

VISTKERFI SJÁVAR OG ÁHRIFAPÆTTIR

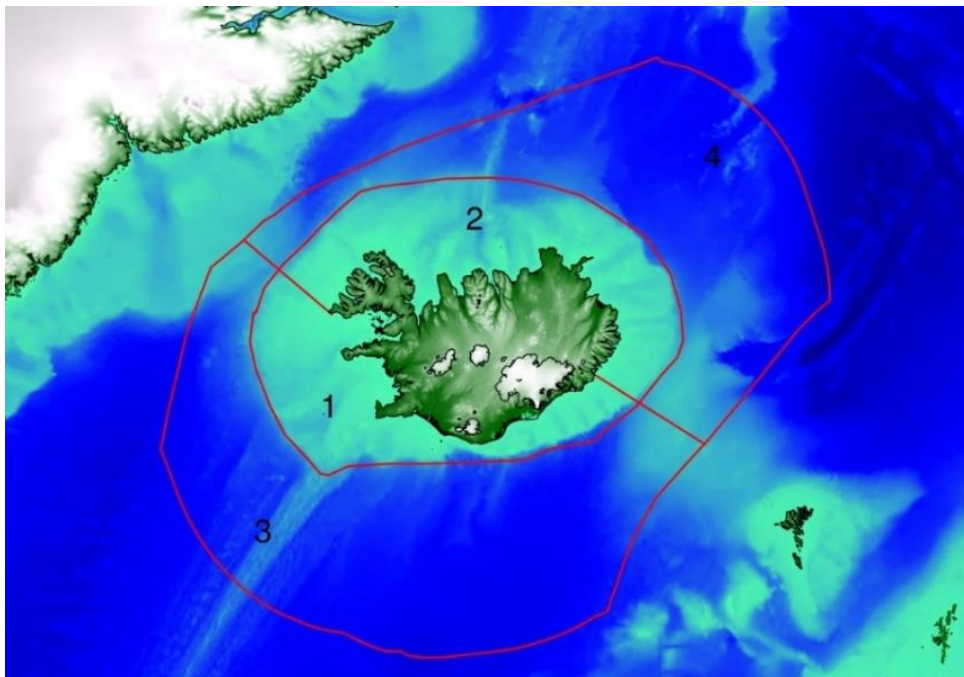
ECOSYSTEM OVERVIEW*

SKILGREINING Á VISTKERFI HAFSVÆÐANNA VIÐ ÍSLAND

Á hafsvæðum umhverfis Ísland mætast Mið-Atlantshafshryggurinn og Grænlands-Skotlandshryggurinn skammt sunnan við heimsskautsbaug. Þessi hafsvæði verða fyrir sterkum áhrifum úthafsins og þar mætast hafstraumar af ólíkum uppruna. Hlutfallslega hlýr og saltur Atlantssjór kemur upp að landinu sunnanverðu og streymir þaðan annars vegar austur fyrir land í Noregshaf og hins vegar vestur fyrir land á landgrunnssvæði norður af landinu. Með Austur-Grænlandsstraumi og Austur-Íslandsstraumi berst kaldur og seltulífill sjór úr Grænlandshafi á hafsvæðin norður og austur af landinu (Unnsteinn Stefánsson 1962; Héðinn Valdimarsson og Svend-Aage Malmberg 1999).

Svæðinu má skipta í fjögur lykilsvæði (1. mynd) sem eru afmörkuð á grundvelli mismunandi botngerðar, sjógerðar og tegundasamsetningar (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 2004):

- 1 Landgrunnið sunnan og vestan Íslands (að mestu grynna en 500 m). Að mestu blanda strandsjávar og Atlantssjávar.
- 2 Landgrunnið norðan og austan Íslands (að mestu grynna en 500 m). Að mestu blanda strandsjávar, Atlantssjávar og svalsjávar.
- 3 Suðurdjúp: Utan landgrunnsbrúnar sunnan og vestan Íslands (að mestu dýpra en 500 m). Aðallega Atlantssjór.
- 4 Norðurdjúp: Utan landgrunnsbrúnar norðan og austan við Ísland (að mestu dýpra en 500 m). Aðallega svalsjór.



1. mynd: Íslenska hafsvæðið og skipting þess (sjá nánari lýsingu í texta).

Figure 1: The Icelandic ecoregion and subareas.

* An English version of the ecosystem overview:

https://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2021/2021/EcosystemOverview_IcelandicWaters_2021.pdf

Veiðum á svæðinu er að mestu stjórnað af íslenskum stjórnvöldum, en sumir stofnar eru undir stjórn NEAFC og í samræmi við samninga strandríkja. Stefnumörkun í umhverfismálum er á hendi íslenska ríkisins og stofnanna þess. Ýmsar alþjóðlegar stofnanir, OSPAR og Alþjóðahafrannsóknaráðið (ICES) veita ráðgjöf. Alþjóðahvalveiðiráðið (IWC) gefur út reglur um verndun og veiðar á hvölum, en veiði- og verndunarráðgjöf er varða sjávarspendýr er auk þess veitt af Norður-Atlantshafs sjávarspendýraráðinu (NAMMCO).

HELSTU BREYTINGAR Í VISTKERFINU Á UNANFÖRNUM ÁRUM

- Breytileg staðsetning skila á milli fremur fersks svalsjávar af heimskautauppruna og hlýrri og saltari Atlantssjávar veldur því að staðbundin skilyrði geta verið breytileg, einkum á norðurhluta landgrunnins. Síðustu tvo áratugi hefur Atlantssjór verið ráðandi gagnstætt því sem var í þrjú áratugi þar á undan.
- Lífmassi dýrasvífs á landgrunninu hefur sveiflast umtalsvert síðustu áratugi, en án ákveðinnar leitni í tíma. Frá 2010 hefur lífmassi rauðátu að vori á landgrunninu norðan lands verið minni en meðaltal árána 1960–2014. Á hafsvæðinu utan landgrunnins suðvestan, sunnan og suðaustan við Ísland hefur magn ljósátu farið minnkandi síðustu 50 ár, sem hefur aðallega verið tengt við breytileika í frumframleiðni og tímasetningu þörungablóma á vorin (Teresa da Silva Giesta o.fl. 2014).
- Frá árinu 2006 hefur fæðuslód makrils breiðst út frá Noregshafi á Íslandsmið, á sama tíma og sumarstarvsvæði loðnu hefur færst í vestur frá Íslandshafi upp að landgrunnskantinum við Austur-Grænland (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2012, Guðmundur J. Óskarsson o.fl. 2016). Frá aldamótum hefur norsk-íslensk síld fundist í auknum mæli á hefðbundinni fæðuslód austan og norðan Íslands. Þessar miklu breytingar í göngumynstri uppsjávarstofna hafa verið tengdar við breytilegt fæðuframboð, skilyrði í hafinu og ástand stofna.
- Hækkandi hitastig í neðri lögum sjávar vestan- og norðanvert á íslenska landgrunninu hefur leitt til breytinga á útbreiðslu margra botnfisktegunda. Tegundir sem hafa verið við nyrðri mörk útbreiðslu sinnar á Íslandsmiðum og yfirleitt haldið sig í hlýja sjónum sunnan og vestan við landið, t.d. ýsa, skötuselur, langa, keila, sandkoli og langlúra, hafa stækkað útbreiðslusvæði sitt réttssælis í vestur og norður eftir landgrunninu og á Norðurmið, og í sumum tilfellum hefur útbreiðslusvæðið flust til (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2007; Jón Sólmundsson o.fl. 2010; Héðinn Valdimarsson o.fl. 2012; Campana o.fl. 2020). Áður sjaldgæfir suðrænir fiskar hafa fundist í auknum mæli á svæðinu á undanförunum árum, en stofnstærð og útbreiðsla ýmissa kaldsjávartegunda hefur minnkað í kjölfar hlýnunar (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2012; Jón Sólmundsson o.fl. 2022). Árið 2017 veiddist brislingur í fyrsta skipti á Íslandsmiðum svo vitað sé og hefur hans orðið vart í vaxandi mæli í stofnmælingaleiðöngurum Hafrannsóknastofnunar (Jónbjörn Pálsson o.fl. 2021).
- Stofnar rækju hrundu nálægt síðustu aldamótum og eru aukið afrán af völdum þorsks, hækkandi hitastig og veiðar taldir hafa verið helstu áhrifavaldar (Ingibjörg Jónsdóttir o.fl. 2012).
- Bætt stjórnun veiða á helstu nytjastofnum (þorski, ýsu, ufsa, gullkarfa) hefur stuðlað að lækkun fiskveiðidauða, sem nú nálgast kjörsókn (F_{MSY}), og stækkun hrygningarstofna (SSB).
- Nýliðun margra hlýsjávarstofna hefur minnkað mikið á undanförunum árum. Þannig hefur nýliðum löngu, blálöngu, gullkarfa, djúpkarfa, skötusels, langlúru, stórkjöftu, humars og fleiri tegunda sem að mestu halda sig í hlýjum sjó við suður og vesturströndina verið mjög lítil undanfarin ár. Ástæður fyrir þessari neikvæðu þróun í nýliðun margra stofna eru ekki þekktar en nærtækast er að leita skýringa í breyttum umhverfisskilyrðum í hafinu við Ísland síðastliðin 10–20 ár.
- Hrefnum á íslenska landgrunninu hefur fækkað á undanförunum árum. Breytingin hefur verið tengd breyttri útbreiðslu fremur en minnkandi stofnstærð. Stofnstærð annarra skíðishvala, sérstaklega langgreiðar og hnúfubaks, hefur aukist undanfarin 20–30 ár (Gísli Víkingsson o.fl. 2015).
- Landsel við Ísland hefur fækkað um 69 % frá árinu 1980 og útsel hefur fækkað um 30 % frá árinu 1982 (Sandra M. Granquist 2021). Fækkunina má rekja til veiða á þessum tegundum.

- Síðustu áratugi hefur varp margra sjófuglategunda sunnan og vestan lands skilað slökum árangri, og verpandi pörum hefur farið fækkandi. Þessi þróun gæti stafað af breytingum á þéttleika, samsetningu og útbreiðslu fiskbráðar, einkum sandsílis.

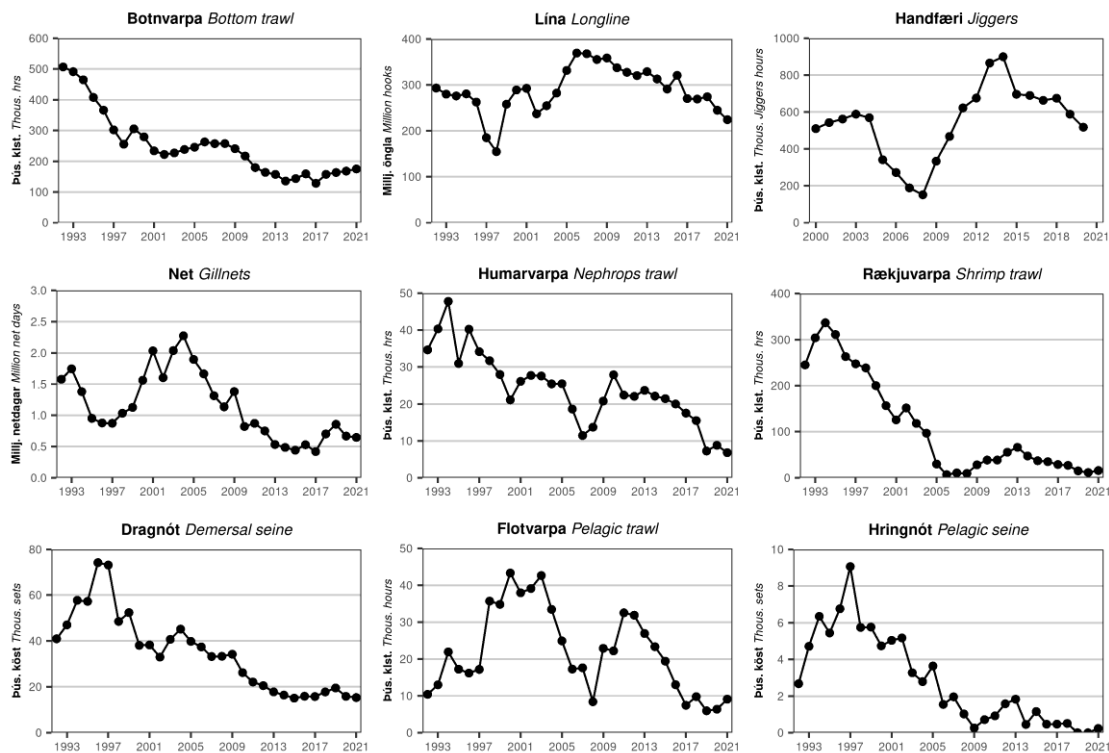
ÁLAG AF VÖLDUM MANNSINS

Flestar athafnir mannsins valda einhverju álagi á umhverfið. Eðli málsins samkvæmt er mjög mismunandi hve mikil áhrif álagið hefur og hve varanleg þau eru. Sem dæmi má nefna að veiðarfæri sem snerta botn geta valdið miklum skaða á kóralsvæðum, en sama veiðarfæri veldur litlum sem engum skaða á sandbotni. Hér að neðan er fjallað um þá álagsþætti sem talið er að hafi mest áhrif á vistkerfi sjávar hér við land en þeir eru; brottnám lífmassa, skark á botni, rót á botnseti, framkvæmdir á strandsvæðum og aðrir álagsvaldar.

BROTTNÁM LÍFMASSA

Eggjatínsla og veiði á sjófuglum er mest við norðvestan- og sunnanvert landið, en er nú mjög lítil miðað við það sem var á tímabilinu 1900–1940. Selveiðar hafa lengst af verið stundaðar við Ísland. Um 1980 hóf svonefnd Hringormanevnd að greiða þóknun fyrir veidda seli til að minnka hringormasmit í nytjafiskum, og lauk því átaki árið 1990 hvað landsel varðar en greitt var fyrir útseli fram að aldamótum. Þessar veiðar eru taldar hafa valdið fækkun í stofnum útsels og landsels og hafa þeir ekki stækkað síðan. Hvalveiðar hafa lengst af verið stundaðar við Ísland. Litlar sem engar hvalveiðar voru stundaðar við Ísland árin 1990–2002, en árin 2003–2018 voru 6–81 hrefnur verið veiddar árlega og árin 2009–2010, 2013–2015 og 2018 voru að meðaltali 140 langreyðar veiddar árlega. Árin 2019–2021 voru engar hvalveiðar stundaðar við Ísland að undanskildu 2021 þegar ein hrefna var veidd.

Fiskveiðar eru þær athafnir sem hafa mest að segja um brottnám lífmassa úr vistkerfi sjávar. Fiskveiðar við Ísland eru að langmestu leyti stundaðar af Íslendingum, en lítill hluti er veiddur af nágrannaþjóðum vegna tvíhliða-samninga. Meginhluti veiðanna, bæði uppsjávar og við botn, fer fram á innan við 500 m dýpi. Sókn með botnvörpum (fiskibotnvarpa, rækjuvarpa og humarvarpa), flotvörpu, netum, hringnót og dragnót hefur minnkað síðastliðna tvo áratugi og er nú í öllum tilfellum í sögulegu lágmarki. Sókn með handfærum og línu jókst frá aldamótum fram til ársins 2010 en hefur minnkað síðan þá, þó hún sé enn há (2. mynd).



2. mynd. Tímaráðir sóknar með helstu veiðarfærum frá 1992 byggt á afladagbókum íslenskra fiskiskipa (grásleppunet ekki með í sókn með netum). Gögn um sókn handfæra árið 2021 vantar.

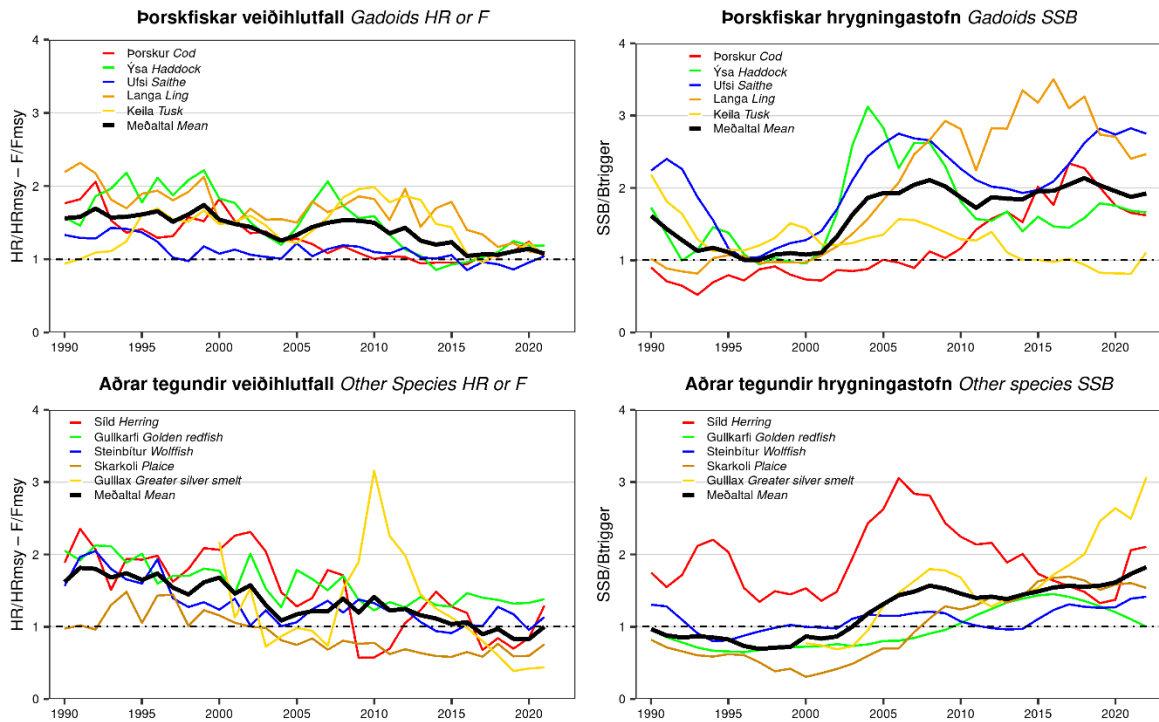
Figure 2. Temporal trends in effort by gear type since 1992 based on Icelandic fishing vessel logbooks (lumpfish nets excluded in gillnets effort). Effort data for jiggers were not available in 2021.

ÁHRIF Á STOFNA NYTJAFISKA

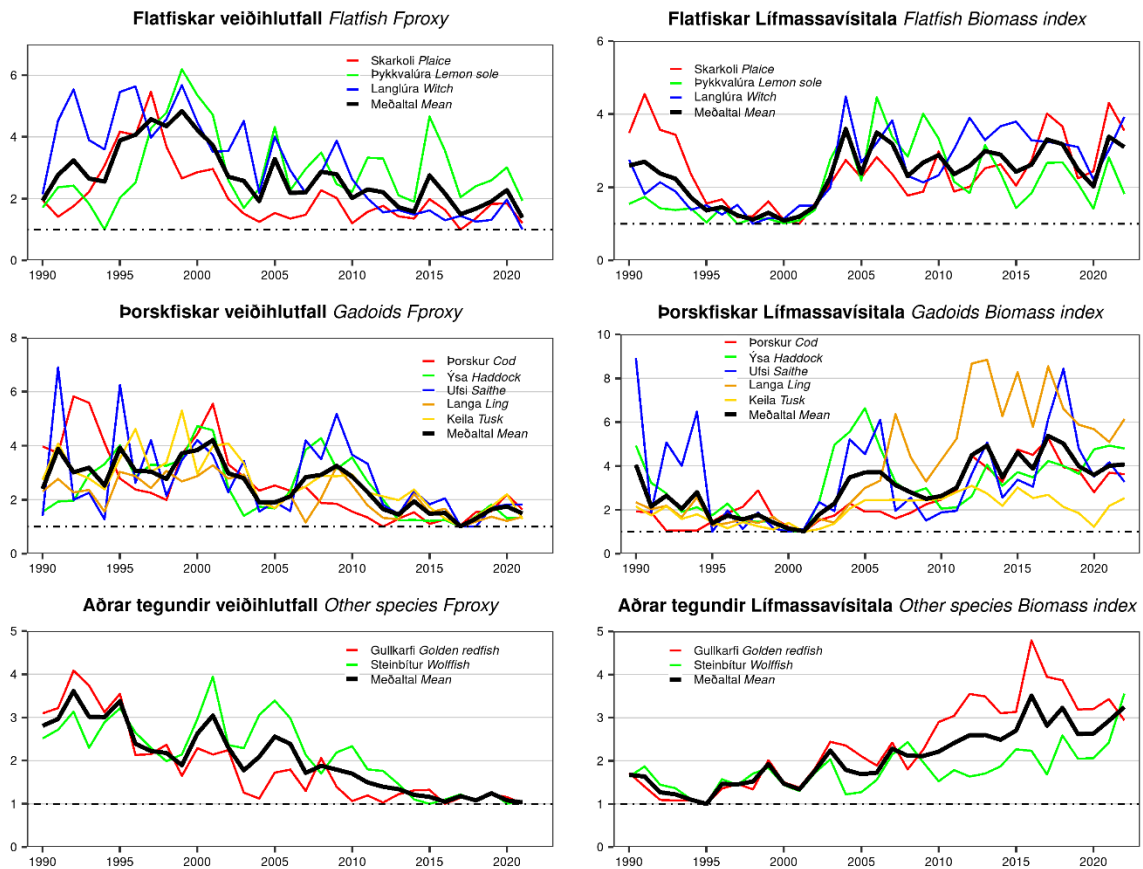
Við mat á stofnstærð helstu nytjastofna má í stuttu máli segja að þorskfiskar ásamt fáeinum öðrum stofnum séu metnir með tölfræðilegum líkönum, en mat á ástandi flatfiskastofna er að mestu byggt á vísitölum úr stofnmælingum. Veiðiálag (veiðidánartala og/eða veiðihlutfall) á stofna, sem eru metnir með líkanagreiningu og hafa skilgreind viðmiðunarmörk, hefur minnkað undanfarin ár og er nú við kjörsókn (F_{MSY} eða HR_{MSY}) (3. mynd). Stærð hrygningarstofns er í flestum tilfellum yfir aðgerðarmörkum ($B_{trigger}$) (3. mynd).

Fyrir stofna þar sem gögn eru takmörkuð (þ.e. þá sem ekki eru metnir með stofnlíkani) má meta þróun stofnstærðar og veiðiálag með því að skoða vísitölur úr stofnmælingum og veiðihlutfall (F_{proxy}). Veiðihlutfall er metið með því að deila stofnvísitölu upp í afla ($F_{proxy} = \text{afla} / \text{lífmassavísitala}$).

Almennt má segja að veiðihlutfall ýmissa þorskfiska, gullkarfa og steinbíts sýni svipaða þróun, þ.e. að veiðihlutfall er nú lágt og lífmassavísitölur eru tvöfalt til þrefalt hærri en lægstu gildi sem sést hafa (4. mynd). Vísitala veiðihlutfalls (F_{proxy}) flatfiskastofna lækkaði á árabílinu 1995–2000, og lífmassavísitölur flatfiskanna eru nú að meðaltali nálægt því tvisvar sinnum hærri en lægstu gildi.



3. mynd. Hlutfallslegt veiðilág (F/F_{MSY} eða HR/HR_{MSY}) og hlutfallslegur hrygningarstofn ($SSB/B_{trigger}$) fyrir helstu tegundir á Íslandsmiðum. **Figure 3.** Relative fishing mortality (F to F_{MSY} or HR to HR_{MSY}) and SSB (SSB to $B_{trigger}$) for the main stocks in Iceland.



4. mynd. Þróun F_{proxy} (afli/lífmassavísitala) og lífmassavísitala úr stofnmælingum, í hlutfalli við lægstu gildi sem sést hafa. Athugið að línur sem sýna meðaltöl eru líka staðlaðar við lægsta gildi hvers meðaltals.

Figure 4. Trends in F_{proxy} (catch/biomass index) and survey biomass index, relative to lowest values observed. Note that average lines are also standardized relative to their respective lowest values.

ÁHRIF Á STOFNA Í HÆTTU OG Á UNDAHLDI

Fáar fisktegundir virðast hafa orðið fyrir alvarlega neikvæðum áhrifum af veiðum á íslenska hafsvæðinu. Ein tegund sem þó er vert að geta er lúða. Lífmassavísitala lúðu úr stofnmælingum lækkaði hratt árin 1985–1992 og hefur verið lág síðan, þó lítilsháttar aukning hafi orðið frá lágmarkinu árið 2012. Árið 2012 voru beinar lúðuveiðar bannaðar, gert var skylt að sleppa lífvænlegri lúðu og ákveðið að aflaverðmæti lúðu sem óhjákvæmilegt er að landa rynni í sjóð til rannsókna og nýsköpunar á sviði sjávarútvegs.

Nokkrar tegundir, sem eru á lista OSPAR yfir tegundir í hættu eða á undanhaldi, eru meðaflategundir við veiðar við Ísland. Litlu er landað af þessum tegundum og almennt er lítið vitað um áhrif veiðanna á þær. Líffræði-upplýsingum um nokkrar þeirra, s.s. búrfisk, gráskötu, háf og sæsteinsugu, er safnað í árlegum stofnmælinga-leiðöngrum Hafrannsóknastofnunar.

ÁHRIF Á SJÓFUGLA OG SJÁVARSPENDÝR

Sjófuglar og sjávarspendýr veiðast sem meðafli í netaveiðum, sérstaklega í Breiðafirði og fyrir norðan land. Hnísa er algengust sjávarspendýra sem meðafli við netaveiðar á þorski, en selir eru algengir í grásleppunet. Á meðal sjófugla er algengast að fýll, langvía, súla, teista og æðarfugl lendi í veiðarfærum, einkum netum og línu.

Meðafli í þorskanet hefur minnkað samhliða minnkandi netasókn undanfarin ár, og hefur mat á árlegum meðafla hnísu lækkað úr 7300 dýrum árið 2003 í kringum 800 dýr (95 % CI = 575–1065, meðaltal 2016–2019). Mat á meðafla hnísu árin 2016–2019 er í kringum 1.9 % af síðasta stofnmati hnísu, sem byggir á flugtalningu á landgrunni Íslands árið 2016. Metinn meðafli landsels og útsels í grásleppunetum er mikill, eða um 1400 (CV = 0.35) landselir og um 1000 (CV = 0.59) útselir á ári, ef notast er við meðaltal árána 2014–2018. Þessar tölur samsvara um 15–16 % af nýjasta stofnmati þessara tegunda. Meðafli fugla er töluverður í grásleppuveiðum, eða um 5–12 þúsund fuglar á ári ef notast er við meðaltal árána 2014–2018, en aðallega eru það æðarfuglar, langvíur, skarfar og teistur sem koma í netin. Stofnar þessara algengu sjófuglategunda sem veiðast sem meðafli eru flestir stórir, en hlutfallslega mikill meðafli úr minni stofnum sjófugla eins og teistu er áhyggjuefni (Ævar Petersen 1981; Bakken & Falk 1988; Sandra M. Granquist & Erlingur Hauksson 2019a; Sandra M. Granquist 2021; Hafrannsóknastofnun 2019).

1. tafla. Tegundir í hættu eða á undanhaldi á hafsvæðinu við Ísland, skv. OSPAR.

VÍSINDAHEITI	ÍSLENSKT HEITI
SJÓFUGLAR	
<i>Rissa tridactyla</i>	Ríta
<i>Uria lomvia</i>	Stuttnefja
FISKAR	
<i>Anguilla anguilla</i>	Áll
<i>Centrophorus squamosus</i>	Rauðháfur
<i>Cetorhinus maximus</i>	Beinhákarl
<i>Dipturus batis</i>	Gráskata
<i>Hoplostethus atlanticus</i>	Búrfiskur
<i>Lamna nasus</i>	Hámeri
<i>Petromyzon marinus</i>	Steinsuga
<i>Salmo salar</i>	Lax
<i>Squalus acanthias</i>	Háfur
SJÁVARSPENDÝR	
<i>Balanoptera musculus</i>	Steypireyður
<i>Eubalaena glacialis</i>	Sléttbakur

2. tafla. Búsvæði í hættu eða á undanhaldi á hafsvæðinu við Ísland, skv. OSPAR.

ÍSLENSKT HEITI
Kóralgarðar
Djúpsjávar svampar
Leirur
Steinkóralrif
Öðubeð
Neðansjávarfjöll
Marhálmsvæði

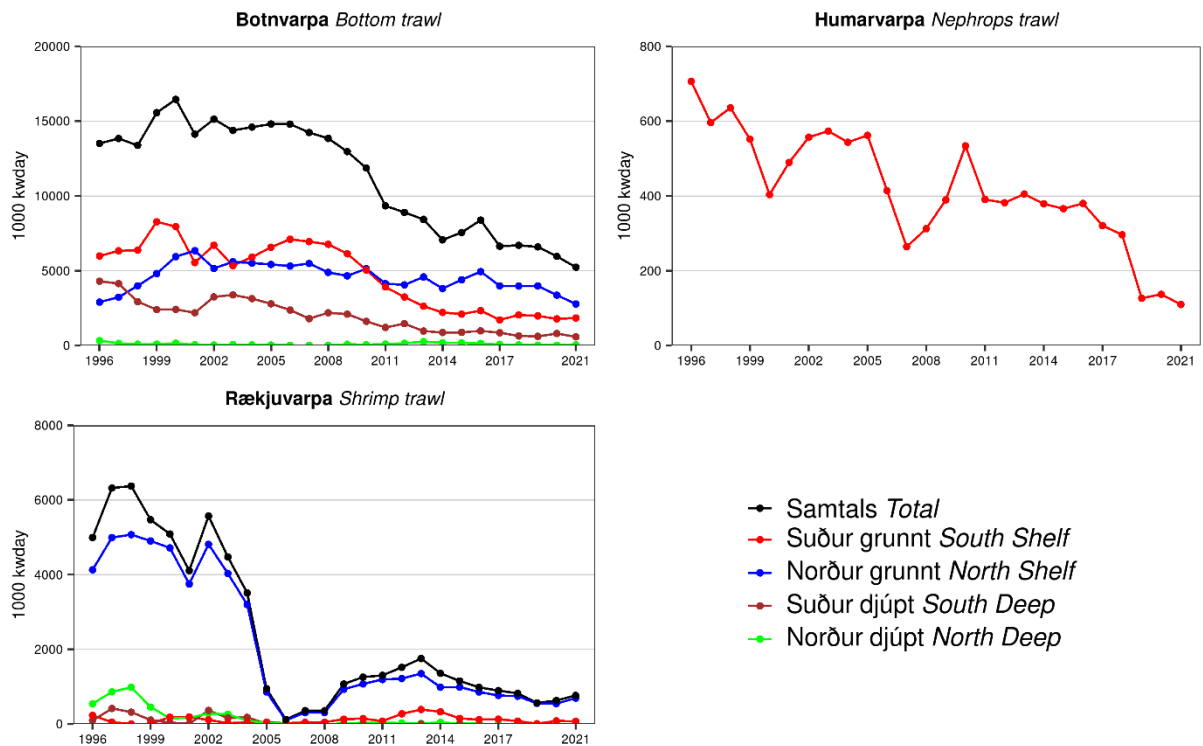
SKARK Á BOTNI

Með skarki eða svörfun er átt við áhrif á undirlag neðan við yfirborð sjávarbotns án þess þó að efni séu fjarlægð. Mestur hluti svörfunar á svæðinu stafar af veiðarfærum sem eru dregin yfir botn og er beint að botnfiskum og botnlægum hryggleysingjum. Annað sem veldur tilfallandi skarki á afmörkuðum svæðum er t.d. lagning síma- og raflína á sjávarbotni, þegar akkerum er kastað og stjórar staðbundinna veiðarfæra (t.d. línu og neta) lagðir á botn.

Greining veiðidagbóka fiskiskipa sýnir að veiðislóð dreginna botnveiðarfæra náði yfir um 79 þús. km² árið 2013, eða nálægt 10 % af íslensku lögsögunni. Botnvörpusókn eftir fiski og rækju minnkaði um 40 % frá 2000–2014 og hefur síðan þá haldist svipuð (5. mynd). Sókn með humarvörpu hefur hins vegar minnkað mikið frá árinu 2016 og var árin 2019–2021 sex sinnum minni en hún var árið 1996 (5. mynd). Megin ástæðan fyrir minni sókn með humarvörpu er sú að ástands stofnsins er lélegt og einingungis leyfðar takmarkaðar veiðar.

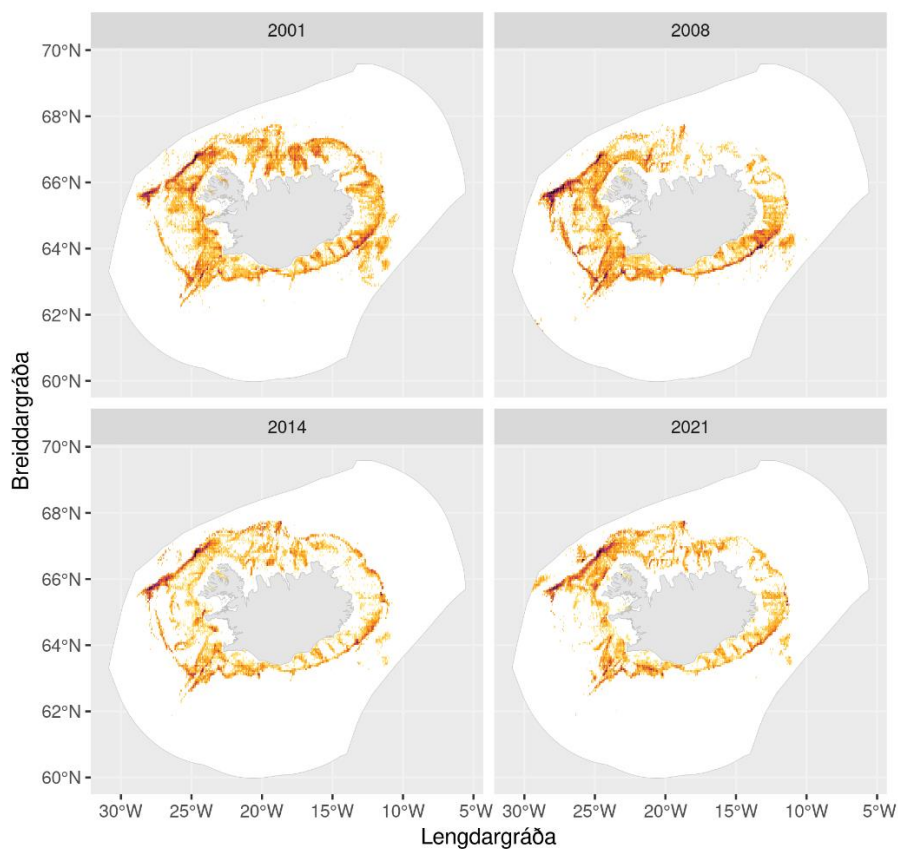
Samdráttur sóknar dreginna botnveiðarfæra hefur verið breytilegur eftir svæðum og hefur sóknin minnkað mest á sunnanverðu landgrunninu og á hefðbundinni rækjuloð á landgrunninu úti fyrir Norðurlandi (5. og 6. mynd).

Skark af völdum dreginna veiðarfæra getur haft áhrif á botnsamfélög á landgrunninu og á dýpra vatni. Stærðargráða skarkáhrifa á botninn er háð gerð veiðarfæra og viðnámsþrótti búsvæða. Skark af völdum botnvörpuveiða hefur sérstaklega haft áhrif á viðkvæmar lífverur eins og svampa og kóralla og aðallega á dýpi meira en 200 m, en áhrif á mjúkum botni á grunnslóð eru talin lítil (Stefán Á. Ragnarsson og M. Lindegarth 2009). Önnur áhrif veiðanna eru viðsnúningur hnüllunga, skrap botnsins og skemmdir á dýralífi á og yfir botninum.



5. mynd. Árleg sókn með botnvörpu (þús. kW dagar) byggt á veiðidagbókum togskipa sem sækja í a) botnfiska, b) humar og c) rækju á íslenska hafsvæðinu frá árinu 1996.

Figure 5. Annual total bottom-trawl fishing effort (1000 kW days) based on logbooks from trawl fishery targeting a) demersal fish, b) Norway lobster and c) shrimp in the Icelandic ecoregion since 1996.



6. mynd. Dreifing sóknar með botnvörpu byggt á veiðidagbókum togskipa sem sækja í botnfisk, rækju og humar.

Figure 6. Spatial distribution of bottom-trawl effort based on logbooks from trawl fisheries targeting demersal fish, shrimp, and Norway lobster.

RÓT Á BOTNSETI

Þær athafnir manna sem stuðla að róti/færslu á botnseti á íslenska hafsvæðinu eru fiskveiðar, dýpkunarframkvæmdir, efnistaka bæði á dauðu (t.d. malarnám) og lifandi efni (t.d. vinnsla kalkþörungna), efnislosun (t.d. eftir dýpkunarframkvæmdir), lagning á leiðslum, og ýmis verkefni tengd framkvæmdum á strandsvæðum, t.d. fiskeldi og landfyllingar. Á árinu 2013 var tilkynnt um að í dýpkunarframkvæmdum hefðu alls 203 þús. tonn af efni verið flutt til og 40 þús. tonn af efni losað á íslenska hafsvæðinu (OSPAR 2015).

Á íslenska hafsvæðinu eru fiskveiðar með dregnum botnveiðarfærum líklegar til að stuðla að því að set þyrlist upp og getur það síðan sest á botnlífverur og drepíð. Gögn vantar til að hægt sé að leggja mat á þessi áhrif, en líklega hefur dregið úr þeim undanfarna tvo áratugi samhliða sóknarminnkun.

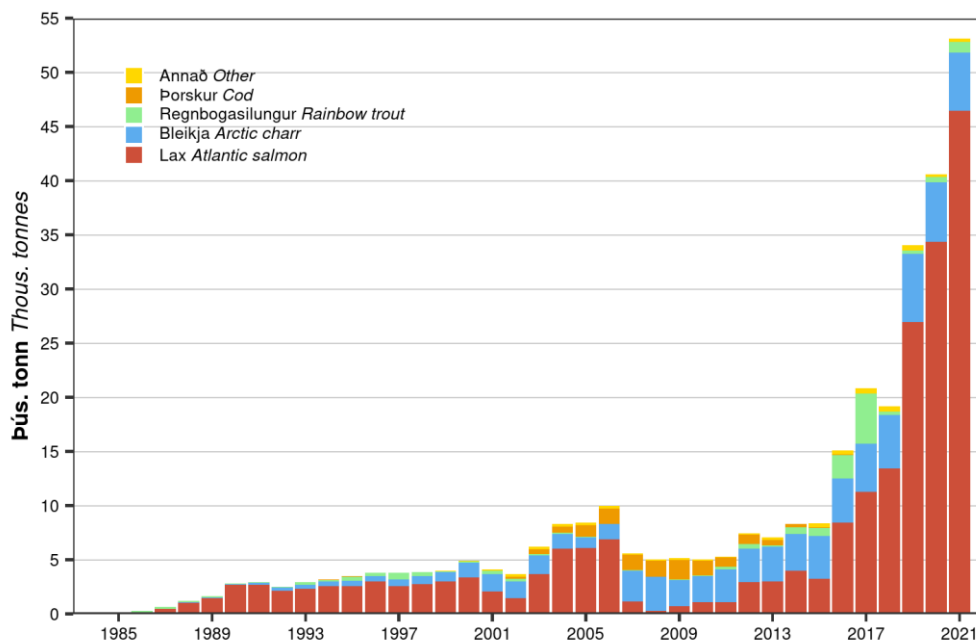
FRAMKVÆMDIR Á STRANDSVÆÐUM

Samanborið við flest önnur sjávarvistkerfi Evrópu eru umsvif manna á íslenskum strandsvæðum lítil og mesta álagið stafar af fiskveiðum. Hins vegar hefur álag af völdum ýmis konar starfsemi á strandsvæðum farið vaxandi, sérstaklega vestan lands. Þegar hinar ýmsu framkvæmdir eru teknar saman geta þær valdið uppsöfnuðum staðbundnum áhrifum. Hér er allt álag af manna völdum sem getur haft áhrif á umhverfið við ströndina tekið saman og kallað „framkvæmdir á strandsvæðum“.

Álag sem veldur því að undirlag hafsbotns neðan fjöruborðs og í fjörðum raskast getur stafað af ýmis konar athöfnum strandsvæðum, t.d. landfyllingum vegna varnargarða, vegagerð, hafnargerð, malarnámi og þverunum fjarða með brúm og vegum á uppfyllingum.

Fiskeldi er hratt vaxandi atvinnugrein og var ársframleiðslan rúm 53 þús. tonn árið 2021, aðallega af laxfiskum í sjó (7. mynd). Þannig var ársframleiðsla lax rúm 46 þús. tonn árið 2021 samanborið við rúm 34 þús. tonn árið 2020 og 3 þús. tonn árið 2013 (7. mynd). Áform eru uppi um talsverða aukningu umsvifa í fjörðunum vestan og austan lands, sem gætu haft áhrif á umhverfi fjarðanna og villta stofna laxfiska ef ekki er varlega farið (Ragnar Jóhannsson o.fl. 2017). Aukin umferð ferðamanna um strandsvæðin vegna skoðanaferða, hvalaskoðunar og sjóstangveiða gæti aukið álagið á vissum svæðum (Christiansen o.fl. 2013).

Framleiðslumagn *Production*



7. mynd. Framleiðslumagn eldistegunda á Íslandi 1984-2021 (gögn frá Hagstofu Íslands).

Figure 7. Fish farming production in Iceland 1984-2021 (Data from Statistics Iceland).

AÐRIR ÁLAGSVALDAR

Þegar rætt er um aðra álagsvalda er átt við samansafn af ýmis konar álagi sem vitað er, eða grunur leikur á, að hafi áhrif á vistkerfi sjávar við Ísland.

Hafrannsóknastofnun hefur fylgst reglubundið með sýrustigi sjávar frá því 1983. Gögnin sýna að sjórinn norðan Íslands súrnar hratt og er lækun sýrustigs að jafnaði um 50 % hraðari en í heittempruðum hluta Atlantshafsins. Í dýpri lögum sjávar (>1500 m) nemur lækun sýrustigs um fjórðungi af lækun í yfirborðslögum. Tilraunir hafa sýnt að afkoma, kalkmyndun, vöxtur, þróun og stofnstærð geta orðið fyrir neikvæðum áhrifum af súrnun sjávar, en viðbrögðin geta verið mjög mismunandi eftir því um hvaða lífsstig og hvaða tegundir er að ræða, og eftir umhverfiskilyrðum, þ.m.t. fæðuframboði (ICES 2014, Kroeker o.fl. 2013).

Næringarefni frá landbúnaði og iðnaði sem berast til sjávar við Ísland teljast ekki alvarlegur álagsvaldur, vegna takmarkaðs landbúnaðar og fólksfæðar. Styrkur þungmálma og þrávirkra lífrænna efna hefur mælst lágur og fer lakkandi fyrir flest mengandi efni. Samkvæmt OSPAR er mengun þungmálma á íslenska hafsvæðinu (svæði I) langt undir skilgreindum hættumörkum (OSPAR 2015).

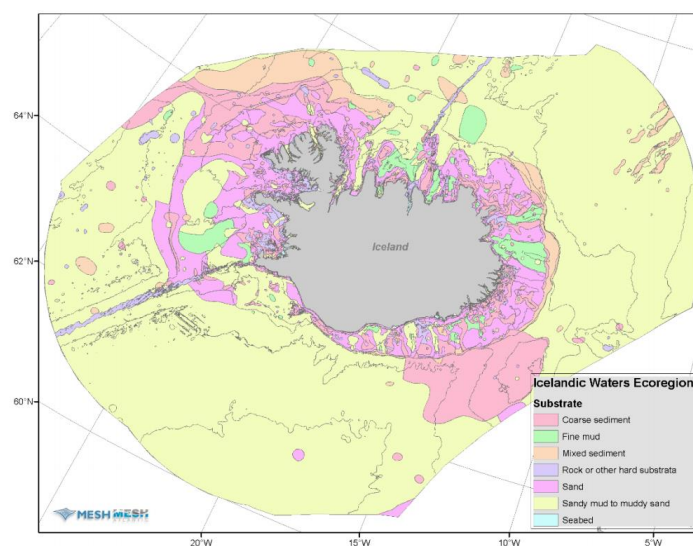
Eftirlit með plastmengun í hafinu við Ísland hófst nýlega og samanborið við önnur svæði er plast í hafinu ekki talið verulegur álagsvaldur en gögn skortir enn sem komið er, sérstaklega um örplast. Plastmengun við Ísland er að mestu tilkomin vegna fiskveiða (net, línur, garn úr gerviefnum o.þ.h.).

Umferð skipa á íslensku hafsvæði er umtalsverð, mest flutninga- og fiskiskip og nú síðari ár einnig farþegaskip. Til þess að draga úr áhættu af völdum skipaumferðar á vistfræðilega viðkvæmum svæðum (hættu á að skip sökki eða strandi, sleppi út olíu eða kjölvatni) hafa skipaleiðir verið færðar lengra út frá ströndinni.

HELSTU HLUTAR VISTKERFISINS

BÚSVÆÐI Á BOTNI

Botnlag og botngerðir innan íslenska hafsvæðisins eru fjölbreytileg og skapa ólík búsvæði. Mismunandi skilyrði í hafinu norðan og sunnan Íslands hafa mikil áhrif á dreifingarmynstur búsvæða við botn og Grænlands-Skotlandshryggurinn virkar sem tálmi á útbreiðslu tegunda. Hlýr og selturíkur Atlantssjórinn sunnan hryggsins og kaldar sjógerðir sem ríkja norðan hans, hafa áhrif tegundasamsetningu. Megin botngerðir í kringum Ísland eru leir, sandur, mól og hraun.



8. mynd. Dreifing botngerða innan íslenska hafsvæðisins (byggt á EMODnet Seabed Habitats; www.emodnet-seabedhabitats.eu).

Figure 8. Major substrates in the Icelandic Waters ecoregion (compiled by EMODnet Seabed Habitats; www.emodnet-seabedhabitats.eu).

SVIFPÖRUNGAR

Breytileiki á vexti og framleiðslu svifpörunga virðist að mestu stafa af staðbundnum umhverfisskilyrðum, en minna vegna hnattrænna umhverfisfyrirbrigða á borð við Norður-Atlantshafssveifluna (NAO). Þessi breytileiki hefur áhrif á beitarskilyrði dýrasvifs og kolefnisflæði upp fæðukeðjuna. Frumframleiðni yfir íslenska landgrunninu er mikil ($150\text{--}300\text{ g C m}^{-2}\text{y}^{-1}$) og er mest suðvestan við Ísland. Þörungablóminn kviknar á vorin á tímabilinu frá miðjum apríl fram í miðjan maí. Frá árinu 2006 hefur verið leitni í þá átt að blómgunin hefjist seinna á árinu. Aukið innflæði Atlantssjávar á Norðarmið veldur aukinni frumframleiðni. Kísilþörungar eru yfirgnæfandi í vorblóma svifpörunga yfir íslenska landgrunninu. Magn svipuþörunga eykst eftir hámark vorblómans en kísilþörungar halda áfram velli. Á haustin er yfirleitt annar blómi kísil- og svipuþörunga. Sum vorin verður þörungurinn (*Prymnesiophyceae*) *Phaeocystis pouchetii* yfirgnæfandi í svifinu norðan Íslands.

DÝRASVIF

Rauðátan er yfirleitt ráðandi í fjölda og lífmassa dýrasvifs, en samfélagsgerðin er engu að síður mismunandi sunnan og norðan Íslands, aðallega vegna mismunar í hita og seltu sjávar. Á meðal stærri tegunda dýrasvifs er ljósáta ráðandi yfir landgrunnsbrúninni fyrir sunnan og vestan og á úthafssvæðum allt í kring um Ísland. Á hafsvæðinu norðan við Ísland eru sviflægar marflær einnig algengar (Ástþór Gíslason o.fl. 2009, 2014).

Á vorin er lífmassi dýrasvifs í efri lögum sjávar (0–50 m) yfirleitt á bilinu 1–10 g þurrvigt m^{-2} (að meðaltali 2–4 g). Lífmassi dýrasvifs er yfirleitt fremur mikill á landgrunninu utan við suður og vesturströndina og á úthafssvæðinu norðan og austan við Ísland þar sem áhrifa pólsjávar gætir. Stórar norrænar tegundir finnast einnig á úthafssvæðum í Grænlandshafi og Austurdjúpi.

FISKAR

Á Íslandsmiðum eru yfir 30 tegundir nytjafiska og hryggleysingja. Helstu botnfiskar eru þorskur, ýsa, ufsi, gullkarfi, grálúða og ýmsir aðrir flatfiskar, steinbítur, keila og langa. Helstar uppsjávartegunda eru loðna, síld, kolmunnir og makrill. Flestar fisktegundir hrygna í hlýjum Atlantssjó við suður- og suðvesturströndina. Fisklirfur og seiði rekur m.a. vestur og norður frá hrygningarstöðvunum á uppvaxtarslóð á landgrunninu norðvestur, norður og austur af Íslandi, þar sem þau alast upp í blöndu Atlantssjávar og svalsjávar.

Ýmsar markverðar breytingar hafa orðið undanfarna áratugi á magni, útbreiðslu og göngum uppsjávartegunda við Ísland. Þessar breytingar eru taldar stafa af fiskveiðum, ástandi sjávar, fæðuframboði og stofnstærð tegundanna. Í lok sjöunda áratugs síðustu aldar hrundu allir þrír síldarstofnarnir sem fundust á íslenska hafsvæðinu. Íslenska sumargotssíldin náði sér fljótlega á strik aftur en íslenska vorgotssíldin hefur enn ekki hjarnað við. Norsk-íslensk vorgotssíld hvarf af Íslandsmiðum eftir að stofninn hrundi, en með stækkandi stofnstærð upp úr aldamótum hafa beitarsvæði hennar stækkað og síldin gengið á íslensk hafsvæði í miklu magni. Frá árinu 2006 hefur fæðuslóð makrils breiðst út frá Noregshafi á Íslandsmið, og á sama tíma hafa fæðuöflunarsvæði loðnunnar færst vestar og að hluta frá íslenskum hafsvæðum í átt að Austur-Grænlandi. Helstu hrygningarsvæði loðnunnar eru enn sem fyrr sunnan og vestan Íslands, en vaxandi hlutfall virðist hrygna fyrir norðan land.

FÆÐUVEFURINN Í HAFINU

Fæðuvefurinn á íslenska hafsvæðinu einkennist af mikilli frumframleiðni. Loðna er lykiltegund og vegna lífshlaups hennar og göngumynsturs flytur hún mikla orku inn á svæðið. Loðna étur aðallega rauðátu og ljósátu á hafsvæðum fyrir norðan Ísland og gengur síðan til hrygningar við Ísland þar sem hún er mikilvæg fæða margra tegunda, þar á meðal þorsks, ýsu, ufsa, grálúðu, sjófugla og sjávarspendýra. Af annarri bráð nytjafiska má nefna rækju og sandsíli.

Áætlað hefur verið að hvalir éti árlega um 6.3 milljónir tónna af fiskum, smokkfiskum og krabbadýrum (Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1997). Meðal þess sem getur haft áhrif á fæðuvefinn eru umhverfisbreytingar,

sem snerta alla hlekki fæðukeðjunnar, loðnuveiðar, aukinn fjöldi stórra skíðishvala og aukin makrílgengd. Ólíkt loðnu, kemur makrill á Íslandsmið í fæðuöflun og fjarlægir því orku úr vistkerfinu (Guðmundur J. Óskarsson o.fl. 2016), en hluti makrilsins er étinn af hvölum, sjófuglum og fiskum.

SJÓFUGLAR

Tuttugu og tvær tegundir sjófugla (30–50 milljónir einstaklinga) finnast á svæðinu, sumar hverjar uppistaðan í heildarfjölda í stofnum viðkomandi tegunda í N-Atlantshafi. Át sex algengra sjófuglategunda að sumri hefur verið áætlað 171 þús. tonn af loðnu, 184 þús. tonn af sandsíli og 24 þús. tonn af ljósátu (Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson 1997). Fækkað hefur í stofni varpfugla helstu tegunda, stuttnefju um 43 %, langvíu um 30 % og álku um 18 % á milli árána 1985 og 2008, og á sama tíma hefur fyl fækkað um 35 %, ritu um 12 % (Arnpór Garðarsson o.fl. 2011, 2013) og toppskarfi um 31 % (Arnpór Garðarsson og Ævar Petersen 2009). Minnkandi fæðuframboð er talin líklegasta skýringin á þessari fækkun. Fækkun hefur orðið á lunda sunnan Íslands, að líkindum einnig vegna minnkandi fæðuframboðs (Kristján Lilliendahl o.fl. 2013; Erpur Snær Hansen 2015). Fjórar aðrar tegundir sýna ekki fækkun fyrr en nýlega eða enga breytingu (Guðmundur A. Guðmundsson og Kristinn H. Skarphéðinsson 2012).

SJÁVARSPENDÝR

Sex tegundir sela hafa fundist við Ísland en einungis tvær tegundir, landselur og útselur, kæpa hér við land að staðaldri. Stofnstærðir landsels og útsels hefur farið stöðugt minnkandi frá árinu 1980. Landsel hefur fækkað úr 33 þús. dýrum árið 1980 í um 10 300 dýr árið 2020 eða um 69 % (Sandra M. Granquist 2021). Fækkunin var mest árin 1980–1990 á þeim tíma er greitt var fyrir veidda landseli. Fjöldi útsela var metinn um 9 000 dýr árið 1982 en árið 2012 var hann 4 200 dýr. Útselir voru taldir í lok árs 2017 og var fjöldinn metinn 6 300 dýr (Sandra M. Granquist og Erlingur Haukson 2019).

Tuttugu og þrjár tegundir hvala hafa fundist við Ísland en að minnsta kosti 12 hvalategundir koma reglulega á Íslandsmið. Hvalatalningar hafa verið framkvæmdar með reglulegu millibili árin 1987–2016 og sýna mikinn breytileika í fjölda hvala. Stofnstærð langreyða og hnúfubaka hefur farið vaxandi undanfarna tvo til þrjá áratugi og var fjöldi langreyða árið 2015 sá mesti síðan talningar hófust. Hrefnu hefur fækkað mikið á íslenska landgrunninu undanfarin ár, líklega vegna breytinga á útbreiðslu mikilvægra fæðutegunda s.s. síli og loðnu.

ÁGENGAR TEGUNDIR

Á Íslandsmiðum hafa verið skráðar 22 framandi tegundir síðustu sex áratugi, þar af níu á síðasta áratug. Um fjölbreyttar tegundir er að ræða með fulltrúum úr hópum plöntusvifs, stórþörunga, krabbadýra, samloka, möttuldýra og fiska. Af þeim bárust 12 tegundir fyrst á Íslandsmið á árunum 1950–1999 en sex tegundir bárust fyrst á árunum 2000–2016. Fjórar þessara framandi tegunda (sagþang, grjótkrabbi, sandrækja og flundra) geta talist ágengar á Íslandsmiðum, eða hætt er við því að þær verði það, þar sem þær hafa gjarnan neikvæð áhrif á ný svæði sem þær setjast að á (Karl Gunnarsson o.fl. 2014).

Þessar framandi tegundir hafa flestar að öllum líkindum verið fluttar á Íslandsmið, t.d. sloppið út með kjölvatni skipa, enda hafa flestar þeirra fyrst verið skráðar við Suðvesturland þar sem ferðir flutningarskipa eru tíðastar. Hækkandi hitastig á Íslandsmiðum síðustu tvo áratugi hefur valdið því að fjölbreyttara safn landnemattegunda getur sest að á svæðinu.

HEIMILDIR

- Arnþór Garðarsson og Ævar Petersen 2009. Íslenski toppskarfsstofninn. Bliki 30: 9–25.
- Arnþór Garðarsson, Guðmundur A. Guðmundsson og Kristján Lillindahl 2011. Fýlabyggðir fyrr og nú. Bliki 31: 1–10.
- Arnþór Garðarsson, Guðmundur A. Guðmundsson og Kristján Lillindahl 2013. Framvinda íslenskra ritubyggða. Bliki 32: 1–10.
- Ástþór Gíslason, Hildur Pétursdóttir og Kristinn Guðmundsson 2014. Long-term changes in abundance of *Calanus finmarchicus* south and north of Iceland in relation to environmental conditions and regional diversity in spring 1990–2013. ICES J. mar. Sci. 71: 2539–2549, doi:10.1093/icesjms/fsu098.
- Ástþór Gíslason, Hildur Pétursdóttir, Ólafur S. Ástþórsson, Kristinn Guðmundsson og Héðinn Valdimarsson 2009. Inter-annual variability in abundance and community structure of zooplankton south and north of Iceland in relation to environmental conditions in spring 1990–2007. Journal of Plankton Research 31: 541–551.
- Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 2004. Distribution patterns of zooplankton communities around Iceland in spring. Sarsia 89: 467–477.
- Bakken, V. and Falk, K. (eds.) 1988. Incidental take of seabirds in commercial fisheries in the Arctic countries. Technical report no 1 from the Circumpolar Seabird Working Group of CAFF. 60 pp.
- Campana, S., Ragnhildur Stefánsdóttir, Klara Jakobsdóttir og Jón Sólmundsson 2020. Shifting fish distributions in warming sub-Arctic oceans. Scientific Reports 10: 16448.
- Christiansen, F., Rasmussen, M., and Lusseau, D. 2013. Whale watching boats disrupt the foraging activities of minke whales in Faxaflói bay, Iceland. Marine Ecology Progress Series 478: 239–251.
- Erpur S. Hansen 2015. Lundarannsóknir 2014. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala og könnun vetrarstöðva. Lokaskýrsla til umhverfisráðherra. Náttúrustofa Suðurlands.
- Guðmundur A. Guðmundsson og Kristinn H. Skarphéðinsson 2012. Vöktun íslenskra fuglastofna: Forgangsroðun tegunda og tillögur að vöktun. Náttúrufræðistofnun, NÍ-12010, 63 bls.
- Guðmundur J. Óskarsson, Ásta Guðmundsdóttir, Sveinn Sveinbjörnsson og Þorsteinn Sigurðsson 2016. Feeding ecology of mackerel and dietary overlap with herring in Icelandic waters. Marine Biology Research 12: 16–29.
- Gunnar Stefánsson, Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson, G. 1997. On dynamic interactions between some fish resources and cetaceans off Iceland based on a simulation model. J. Northw. Atl. Fish. Sci. Vol. 22: 357–370.
- Hafrannsóknastofnun 2019. Meðafli fugla og sjávarspendýra í grásleppuveiðum 2014–2018. Tækniskýrsla. Hafrannsóknastofnun, Hafnarfjörður. 15 bls. (<https://www.hafogvatn.is/static/extras/images/medafli-fugla-og-spendyra-i-grasleppuveidum1158397.pdf>)
- Héðinn Valdimarsson, Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson 2012. Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species. ICES J. mar. Sci, doi:10.1093/icesjms/fss027.
- Héðinn Valdimarsson og Svend-Aage Malmberg 1999. Near-surface circulation in Icelandic waters derived from satellite tracked drifters. Rit Fiskideildar, 16: 23–39.
- ICES 2014. Final Report to OSPAR of the Joint OSPAR/ICES Ocean Acidification Study Group (SGOA). [ICES CM 2014/ACOM:67. 141 pp.](#)
- Ingibjörg G. Jónsdóttir, Höskuldur Björnsson, Unnur Skúladóttir 2012. Predation by Atlantic cod *Gadus morhua* on northern shrimp *Pandalus borealis* in inshore and offshore areas of Iceland. Marine Ecology Progress Series 469: 223–232.
- Jón Sólmundsson, Einar Jónsson, Höskuldur Björnsson 2010. Phase transition in recruitment and distribution of monkfish (*Lophius piscatorius*) in Icelandic waters. Marine Biology 157: 295–305.
- Jón Sólmundsson, Georg Haney, Hjalti Karlsson, Hlynur Pétursson, Höskuldur Björnsson, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir, Valur Bogason, 2022. Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 2022 - framkvæmd og helstu niðurstöður. Haf- og vatnarannsóknir (HV 2022-14). Hafrannsóknastofnun, Hafnarfjörður. 34 s. <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/hv2022-14.pdf>
- Jónbjörn Pálsson, Guðjón Már Sigurðsson, Ingibjörg G. Jónsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir, Nicholas Hoad, Valur Bogason, Jón Sólmundsson 2021. Brislingur, *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758), ný fisktegund við Íslandsstrendur. Náttúrufræðingurinn 91: 122–131.
- Karl Gunnarsson, Guðrún Þórarinsdóttir, Óskar S. Gíslason 2014. Ágengir landnemar í sjó. Sjávarafli 3. tbl. 50–51.
- Kristján Lillindahl og Jón Sólmundsson 1997. An estimate of summer food consumption of six seabird species in Iceland. ICES Journal of marine Science 54:624–630.
- Kristján Lillindahl, Erpur S. Hansen, Valur Bogason, Marínó Sigursteinsson, Margrét L. Magnúsdóttir, Páll M. Jónsson, Hálfán H. Helgason, Gísli J. Óskarsson, Pálmi F. Óskarsson, Óskar J. Sigurðsson 2013. Viðkomubrestur lunda og sandsílis við Vestmannaeyjar. Náttúrufræðingurinn 83 (1–2), bls. 65–79.

- Kroeker, K.J., Kordas, R.L. Crim, R., Hendriks, I.E., Ramajo, L., Singh, R., Duarte, C.M. and Gattuso, J-P. 2013. Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. *Global Change Biology* 19: 1884–1896.
- Ólafur S. Ástþórsson, Héðinn Valdimarsson, Ásta Guðmundsdóttir og Guðmundur J. Óskarsson 2012. Climate-related variations in the occurrence and distribution of mackerel (*Scomber scombrus*) in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1289–1297.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason og Steingrímur Jónsson 2007. Climate variability and the Icelandic marine ecosystem. *Deep-Sea Research II* 54: 2456–2477.
- OSPAR 2015. OSPAR annual report on dumping of wastes or other organic matter at sea in 2013. Biodiversity series. OSPAR commission 2015. <http://www.ospar.org/documents?v=33573>.
- Ragnar Jóhannsson, Sigurður Guðjónsson, Agnar Steinarsson og Jón Hlöðver Friðriksson 2017. Áhættumat vegna mögulegrar erfðablöndunar milli eldislaxa og náttúrulegra laxastofna á Íslandi. Haf- og vatnarannsóknir (HV 2017-27). Hafrannsóknastofnun, Reykjavík. 38 bls. <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/hv2017-027.pdf>
- Sandra M. Granquist og Erlingur Hauksson 2019. Aerial census of the Icelandic grey seal (*Halichoerus grypus*) population in 2017: Pup production, population estimate, trends and current status / Útselstalning 2017: Stofnstærðarmat, sveiflur og ástand stofns. Haf- og vatnarannsóknir (HV 2019-02). Hafrannsóknastofnun, Reykjavík. 19 s. <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/1549015805-hv2019-02.pdf>
- Sandra M. Granquist 2021. The Icelandic harbour seal (*Phoca vitulina*): Population estimate in 2020, summary of trends and the current status. Haf- og vatnarannsóknir (HV 2021-53). Hafrannsóknastofnun, Hafnarfjörður. 19 s. <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/163704901-hv2021-53.pdf>
- Stefán Á. Ragnarsson og M. Lindegarth. 2009. Testing hypotheses about temporary and persistent effects of otter trawling on infauna: changes in diversity rather than abundance. *Marine Ecology Progress Series* 385: 51–64
- Teresa da Silva Giesta, Ástþór Gíslason, P. Licandro, Guðrún Marteinsdóttir, A. S. A. Ferreira, Kristinn Guðmundsson og Ólafur S. Ástþórson 2014. Long-term changes of euphausiids in shelf and oceanic habitats southwest, south and southeast of Iceland. *Journal of Plankton Research* 36: 1262–1278.
- Unnsteinn Stefánsson 1962. North Icelandic waters. *Rit Fiskideildar* 3: 1–269.
- Ævar Petersen 1981. Breeding biology and feeding ecology of Black Guillemots. University of Oxford, D.Phil. thesis xiv + 378 p.