. of Mar. Sci.* 64(2), 298–308.
- Jörundur Svavarsson & Pálmi Dungal (2008). *Leyndardómar sjávarins við Ísland*. Reykjavík: Bókaútgáfan Glóð.
- Karl Gunnarsson, Gunnar Jónsson & Ólafur K. Pálsson (1998). *Sjávarnyttjar við Ísland*. Reykjavík: Mál og menning.
- Lilja Stefánsdóttir, Jón Sólmundsson, Guðrún Marteinsdóttir, Kristján Kristinsson & Jónas P. Jónasson (2010). [Groundfish species diversity and assemblage structure in Icelandic waters during recent years of warming](#). *Fisheries Oceanography*, 19(1), 42–62.
- Lúðvík Kristjánsson. (1980-1986). *Íslenskir sjávarhættir 1 til 5*. Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs.
- Markús Á. Einarsson (1969). *Hafísinn*. Reykjavík, Iceland: Almenna bókafélagið.
- Moberg, A., Sonechkin, D. M., Holmgren, K., Datsenko, N. M. og Karlén, W. (2005). Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data. *Nature*, 433(7026), 613–617
- Munda, I. M. (1987). Distribution and use of some economically important seaweeds in Iceland. *Hydrobiologia*, 151/152, 257–260.
- Ogilvie, A. E. & Trausti Jónsson (ritstj.) (2013). *The iceberg in the mist: northern research in pursuit of a "Little Ice Age"*. Springer Science & Business Media.
- Ólafur S. Ástþórsson & Hjálmar Vilhjálmsson (2002). Iceland shelf LME: Decadal assessment and resource Sustainability. Í: Sherman, K. & Skjoldan, H.R. (ritstj.), *Large marine ecosystem of the North Atlantic*, Elsevier Sciences, 219–240.
- Ólafur S. Ástþórsson (1991). [Lífriki sjávar - Dýrasvif](#). Reykjavík: Námsgagnastofnun - Hafrannsóknastofnun.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason & Steingrímur Jónsson (2007). [Climate variability and the Icelandic marine ecosystem](#). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 54(23), 2456–2477.
- Páll Bergþórsson (1969). Hafís og hitastig á liðnum öldum. Í: Markús Á Einarsson (ritstj.). *Hafísinn*. Almenna bókafélagið. Reykjavík. 333-345.
- Sesselja Ómarsdóttir, Eydis Einarisdóttir, Helga M. Ögmundsdóttir, Jóna Freysdóttir, Elín S. Ólafsdóttir, Molinski, T. F. & Jörundur Svavarsson (2012). [Biodiversity of benthic invertebrates and bioprospecting in Icelandic waters](#). *Phytochemistry Reviews*, 1–13.
- Sigmar A, Steingrímsson & Sólmundur Tr. Einarsson (2004). [Kóralsvæði á Íslandsmiðum: Mat á ástandi og tillaga um aðgerðir til verndar þeim](#). *Hafrannsóknastofnunin fjölrit*, 110, 1 – 39.
- Snorri Baldursson (2014). *Lífriki Íslands - Vistkerfi lands og sjávar*. Reykjavík: Forlagið.
- Svend-Aage Malmberg (1992). [Lífriki sjávar - Sjórin og miðin](#). Reykjavík: Námsgagnastofnun - Hafrannsóknastofnun.
- Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson, (1991). [Nutrients and fertility of Icelandic waters](#). *Rit Fiskideildar*, 12(3), 1–56.
- Unnsteinn Stefánsson (1999). *Hafið*. Reykjavík: Háskólaútgáfan.
- Unnsteinn Stefánsson (ritstjóri) (1994). *Íslendingar, hafið og auðlindir þess*. Reykjavík: Vísindafélag Íslendinga.
- Þórunn Þórðardóttir & Kristinn Guðmundsson (1998). [Lífriki sjávar - Plöntusvif](#). Reykjavík: Námsgagnastofnun/Námsgagnastofnun.
- Þórunn Þórðardóttir (1994). [Plöntusvif og framleiðni í sjónum við Ísland](#). Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.), *Íslendingar, hafið og auðlindir þess* (bls. 65–88). Reykjavík: Vísindafélag Íslendinga.

Ritstjórar

Hreiðar Þór Valtýsson er lektor við Háskólann á Akureyri (HA), með BSc gráðu í líffræði frá Háskóla Íslands og MSc gráðu í fiskifræði frá Háskólanum í Bresku-Kólumbíu í Kanada. Hann hefur starfað að ýmsum rannsóknum tengdum hafinu og vann m.a. lengi hjá Hafrannsóknastofnuninni. Þar áður var hann sjómaður og starfaði auk þess fjölmörg sumur í frystihúsi. Hreiðar er brautarstjóri sjávarútvegsbrautar HA og er líka umsjónarmaður áfanga um fiska og lífríki sjávar. Áherslur hans í rannsóknum eru staða fiskistofna og áhrif umhverfisins og fiskveiða á þá. Hreiðar er Akureyringur.



Hörður Sævaldsson er lektor við Háskólann á Akureyri (HA). Hann er með BSc gráðu í sjávarútvegsfræði frá HA og MSc gráðu í fjármálum og bankastarfsemi frá Háskólanum í Stirling í Skotlandi, auk skipstjórnamenntunar. Hörður hefur unnið við sjávarútveg frá blautu barnsbeini, þ.á.m. sem skipstjórnamaður og við markaðssetningu á búnaði til siglinga og fiskileitar. Hann er umsjónarmaður áfanga um íslenskan sjávarútveg og veiðitækni við sjávarútvegsbraut HA. Áherslur hans í rannsóknum eru fiskiskipaflotinn, stjórnkerfi fiskveiða og markaðir sjávarafurða. Hörður er Vestmannaeyingur að uppruna.



ÍSLENSKUR SJÁVARÚTVEGUR – AUÐLIND ÚR HAFINU Á ALPJÓÐAMARKAÐI

Þessi bók tilheyrir röð átta rafbóka sem ætlað er að fjalla heildstætt um íslenskan sjávarútveg og vistkerfi hans; frá veiðum úr hafinu þar til afurðin er komin á disk kaupenda á alþjóðlegum mörkuðum Hver bók er sjálfstæð. Bækurnar eru:

→1. Umhverfi Íslandsmiða

2. Nytjafiskar við Ísland
3. Nytjastofnar sjávar við Ísland
4. Skip og útgerð við Ísland
5. Veiðarfæri á Íslandsmiðum
6. Stjórnkerfi fiskveiða við Ísland
7. Vinnsla og afurðir íslensks sjávarútvegs
8. Markaðir íslenskra sjávarafurða

TILVITNANIR Í BÓKINA

Hreiðar Þór Valtýsson (2016). *Umhverfi Íslandsmiða – Íslenskur sjávarútvegur, auðlind úr hafinu á alþjóðamarkaði*. Sjávarútvegsmiðstöðin við Háskólann á Akureyri. Akureyri. DOI-XXX (í vinnslu)

TILVITNANIR Í RITRÖÐINA

Hörður Sævaldsson og Hreiðar Þór Valtýsson (ritstjórar) (2016). *Íslenskur sjávarútvegur – Auðlind úr hafinu á alþjóðamarkaði: átta bindi*. Sjávarútvegsmiðstöðin við Háskólann á Akureyri. Akureyri. DOI-XXX (í vinnslu)
