

Athugun á aflareglu fyrir íslenskan þorsk

Höskuldur Björnsson og Einar Hjörleifsson
Hafrannsóknastofnun

21. maí 2015

1 Inngangur

Á haustmánuðum 2009 fór nefnd á vegum Alþjóða hafrannsóknaráðsins (ICES) yfir aflareglu fyrir íslenskan þorsk. Verkefni nefndarinnar var samkvæmt erindisbréfi frá sjávarútvegsráðuneytinu að athuga hvort 20% aflareglan sem hafði verið í gildi síðan 2007 leiddi til yfirgnæfandi líka (meiri en 95%) á að hrygningarstofninn árið 2014 væri ekki minni en 220 þúsund tonn sem var metin stærð hrygningarstofns árið 2009 í stofnmati þess árs. Niðurstaðan, byggð á langtímaherminum (sjá Viðauka B) var að 20% aflareglan uppfyllti þetta skilyrði, en veiðihlutfallið mætti ekki vera hærra. Í janúar 2010 staðfesti ICES þá niðurstöðu að aflareglan samræmdest alþjóðlegum kröfum um varúðarsjónarmið og langtíma hámarks afrakstur. Bent var á að ef aflareglan ætti að teljast í samræmi við varúðarsjónarmið þyrfti að skilgreina hættumörk fyrir stofninn (B_{lim}) og gátmörk í aflareglunni ($B_{trigger}$). Lauk þeirri vinnu vorið 2010 og voru hættumörkin skilgreind 125 þúsund tonn sem er lægsta gildi hrygningarstofnsins og gátmörkin 220 þúsund tonn, en líkur á lélegri nýliðun virðast aukast þegar stofninn fer undir þá stærð.

Niðurstaðan árið 2009 var í samræmi við fyrri niðurstöður, en árið 1994 lagði nefnd sjávarútvegsráðherra til 22% veiðihlutfall og árið 2004 lagði nefnd á vegum sjávarútvegsráðherra til 20% veiðihlutfall. Í vinnu nefndanna frá 1994 og 2004 var tekið tillit til kostnaðar við veiðarnar og mælt með því veiðihlutfalli sem hámarkar núvirtan þjóðhagslegan ábata (sjá viðauka B og D).

Í aflaregluvinnunni árið 2009 var lögð áhersla á að skoða stærð hrygningarstofns með tilliti til þeirra viðmiðunarpunkta sem voru skilgreindir. Hagfræðihlutanum var hins vegar sleppt sem var að mörgu leyti óheppilegt því hagkvæmasta veiðihlutfallið er yfirleitt betur ákvarðað en það veiðihlutfall sem gefur langtíma hámarksafla, auk þess sem það stenst yfirleitt varúðarsjónarmið.

Við mat á aflareglum skiptir hrygningarstofns-nýliðunarsambandið miklu máli. Eins og kemur fram í viðauka A varð veruleg (40%) minnkun í nýliðun íslensks þorsks eftir 1985. Í hermununum frá 1994 var gert ráð fyrir að nýliðun myndi ná fyrra horfi þegar hrygningarstofn stækkaði. Árið 2004 voru bæði skoðaðir þeir möguleikar að nýliðun yrði minni til frambúðar og að hún næði fyrra horfi. Hagkvæmasta veiðihlutfall var metið 18-20% í fyrra tilfellinu en 20-23% í því síðara, en þá varð aflinn auðvitað mun meiri. Árið 2009 var gert ráð fyrir að nýliðun héldi áfram að vera svipuð og hún hefur verið síðan 1985 og virðist það hafa orðið raunin.

Í ljósi þess að nú eru meira en 5 ár frá því að 20% aflareglan var formlega innleidd var óskað eftir því að fara yfir reynsluna af henni, ásamt því að skoða hvort hugsanlega ætti að breyta veiðihlutfallinu eða breyta forminu á reglunni. Meðfylgjandi greinargerð er liður í þeirri skoðun.

Í janúar 2015 fór nefnd á vegum Alþjóða hafrannsóknarráðsins (WKICE) yfir aflaregluna fyrir íslenskan þorsk og staðfesti álitid frá 2009 um að aflareglan "væri í samræmi við varúðarsjónarmið og leiddi til langtíma hámarksafraksturs".

2 Forsendur líkans

Líkanið sem var notað er það sama og árið 2009. Forsendur eru að mestu þær sömu en þó að viðbættum gögnum sem hafa safnast síðan þá:

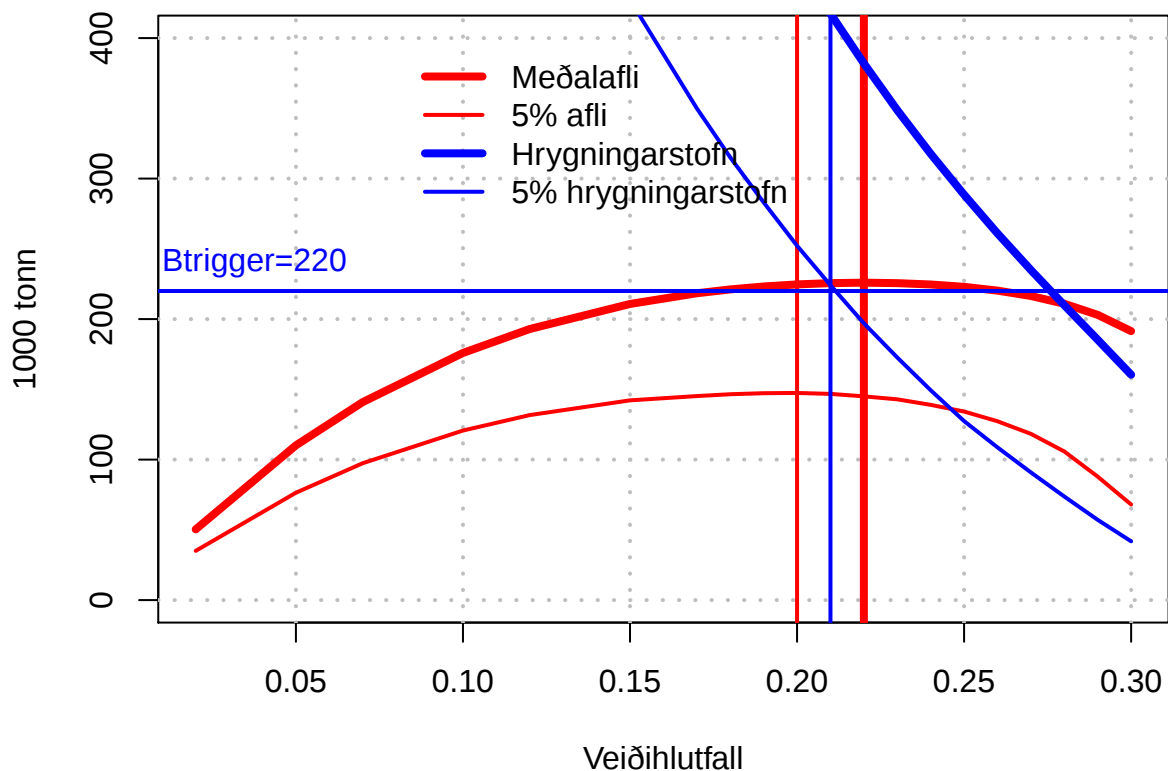
1. Stofnmat hefur síðan 2010 byggst á stofnmælingunum í mars og að hausti, en til þess tíma bara á stofnmælingunni í mars. Undanfarin ár hefur stofnmælingin að hausti gefið til kynna stærri stofn. Það hefur þó ekki mikil áhrif á langtímaníðurstöður.
2. Framreikningar byggðu á meðalþyngdum 2006-2008, gildum sem að voru mjög lág í sögulegu samhengi. Þyngdir hækkuðu töluvert fram til 2013, en lækkuðu nokkuð árið 2014. Meðalgildin í núverandi keyrslum eru 2014 gildin sem eru heldur hærri þyngdir en voru notaðar 2009.
3. Forsendur um stofnmatsskekkju eru óbreyttar frá 2009.

4. Forsendur um breytileika í þyngdum eru þær sömu og 2009.
5. Eins og árið 2009 er ekki gert ráð fyrir breytileika í kynþroskahlutfalli.
6. veiðimynstri er leyft að breytast árið 2007 vegna vísbendinga um að sókn í stærri fisk hafi dregist saman á undanförunum árum. Nýjasta veiðimynstur er notað í framreikningum og ekki gert ráð fyrir breytileika í veiðimynstri. Þetta hefur ekki mikil áhrif á niðurstöður með því formi á aflareglu sem er notað fyrir íslenska þorskind.
7. Á árinu 2009 var fjöldi hrygningarstofns-nýliðunarsambanda skoðaður. Hér var fyrst og fremst litið á "Hockeystick"-fallið sem gerir ráð fyrir að meðalnýliðun sé föst þegar hrygningarstofninn er yfir tilteknum mörkum, en minnki línulega fyrir neðan þau. Stíkar líkansins og tölfræðilegir eiginleikar frávíkanna eru metnir. Bæði var athugað það tilfelli að nýliðun hafði minnkað til frambúðar og ekki. Fyrri tilfellið var lagt til grundvallar þegar veiðihlutfall var metið m.t.t. varúðarsjónarmiða.

Framreikningar voru keyrðir í 50 ár og langtímagildi byggð á niðurstöðum úr síðustu 10 árum útreikninganna. Ef veiðihlutfall er svipað og það hefur verið undanfarin ár breytast niðurstöður frekar lítið eftir árið 2020 og mjög lítið eftir 2030. Er hefðbundið í svona útreikningum að skoða þróunina næstu 5-10 árin og svo eiginleika reglunnar til langs tíma, þ.e. þegar áhrif af samsetningu á fjölda fiska í stofni í upphafi (árið 2014) eru orðin lítil sem engin. Það felur samt ekki í sér að menn trúu að forsendur líkansins gildi í 50 ár.

3 Niðurstöður

Metin stofnstærð árið 2014 er mjög svipuð og í stofnmati ársins 2014 eða um 1100 þúsund tonn og hrygningarstofninn um 400 þúsund tonn. Líkanið er ekki það sama þannig að gildin fyrir árið 2014 eru ekki nákvæmlega eins. Meðalþyngdir ársins 2014 eru hærri en það sem var notað 2009 en með þeim þyngdum væri stofnstærð ársins 2014 um 1000 þúsund tonn.

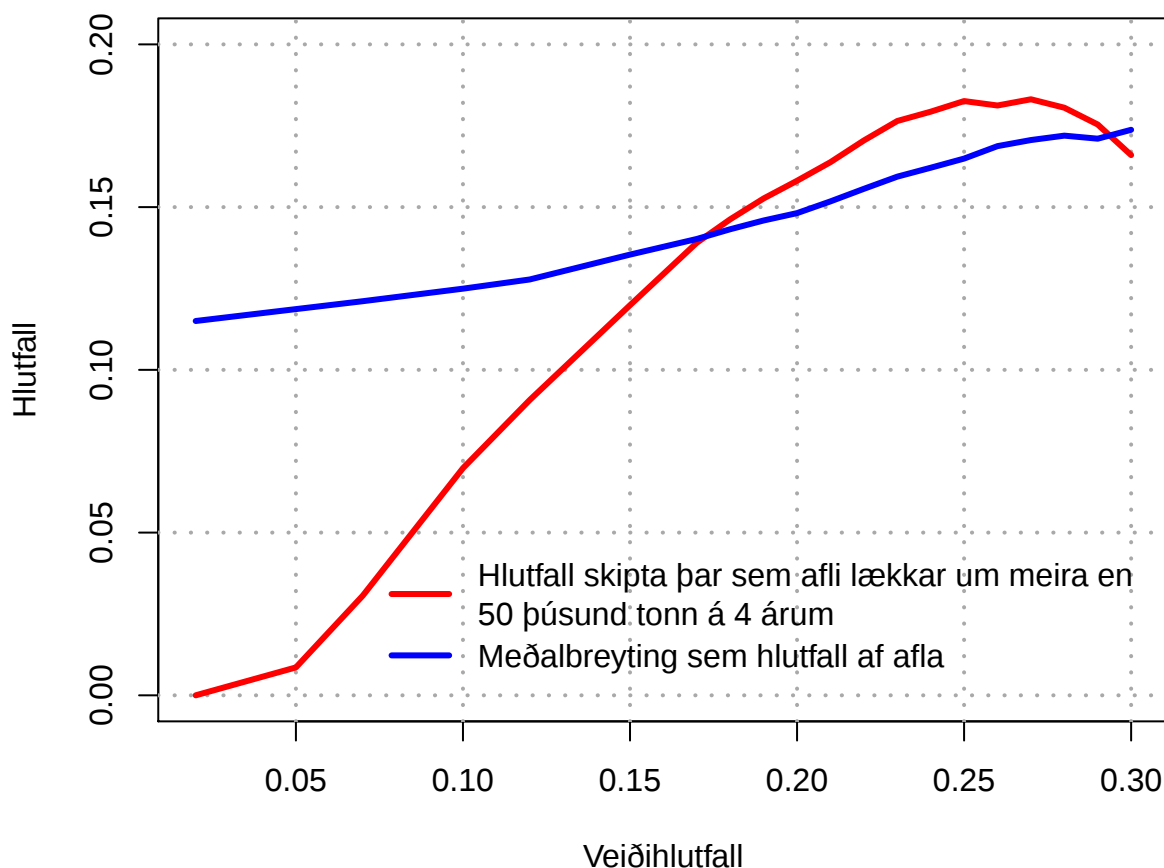


Mynd 1: Meðalafli, afli sem næst í 5% tilfella, meðal hrygningarstofn og hrygningarstofn sem næst í 5% tilfella á móti veiðihlutfalli.

Eitt af því sem er gert þegar veiðihlutfall er metið er að skoða meðalafla þegar aflareglunni hefur verið beitt í langan tíma (mynd 1). Sé litið á meðalafla eftir veiðihlutfalli fæst hámarksafrakstur við 22% veiðihlutfall en miðað við kröfu um minni en 5% líkur að fara undir $B_{trigger}$ þarf veiðihlutfallið að vera lægra en 21%. (mynd 1). Lægra veiðihlutfall leiðir einnig til jafnari afla sem kemur m.a. fram í því að hámark þess afla sem næst í 95% tilfella er við 20% veiðihlutfall.

Breytileika í afla má sjá með því að skoða breytingar á stuttu tímabili t.d. 4 árum (mynd 2). Jöfnunin í aflareglunni leiðir til þess að breytingar milli tveggja ára verða aldrei mjög miklar, en ef snöggar breytingar verða í metnum viðmiðunarstofni koma þær í staðinn fram á nokkrum árum.

Niðurstaðan kemur ekki á óvart, þegar hægar er farið í veiðunum eru fleiri árgangar í veiðinni og sveiflur minni.



Mynd 2: Breytingar í afla á 4 ára tímabili, annars vegar sem hlutfall þegar afli minnkar um meira en 50 þús. tonn og hins vegar sem meðalhlutfall sem afli breytist um á 3 ára tímabili.

Sé litið á afleiðingar þess að hækka veiðihlutfall mun það að sjálfsögðu leiða til einhverrar hækkunar á afla næstu árin meðan verið er að ganga á stofninn (sjá viðauka A), en til lengri tíma litið er meðalafla sá sami hvort sem veitt er á 0.2 eða 0.22 (mynd 1). Breytileiki í afla eykst hins vegar með hækkandi veiðihlutfalli.

Einn af þeim möguleikum sem beðið var um að athuga nú á fimm ára afmæli aflareglunnar var hvort hægt væri að vera með breytilegt veiðihlutfall, þ.e. að hækka veiðihlutfallið þegar stofninn næði ákveðinni stærð. Prófað var tilfelli þar sem veiðihlutfall var 20% ef metinn viðmiðunarstofn var undir 1200 þúsund tonnum en aukið línulega upp í 25% þar til stofninn fór upp í 1500 þúsund tonn. Niðurstaðan, (tafla 1, mynd 11 og mynd 12) var lítil breyting í meðalafla, aukning í áhættu á að fara niður fyrir gátmörk, en mestu áhrifin voru aukinn breytileiki í afla.

Í útreikningunum að baki töflu 1 var gert ráð fyrir að dregið væri smám saman úr sveiflujöfnuninni þegar stofnstærð er metin undir gátmörkum, svipað og er gert í aflareglu fyrir íslenskan ufsa. Ef sveiflujöfnunin er tekin snögglega af þegar stofninn er metinn undir gátmörkum myndi breytilegt veiðihlutfall leiða til enn meiri breytileika í afla borið saman við fast veiðihlutfall. Breytilegt veiðihlutfall, t.d. þegar viðmiðunarstofninn er

metinn á milli 1200 og 1500 þúsund tonn eða þegar hrygningarstofninn er undir 220 þúsund tonnum, leiðir alltaf til meiri breytileika í afla. Undir gátmörkum myndi t.d. 20% minnkun í stofnstærð leiða til 36% minni afla ef engin sveiflujöfnun væri.

	Núverandi aflaregla	Tveggja þrepa aflaregla
Meðaltal afla	224.77	225.44
Miðgildi afla	220.07	213.79
5 prósent afla	144.42	131.90
Staðalfrávik afla	55.36	69.65
Meira en 50 þúsund tonna minnkun afla á 3 árum	0.16	0.22
Meira en 20% breyting afla á 3 árum	0.39	0.52
Meðalgildi hrygningarstofns	454.50	411.95
5 prósent gildi hrygningarstofns	245.86	215.43

Tafla 1: Samanburður á núverandi aflareglu og sambærilegri aflareglu þar sem veiðihlutfall hækkar úr 0.2 í 0.25 þegar viðmiðmiðunarstofn stækkar úr 1200 þúsund í 1500 þúsund tonn.

4 Samantekt

Samkvæmt aflareglu sem er í gildi er ákvörðun um aflamark byggð á að taka meðaltal af aflamarki síðasta fiskveiðisárs og 20% af viðmiðunarstofni. Sé litið á niðurstöður úr hermunum hér að framan næst hámarksafurkastur við u.p.b 22% veiðihlutfall, en það gildi er að vísu illa ákvarðað. Varúðarsjónarmið, þ.e minni en 5% líkur á að hrygningarstofn sé undir skilgreindum gátmörkum leiða til um 21% veiðihlutfalls. Ef markmiðið er að breytileiki í afla verði sem minnstur er best að halda sig við lægra veiðihlutfall.

Breytilegt veiðihlutfall eykur fyrst og fremst breytileika í afla. Það útilokar ekki að hægt sé að hækka veiðihlutfall í 22% ef nýliðun verður eins og fyrir 1986. Mat á stærð árganga fæst við 2 ára aldur og það er fyrst þegar meðalnýliðun nær 200 milljónum fiska í um 10 ár sem hægt er að tala um að slík breyting hafi átt sér stað. Gögn sem bæst hafa við síðan 2009 benda til að nýliðun sé enn svipuð og hún hefur verið síðan 1985.

Þó íslenska aflareglan sé nokkuð varkár og vel prófuð miðað við það sem almennt gerist eru nokkur atriði sem gætu þurft nánari rýni ef kæmi til formlegrar úttaktar ICES í kjölfar breyttrar aflareglu. Þau eru eftirfarandi:

1. Ekki er gert ráð fyrir kerfisbundinni skekkju í stofnmati eins og gert var árið 2009.
2. Miðað við reynsluna frá 2009 þarf að gera ráð fyrir að affi verði að meðaltali umfram það sem aflaregla gefur (sjá viðauka A). Samanlagt bæta kerfisbundnu skekkjurnar 10-15% við það veiðihlutfall sem stefnt er að.
3. Í vinnunni 2010 var B_{lim} skilgreint 125 þúsund tonn, sem er minnsti hrygningarstofn og $B_{trigger}$ 220 þúsund tonn, sem er sú stærð hrygningarstofnsins þegar nýliðun virðist minnka. Miðað við þá aðferðafræði sem hefur oftast verið notuð innan ICES þá eru 220 þúsund tonn nær því að vera grunnurinn að B_{lim} . Venjuleg aðferðafræði ICES skilgreinir $B_{trigger}$ töluvert hærri en B_{lim} , sennilega nálægt 300 þúsund tonn fyrir íslenska þorskind. Fyrir íslenska ufsann og ýsuna var töluverð vinna lögð í að fá $B_{trigger} = B_{lim}$ samþykkt, en það var m.a gert á þeirri forsendu að veiðihlutfallið væri heldur lægra en sá fiskveiðidauði sem gefur langtíma hámarksafurkastur (F_{msy}). Lægra veiðihlutfall og lægri $B_{trigger}$ leiddu til svipaðrar áhættu á að hrygningarstofn yrði minni en B_{lim} og meiri stöðugleika í afla.
4. Þegar dregið er úr veiðihlutfalli endast árgangar lengur í afla og nokkuð langur tími líður þar til endanleg stofnstærð liggur fyrir. Þorsstofninn hefur örugglega stækkað síðan 2009, en svo stuttur tími er liðinn að enn er töluverð óvissa á mati stofnsins 2009. Í prófunum á aflareglunni er gert ráð fyrir tímabilum með ofmati og vanmati. Við gætum núna verið í ofmatstímabili og ályktanir um hvað hefur gerst síðan aflareglan var samþykkt eru mjög háðar núverandi stofnmati.
5. Bæði Bandaríkjamenn og Matvæla og landbúnaðarstofnun SP (FAO) gera kröfur til að hrygningarstofn nái þeirri stærð sem gefur hámarksafurkastur (B_{msy}). Þegar það er gert er venjulegast að miða þessi gildi við hrygningarstofn-nýliðunarsamband byggt á öllum tiltækum gögnum sem myndi leiða til B_{msy} í á bilinu 500-600 þúsund tonn.

Að lokum skal þess getið að í viðauka D er gerð þjóðhagslegur ábati af veiðunum metinn, á svipað hátt og var gert í fyrri aflaregluvinnu. Hér er um mjög einfalda greiningu að ræða sem er eingöngu ætlað að gefa hugmynd um hagkvæmasta veiðihlutfall en alls ekki hver framtíðarhagnaður af veiðunum verður. Niðurstaðan er að hagkvæmasta veiðihlutfall liggur á bilinu 15-20%.

Viðauki A. Lýsing á aflaregluhermunum

Ef við þekkjum fjölda í stofninum í dag, ásamt nýliðun, meðalþyngd, kynþroskahlutfalli og veiðimynstri í framtíðinni getum við reiknað stofnstærð á hverjum tíma miðað við að aflinn sé tiltekið hlutfall af stofnstærð. Vandamálið er að við þekkjum ekki þessar stærðir, þannig að það verður að áætla þær út frá sögulegum gildum.

Forritið sem er notað við hermanirnar er hefðbundið stofnmatsforrit sem einnig er hægt að nýta í framreikningum. Fyrst er keyrt hefðbundið stofnmat, byggt á aflagögnum 1955-2013 og gögnum úr stofnmælingum. Úr þessu fæst mat á nýliðun, stíkar í hrygningarstofns-nýliðunarsambandi, veiðimynstur o.fl. Það er ekki bara líklegasta gildi stíkana sem fæst heldur einnig mat á óvissu þeirra og í lokin eru 2000 pör af stíkum geymd.

Hvert par af stíkum sem er vistað er grunnur að einni aflareglukeyrslu. Til viðbótar við óvissu í stíkunum bætist síðan breytileiki í þyngdum og stofnmatskekkja, en mat á stærð viðmiðunarstofns verður í framtíðinni sem hingað til háð óvissu.

Stofnmatskekkja

Þegar aflamark næsta fiskveiðiárs er ákvarðað þá er byggt á mati á viðmiðunarstofnstærð í upphafi ársins þegar stofnmatið er framkvæmt. Stofnmat á hverjum tíma er hinsvegar háð nokkurri óvissu sem endurspeglast í því að mat ákveðins árs breytist þegar síðari viðbótarmælingar um hvern árgang, bæði úr stofnmælingum en ekki síst úr afla, liggja fyrir.

Til nánari útskýringar má nefna að við mat á fjölda fjögurra ára fiska á hverjum tíma (mat á þeim fjölda vegur mikið í viðmiðunarstofni, B_{4+}) liggja fyrir fjórar rallmælingar (eins til fjögurra ára) og ein mæling á fjölda í afla (þriggja ára) á því ári sem taka þarf ákvörðun um aflamark næsta árs. Í framhaldinu bætast við viðbótarmælingar á þessum árgangi. Til dæmis, í stofnmati fjórum árum síðar, þegar umræddur árgangur er orðinn 8 ára þá liggja fyrir samtals átta rallmælingar og fimm mælingar á fjölda úr afla. Þar sem stofnmatið byggir fyrst og fremst á því að fylgja eftir þróun í hverjum árgangi, byggt bæði á mælingum í ralli og úr afla þá leiða þessar síðari viðbótarmælingar til þess að fjöldinn þegar fiskurinn var fjögurra ára er endurmetinn. Þetta síðara mat er talið áreiðanlegra en fyrra mat þar sem mælingar eru fleiri. Það er svo ekki fyrir en árgangur hefur gengið að fullu í gegnum veiði sem fyrir liggur líklegasta mat á fjölda fiska sem standa þurftu undir veiðinni.

Ofangreint er ástæða þess að fyrsta mat á viðmiðunarstofni (B_{4+}) á hverjum tíma breytist nokkuð í stofnmati sem gert er næstu ár á eftir. Þannig var t.d. viðmiðunarstofninn árið 2008 sem lá til grundvallar ákvörðun um hámarksafla fyrir fiskveiðiárið 2008/2009 metinn 590 þúsund tonn á því ári. Án sveiflujöfnunar í 20% aflareglu þá hefði sú stærð þýtt að aflamark næsta árs ætti að takmarkast við: $TAC = 0.20 \times 590.000$ tonn = 118.000 tonn. Samkvæmt síðasta stofnmati (árið 2014) er hinsvegar stærð viðmiðunarstofnsins árið 2008 metin 704 þúsund tonn. Með réttu hefði því, eftir á að hyggja, aflamarkið átt að vera 141 þúsund tonn ($TAC = 0.20 \times 704.000 = 141.000$ tonn). Mismunurinn á fyrsta mati á viðmiðunarstofni (590 þúsund tonn) og númati (704 þúsund tonn) þýðir að matið árið 2008 var 82% af stærð stofnsins eins og hann er metinn nú. Þetta er það sem kallað er stofnmatskekkja.

Söguleg stofnmatskekkja frá árinu 1973 til 2010 er sýnd á mynd 3. Meðalskekkjan er 4.5% yfir allt tímabilið, en 7% eftir 1990. Mesta vanmat átti sér stað árið 1978 en mesta ofmat árið 1999. Staðalfrávikhið er um 0.14 og metin sjálffylgni er 0.58. Með sjálffylgni er átt við að stofnmatið er nokkur ár í röð annaðhvort vanmat eða ofmat.

Stofnmatskekkja framtíðarinnar er metin út frá ofangreindum sögulegum gögnum (mynd 3) og notuð í framreikningum með eftirfarandi hætti:

- Stofnstærð í fjölda í hverjum aldursflokki er "keyrð áfram" sem þekkt stærð eitt ár fram í tímann
- Á hverju ári er viðmiðunarstofnstærðin reiknuð sem margfeldissumma af fjölda fiska fjögurra ára og eldri og meðalafþyngdum eftir aldri (afþyngdir árið sem stofnmatið er framkvæmt eru áætlaðar út frá rallþyngdum þess árs).
- Við ákvörðun á aflamarki næsta fiskveiðiárs er ofangreind stærð á viðmiðunarstofni margfölduð með stofnmatskekkju þess árs. Sú stærð, sem kalla má metna stofnstærð, er síðan notuð til að reikna aflamark næsta fiskveiðiárs miðað við aflaregluna sem verið er að prófa.
- Aflamarkið sem þannig er ákvarðað er síðan notað til þess að reikna raunstofninn áfram til næsta árs.

Sem dæmi má taka (til einföldunar er ekki tekið tillit aflamarks yfirstandandi árs):

- Raunstofnstærð á einhverju framtíðarári er 1200 þúsund tonn.
- Stofninn er vanmetinn um 15%
- Stofnstærðin sem aflamarkið er byggt á er því:

$$0.85 \times 1200\,000 = 1\,020\,000 \text{ tonn}$$

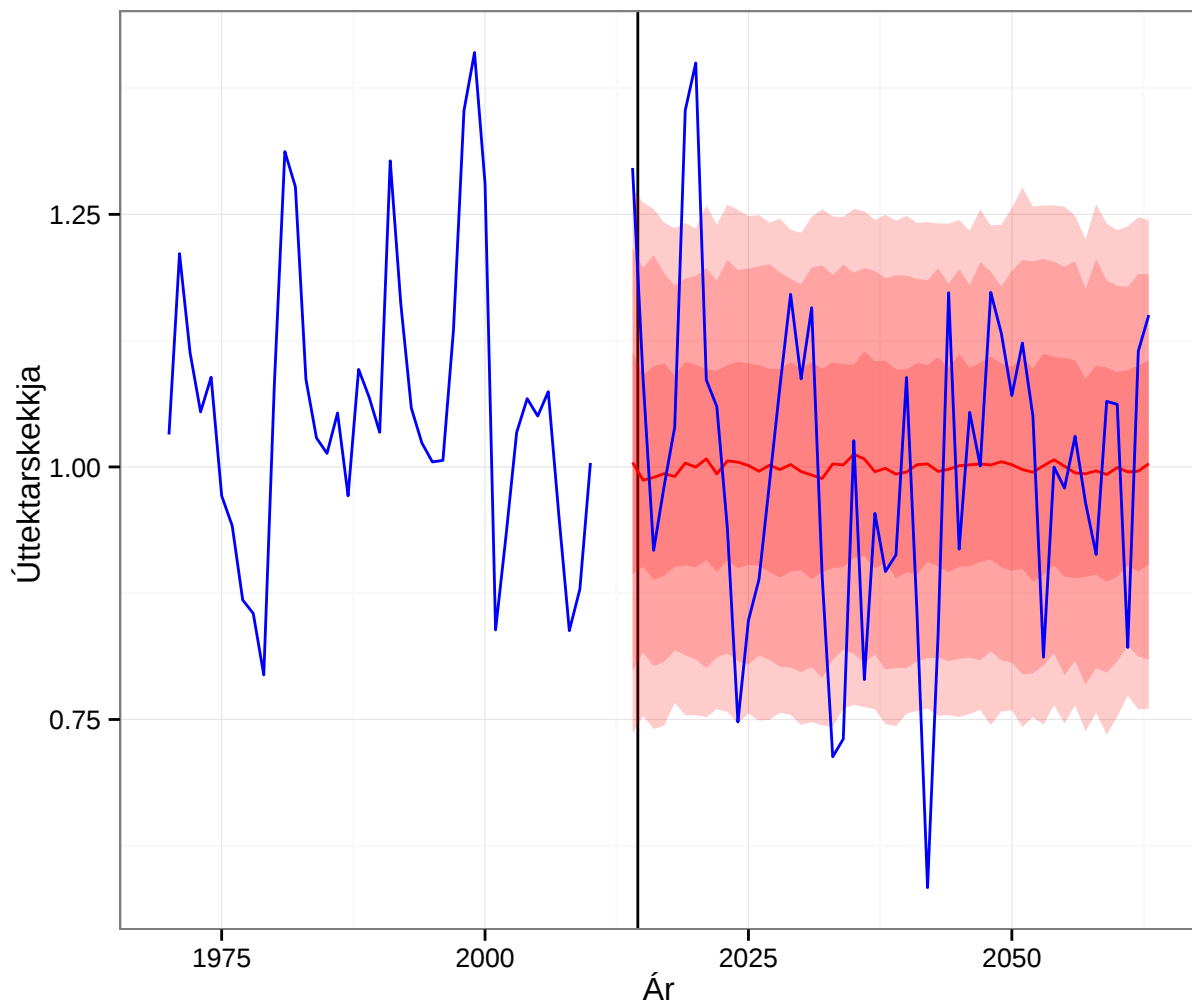
- Aflamarkið, ef til dæmis væri verið að skoða 20% aflareglu er því:

$$TAC = 0.20 \times 1020\,000 = 204\,000 \text{ tonn}$$

- Þessi afli er síðan umreiknaður í fjölda fiska og dreginn frá stofninum.

Í ofangreindu tilviki, þar sem stofninn er vanmetinn á því ári sem ákvörðun um aflamark er tekin, verður raunverulegt veiðihlutfall 17% ($\frac{204kt}{1200kt} \times 100$). Þar sem minna er tekið úr stofninum en stefnt var að, þýðir þetta að fjöldi fiska sem eftir lifa verður meiri en ella. Þessi (meiri) fjöldi er grunnur að stofnstærð næsta árs, til viðbótar við nýliðun sem bætist í stofninn á því ári. Og svo koll af kolli. Að sama skapi, mun ofmat á stofninum leiða til þess að gefið er út of hátt aflamark og skila sér í færri eftirlifandi fiskum en ætlunin var á næsta ári.

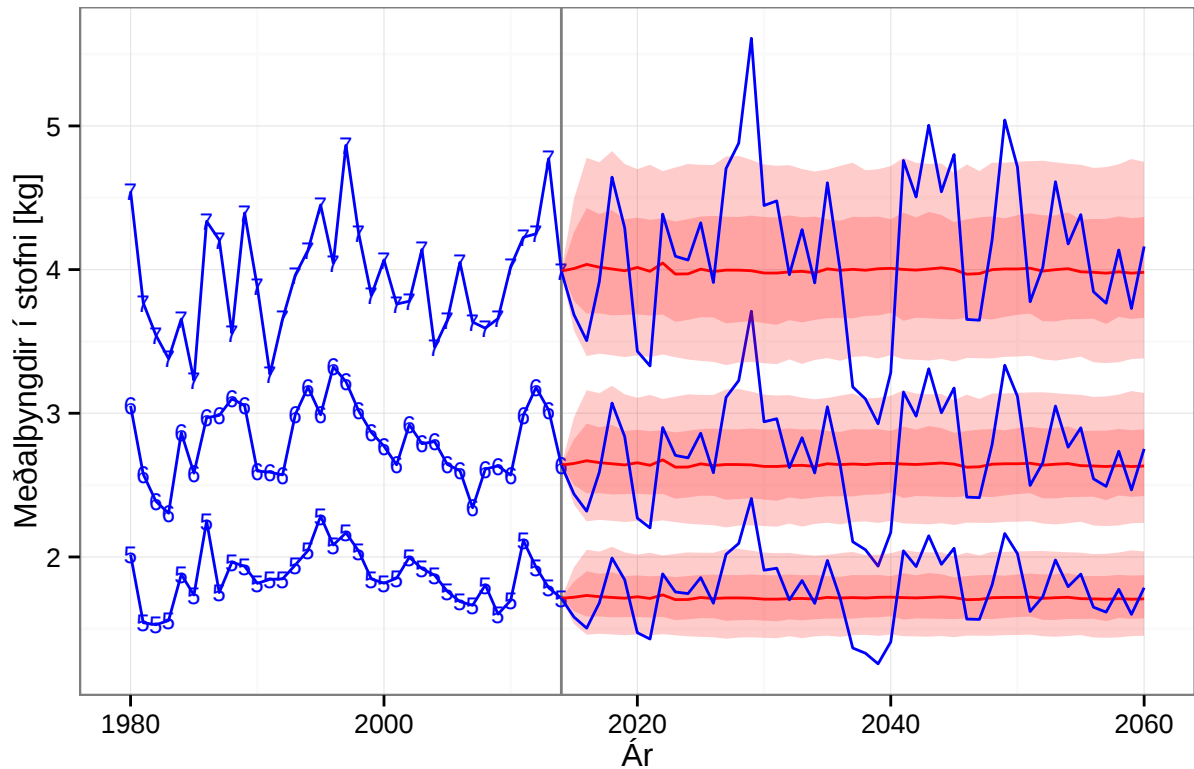
Í framreikningunum er ekki gert ráð fyrir að kerfisbundin söguleg bjartsýni fiskifræðinga muni halda í framtíðinni. En ef slíkt kerfisbundið ofmat heldur áfram er það ígildi þess að veiðihlutfallið sé að öllu jöfnu 7% hærra en stefnt er að. Þetta svarar til þess að ákvörðun um aflamark byggji að meðaltali á 21.5% veiðihlutfalli þegar veiðireglan sem notuð er til grundvallar er 20%.



Mynd 3: Söguleg stofnmatsskekkja (blá þykk lína). Meðaltal gilda í framtíðinni er sýnt sem þykk rauð lína en skyggðu svæðin tákna 50%, 80% og 90% gilda. Bláa línan sýnir dæmi af einum stofnmatskekkjuferli framtíðarinnar. Ef að stofnmatskekkjan er engin ákveðið ár jafngildir það því að stofnmatskekkjan sé 1.00. Ef gildið er 1.20 þýðir það að 20% ofmat það ár og samsvarandi þýðir gildið 0.80 20% vanmat það ár.

Þyngdir í afla

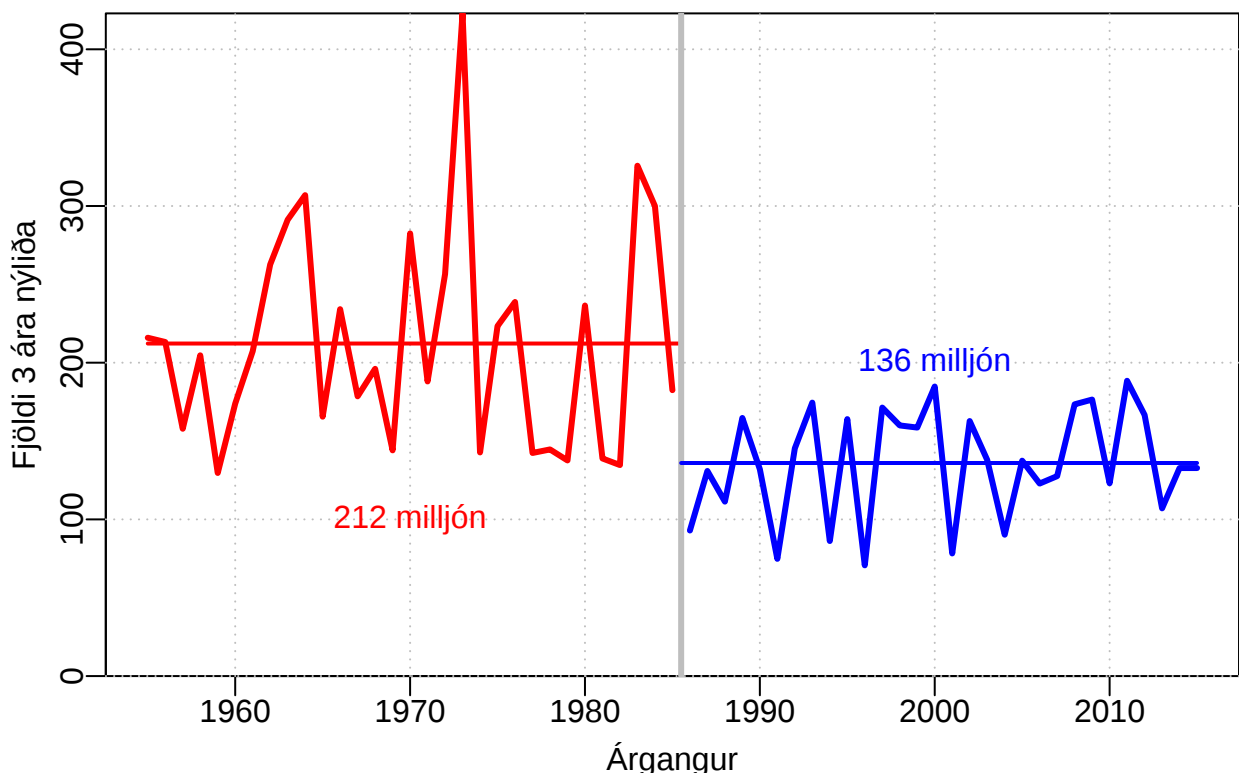
Breytileiki í þyngdum er metinn út frá sögulegum gögnum, bæði staðalfrávik og sjálffylgni (mynd 4). Sama margfaldara er beitt á alla aldursflokka hvert ár í hverri einstakri keyrslu, en það hefur verið nokkuð góð nálgun fyrir íslenskan þorsk þar sem flestir aldursflokkar sem eru í veiði virðast upplifa svipuð fæðuskilyrði.



Mynd 4: Söguleg dreifing meðalþyngdar 5, 6 og 7 ára í stofni. Þykka rauða línan sýnir meðalgildi og skyggðu svæðin 50%, 80% og 90% gilda í framtíðinni. Einnig er sýndur einn ferill á framtíðargildum.

Nýliðun

Nýliðun í þorski má skipta í tvö tímabil, fyrir og eftir árganginn frá 1985 (mynd 5), þar sem nýliðun eftir 1985 er að meðaltali 40% lægri en tímabilið 1955-1984.

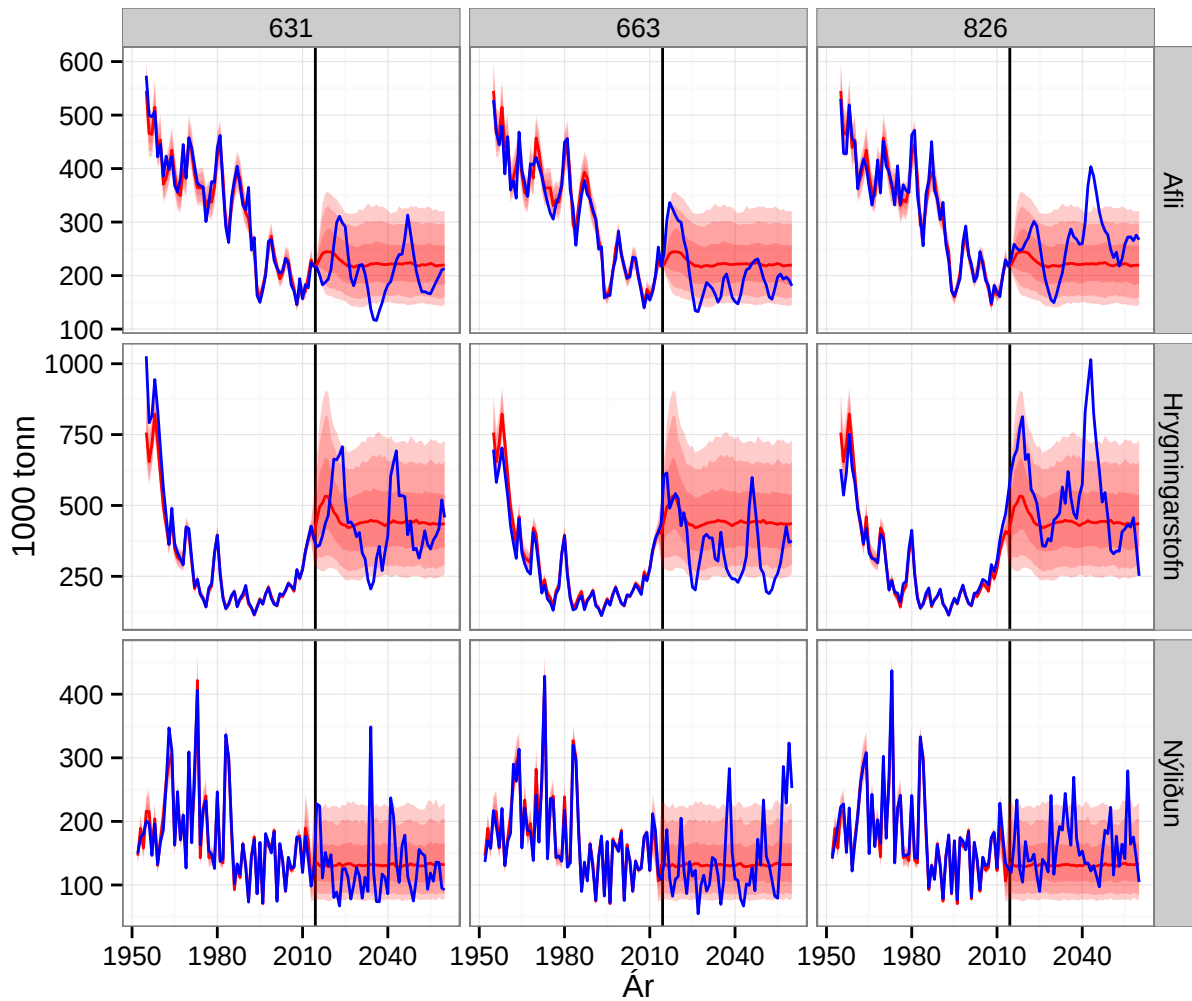


Mynd 5: Nýliðun þorsks fyrir og eftir 1985, meðalnýliðun á hvoru tímabili er sýnd.

The scatter plot displays the relationship between fertilizer amount (x-axis) and fish yield (y-axis). The x-axis ranges from 0 to 1000, and the y-axis ranges from 0 to 400. A green regression line shows a positive correlation. A grey vertical line is drawn at x=225, and a grey horizontal line is drawn at y=175. Data points are labeled with numbers and colored red or blue. Red points are generally higher on the y-axis, while blue points are generally lower. The regression line starts at (0,0) and ends at approximately (950, 140).

Dæmi um einstaka ferla úr hermunum eru sýnd á mynd 7. Stofnstærð og afli sveiflast mjög mikið í einstökum ferlum, mest vegna breytilegrar nýliðunar. Til að meta áhrif af mismunandi veiðihlutfalli og formi á aflareglu þá eru gerðar samantektir úr öllum ferlunum. Samantektirnar sýna miðgildi, 5, 10, 25, 75 90 og 95% gildi. Með 5%

gildi er átt við það gildi sem 5% ferlanna eru undir á hverju ári. Fyrir hvern einstakan feril er einnig reiknaður breytileiki milli ára og yfir lengri tíma. Eins og sést á mynd 7 breytast samantektirnar (það er meðaltal og frávik) frekar lítið eftir fyrstu 15-20 árin.

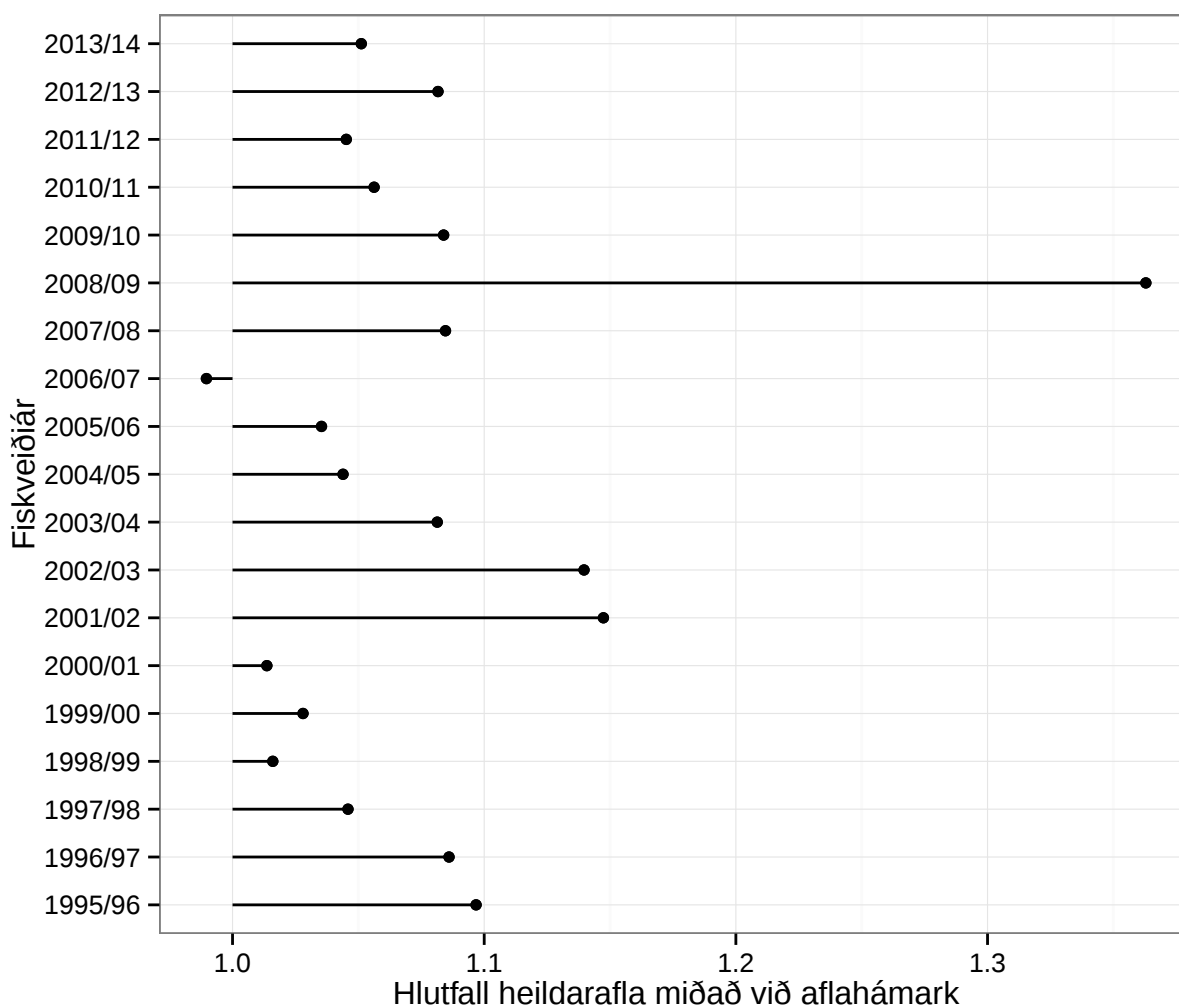


Mynd 7: Samantektir á nýliðun, afla og hrygningarstofni miðað við að veitt verði með 20% veiðihlutfalli. Dökkrauða línan sýnir meðaltal og skyggðu svæðin 50%, 80% og 90% gilda. Að auki sjást 3 einstakir ferlar.

Framkvæmd aflareglu

Stjórnvöld byggðu ákvörðun um hámarksaflamark á aflareglu í fyrsta sinn fyrir fiskveiðiárið 1995/96. Í flestum árum hefur afli hinsvegar verið meiri en sem nemur þessu hámarki (mynd 8) eða að jafnaði um 7.8%. Ástæður þessa má fyrst og fremst rekja til þess að við úthlutun ráðuneytis hefur sá hluti af hámarksaflamarkinu sem "tekinn er frá" áður en úthlutað er á aflamarksskip verið kerfisbundið vanáætlaður.

Í hermununum er ekki gert ráð fyrir að afli haldi áfram að vera kerfisbundið yfir því sem gert er ráð fyrir í aflareglu. En samantlagt leiða kerfisbundin skekkja í framkvæmd og í stofnmati (sem ekki er heldur tekið tillit til) til að þegar er verið að skoða áhrif 20% aflareglu ætti að skoða niðurstöður úr hermunum fyrir 22.5% aflareglu. Tilfærslur á aflamarki milli ára hafa hins vegar hverfandi áhrif á niðurstöður svo lengi sem þær eru að meðaltali núll.



Mynd 8: Hlutfall heildarafla miðað við hámarksafla samkvæmt aflareglu hvers tíma.

Viðmiðunarmörk

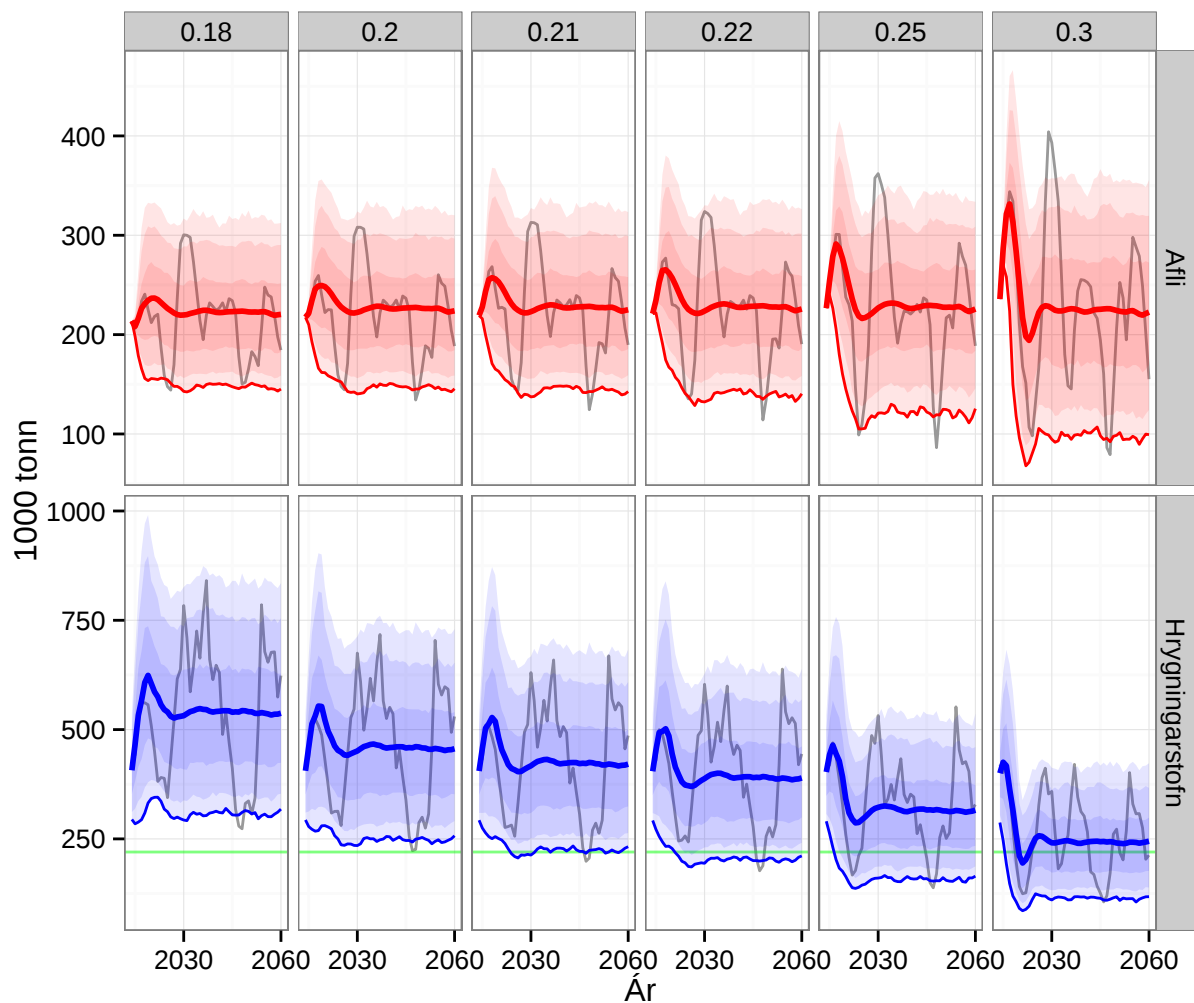
Í tengslum við mat á aflareglunni árið 2009 var unnið að skilgreiningu á formlegum viðmiðunarmörkum þar sem slík mörk þykja nauðsynleg vegna ýmissar vottunar á veiðum og vinnslu. Formleg skilgreining Alþjóðahaf-rannsóknarráðsins á B_{lim} (hættumörk) er sú stærð hrygningarstofns þar sem nýliðun virðist minnka. Miðað við skilgreiningu Alþjóðahaf-rannsóknarráðsins ætti því að skilgreina B_{lim} við rúmlega 200 þúsund tonna hrygning-arstofn. Þar sem ekki var hægt að útiloka að ástæður fyrir 40% minni nýliðun eftir 1985 (mynd 5) væru vegna annarra þátta en lítils hrygningarstofns var B_{lim} skilgreint sem lægsta sögulega gildi á hrygningarstofninum og $B_{trigger}$ í aflareglunni sett við 220 þúsund tonn (mynd 6).

Niðurstöður

Samantekt á áhrifum veiðihlutfalls á bilinu 0.18 til 0.30 á afla (mynd 9) sýna að þegar horft er til lengri tíma þá helst meðalafli nokkuð svipaður óháð veiðihlutfallinu, en breytileikinn í afla eykst eftir því sem veiðihlutfallið er hækkað. Hækkað veiðihlutfall leiðir hinsvegar til þess að stofninn verður að öllu jöfnu minni og líkur aukast á því að hrygningarstofninn fari undir 220 þúsund tonn. Til skemmri tíma litið er vissulega mikill ávinningur hvað varðar afla af því auka veiðihlutfallið frá því sem nú er. Sá ávinningur skapast hinsvegar fyrst og fremst af því að gengið er á höfuðstólinn.

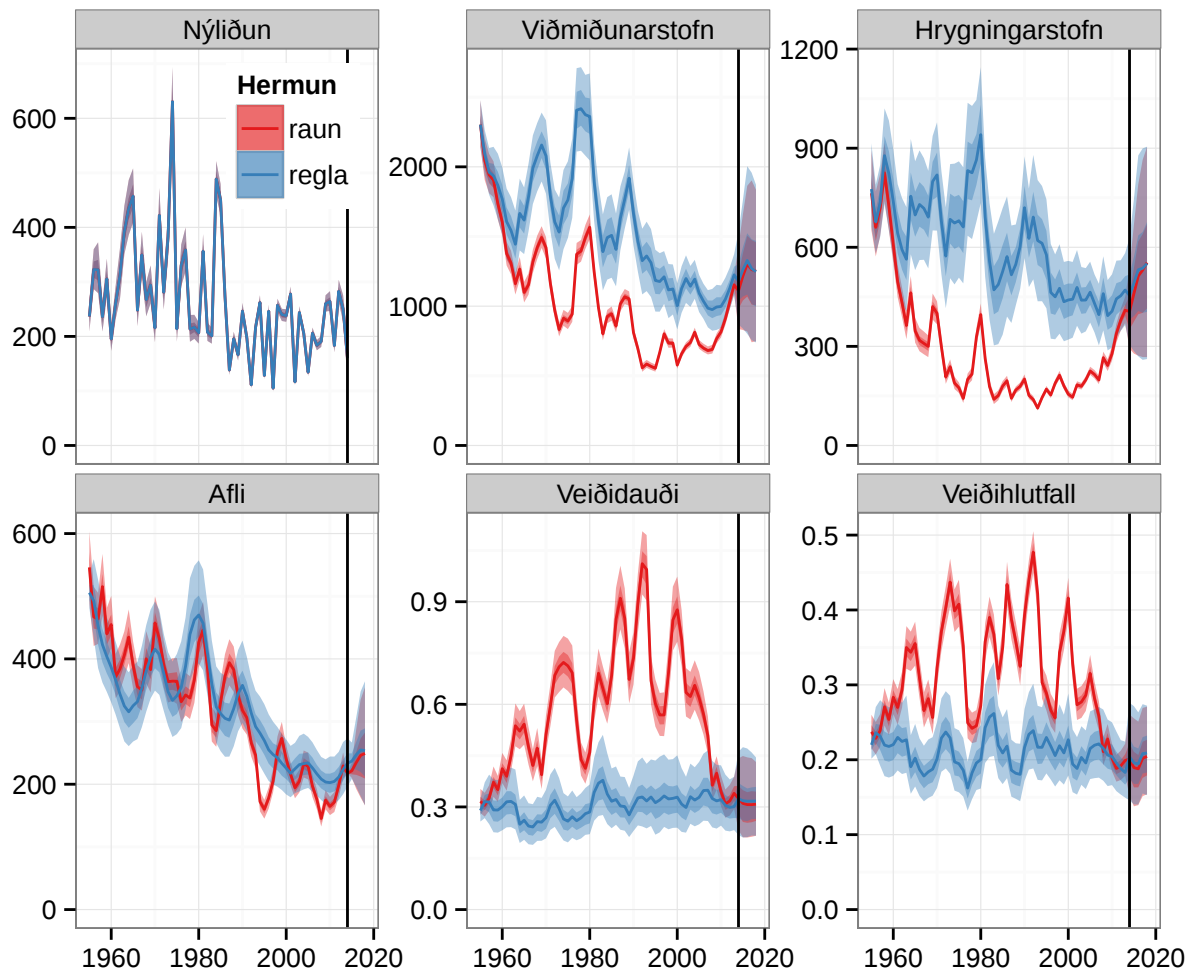
Rétt er að ítreka að þó að samantektartölfræði eins og miðgildi eða 90% dreifing á öllum hermunum gefi tilefni til væntinga um mikinn stöðugleika í stofni og afla þá er slíkt ekki raunin ef horft er til einstakra ferla í hermunum (myndir 7 og 9).

Mynd 9 er sambærileg við það sem sýnt er í mynd 1 nema í síðarnefnda tilvikinu er einungis sýnd samantekt fyrir 10 síðustu árin fyrir meðaltalið og 5% gildið, þar sem veiðihlutfallið er á lárétta ásum í stað tíma.



Mynd 9: Samantekt á afla og hrygningarstofni miðað við mismunandi veiðihlutfall. Þykka línan sýnir meðaltal og þunna bláa línan sýnir 5% gilda. Skyggð svæði sýna 50%, 80% og 90% gilda. Að auki sést einn stakur ferill (gráar línur). 220 þúsund tonna hrygningarstofn (gátmörk) er dregin sem lárétt græn lína.

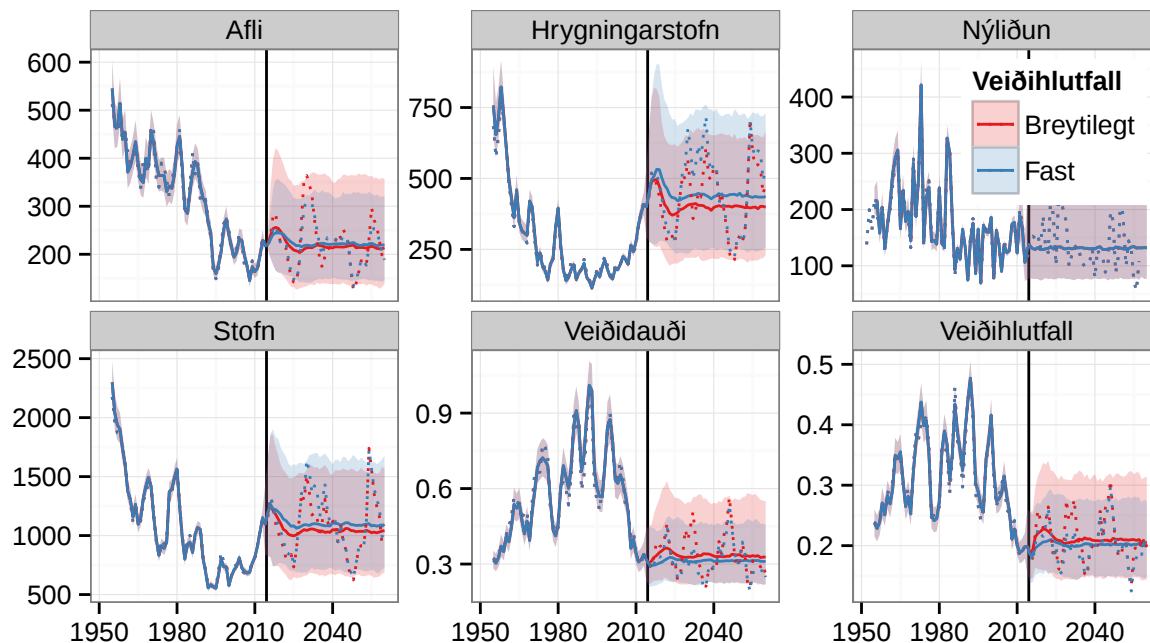
Í samráðsferli kom fram ósk um að þróun í sögulegum afla og stofni yrði sýnd ef 20% aflareglu hefði verið fylgt frá upphafi (1955). Í hermuninni sem sett var upp til að lýsa þessu var notuð metin nýliðun samkvæmt núverandi stofnmati. Fram kemur að stofninn, sérstaklega hrygningarstofninn, hefði að öllu jöfnu ekki minnkað eins mikið og raun varð á (mynd 10) þar sem veiðihlutfall hefði yfirleitt verið lægra. Þróun í afla sýnir að fram á miðjan 8. áratuginn hefði afli verið ívið minni ef 20% aflareglu hefði verið fylgt. Þetta ræðst af því að á þessum tíma var hluti aflans byggður á því að gengið var á höfuðstólinn, eins og fram kemur í þróun hrygningarstofnsins. Þannig var hrygningarstofninn kominn í rúm 150 þúsund tonn á miðjum 8. áratugnum, en hefði verið verið tvöfalt-þrefalt stærri ef aflareglu hefði verið fylgt. Á síðari áratugum hefði afli ekki fallið jafn mikið og raun varð á ef aflareglu hefði verið fylgt frá upphafi. Sveiflur í afla hefðu einnig orðið umtalsvert minni. Rétt er að ítreka að ofangreind þróun byggir á sömu nýliðun og nú er metin. Að öllu jöfnu má ætla að með stærri hrygningarstofni hefði nýliðun orðið betri og afli því meiri en hér kemur fram.



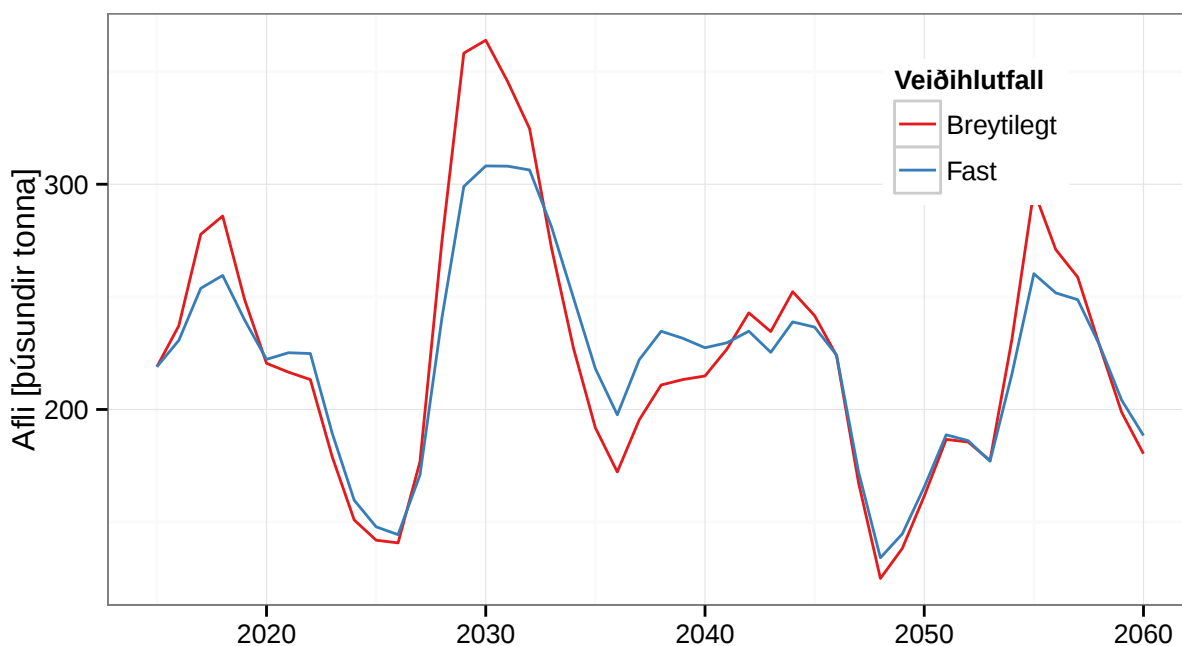
Mynd 10: Samanburður á sögulegri þróun stofns og afla miðað við metinn afla frá 1955 (rauður litur) og ef 20% aflareglu hefði verið notuð frá 1955 (blár litur). Þykku línurnar sýna meðalgildi og skyggðu svæðin 50% og 90% gilda.

Breytilegt veiðihlutfall

Samanburður á þróun stofns þar sem veiðihlutfallið er fasti (0.20) og ef að það er haft breytilegt (mynd 11) sýnir að veiði- og hrygningarstofn verður að öllu jöfnu minni þegar veiðihlutfallið er breytilegt. Einnig fjölgar tilfellum þar sem raunverulegt veiðihlutfall verður hærri en 0.25. Þetta skilar sér í því að aflinn verður mun breytilegri og tilvikum með lágum afla fjölgar (mynd 12 og samanber niðurstöður í töflu 1).



Mynd 11: Samanburður á þróun stofns og afla (miðgildi og 90% gilda) miðað við fast (blár litur) eða hækkandi veiðihlutfalls (rauður litur) og einn stakan feril (brotalínur).



Mynd 12: Samanburður á þróun afla miðað við fast (blár litur) eða hækkandi veiðihlutfalls (rauður litur) fyrir stakan feril.

Viðauki B. Samantekt á fyrri aflaregluvinnu og reynslu af henni

Á árunum eftir 1990 kom alvarlegt ástand þorsstofnsins vegna ofveiði í ljós. Tveir stórir árgangar frá 1983 og 1984 voru veiddir upp áður en þeir náðu að verða kynþroska. Árið 1992 birti Hafrannsóknastofnunin mjög dökka mynd af ástandi stofnsins og í framhaldi af því var enski fiskifræðingurinn John Pope fenginn til að fara yfir vinnu Hafrannsóknastofnunarinnar.

Langtímanefnd 1993

Á árinu 1993 skipaði sjávarútvegsráðherra nefnd sem yfirleitt gekk undir nafninu langtímanefnd og átti að skila tillögum að nýtingu íslenska þorsstofnsins. Í nefndinni voru bæði fiskifræðingar og hagfræðingar. Nefndin skilaði niðurstöðum í maí 1994 [4], byggðum á hermílíkani sem var tvískipt, það er fiskifræðilíkan og hagfræðilíkan.

Fiskifræðilíkanið var fjölstofnalíkan þar sem tekið var tillit til afráns þorsks á loðnu og rækju. Líkanið var að mörgu leyti svipað og þau líkөн sem eru notuð í dag, nema stíkar líkansins voru ekki metnir beint í líkaninu heldur áætlaðir þannig að þeir féllu sæmilega að fyrirliggjandi gögnum. Einnig var skautað frekar létt yfir ýmsa skekkjuliði miðað við það sem er gert í dag. Vinna við aflaregluna fór fram á árunum 1992-1993 þegar ekki var augljóst að nýliðun hafði "minnkað til frambúðar". Því var gert ráð fyrir að hún myndi fara í fyrra horf þegar hrygningarstofn stækkaði.

Ekki var gert ráð fyrir breytileika í þyngdum, en gert var ráð fyrir að meðalþyngdir færu að lækka ef hrygningarstofn næði 500 þúsund tonn. Aflareglur sem voru prófaðar voru svipaðar þeirri sem er í gildi í dag nema mikil áhersla var lögð á að aflinn færi aldrei niður fyrir ákveðið lágmark. Þetta er auðvitað á skjön við það sem er krafist í dag þegar veiðihlutfallið lækkar ef stofninn fer niður fyrir gátmörk og niðurstaðan 1994 var að of hár lágmarksafl gat leitt til stofnhruns.

Í vinnunni 1994 var verið að horfa á afla úr 3 misverðmætum tegundum og var því ekki hægt að hámarka heildarafla. Var horft á heildarverðmæti og hagkvæmasta veiðihlutfall var ákvarðað sem það sem hámarkaði núvirði hagnaðar af veiðunum miðað við 5% ávöxtunarkröfu. Niðurstaðan var að sá hrygningarstofn þorsks sem hámarkaði hagnað af veiðunum var um 700 þúsund tonn og meðalaflinn yrði um 350 þúsund tonn. Þetta eru töluvert hærri gildi en menn fá í dag enda var gert ráð fyrir 40% meiri nýliðun en í dag (mynd 5).

Upphaflega ætlaði langtímanefndin að leggja til aflareglu þar sem afli væri ákveðið hlutfall af hrygningarstofni. Breytilegt kynþroskahlutfall, sem getur að hluta verið mæliskekkja, veldur breytileika í metinni stærð hrygningarstofns. Var því ákveðið að byggja aflaregluna á "veiðistofni" (kallaður viðmiðunarstofn í dag) sem er fjöldi 4 ára og eldri þorska í stofni í upphafi úttektarárs margfaldað með þyngdum í afla. Í skýrslunni 1994 er bent á að þar sem veiðistofn er byggður á yngri fiski er hann hlutfallslega stærri en hrygningarstofn þegar veiðidauði er hár.

Niðurstöður 1994 nefndarinnar voru að mæla með aflareglu sem segir að afli næsta fiskveiðiárs sé meðaltal aflamarks síðasta fiskveiðiárs og 22% af viðmiðunarstofni í upphafi úttektarárs. Endanleg aflaregla sem tekin var upp af stjórnvöldum var hins vegar 25% af meðaltali viðmiðunarstofns í upphafi úttektarárs og upphafi ráðgjafarárs, auk þess sem lágmarksaflinn var 150 þús. tonn. Breytingin á forminu var slæm (Viðauki C), auk þess sem veiðihlutfallið var hækkað um 15% frá því sem nefndin mælti með.

Langtímanefndin vann töluvert frumkvöðlastarf á sínum tíma, en notkun slembihermana til prófana á aflareglum var rétt að byrja á þessum tíma. Niðurstöðurnar standast nokkuð vel tímans tönn, það eru helst forsendur um nýliðun sem eru öðruvísi í dag, en á árunum 1992-1993 blasti ekki við að nýliðun hafði minnkað til frambúðar eftir 1985. Þegar nefndin skilaði tillögum sínum fólu þær í sér mikinn niðurskurð á afla eftir langt tímabil ofveiði. Í því ljósi verður að horfa á hluti eins og lágmarksafla sem ekki þætti við hæfi í dag og nefndarmönnum var án efa ljós hættan sem fylgdi lágmarksafla.

Á fyrstu árum eftir að aflareglan tók gildi var afli alltaf nokkuð umfram aflamark, en engu að síður var um að ræða verulegan samdrátt í sókn miðað við árin á undan. Fljótlega fóru aflabrögð að batna, bæði í stofnmælingu og hjá fiskiskipum. Þetta hafði áhrif á stofnmatið. Vöxtur stofnsins var metinn mun meiri en gert hafði verið ráð fyrir þegar aflareglan tók gildi og aflamark fyrir fiskveiðiárið 1999/2000 var um 250 þúsund tonn. Í stofnmati ársins 2000 kom í ljós að töluvert ofmat hafði verið í gangi og samkvæmt aflareglu átti aflamark ársins 2000/2001 að vera 190 þúsund tonn. Þetta var talið óásættanlegt og sú breyting gerð á aflareglunni að breytingar í afla á milli ára gætu ekki verið meiri en 30 þúsund tonn. Sú útgáfa aflareglunnar var í gildi til ársins 2006 þegar breytt var yfir í það form sem er í dag, en veiðihlutfallið var áfram 25%.

Margt er hægt að læra af því sem gerðist á árunum 1995-2001, en stofnmat Hafrannsóknastofnunarinnar var skoðað mjög vel sumarið 2000 af nefnd undir forystu John Pope.

- Afli á sóknareiningu virðist aukast mjög fljótt eftir að dregið er úr veiði, mun hraðar en stofnstærðin, það er að með lægri veiðidauða eru aflabrögð betri þó stofninn sé jafnstór. Þessi aukning kemur einnig fram í stofnmælingum. Í stofnmati getur verið nokkuð erfitt að verjast þessu, en besta lausnin er að vera með frekar íhaldssama aflareglu enda er þetta vandamál vísbending um að lágt veiðihlutfall minnki kostnað við veiðar verulega.

- Ákveðið uppnám verður þegar aflaregla kveður á um mikinn samdrátt í afla. Lægra veiðihlutfall eykur stöðugleika og dregur úr vandamálinu.

Langtímanefnd 2002

Á árinu 2002 skipaði sjávarútvegsráðherra aðra "langtímanefnd" sem skilaði skýrslu árið 2004 [5]. Nefndin var eins og sú fyrri bæði skipuð hagfræðingum og fiskifræðingum. Þar sem nefndin frá 1994 hafði komist að því að það að taka loðnu og rækju með hafði lítil áhrif á mat á hagkvæmasta veiðihlutfalli, var aðeins horft á eins stofns þorsklíkans. Árið 2003 hafði nýliðun verið lítil í rúm 15 ár og var bæði athugað hagkvæmasta veiðihlutfall miðað við að nýliðun yrði til frambúðar eins og hún hafði verið síðan 1985 og að hún myndi ná fyrri hæðum. Í fyrra tilfellinu var hagkvæmasta veiðihlutfall 18-21%, en 20-23% í því síðara.

Ein af niðurstöðum nefndarinnar var að forsendur um framtíðarnýliðun hefðu frekar lítil áhrif á hagkvæmasta veiðihlutfall þó aflinn væri mjög mismunandi.

Vinna innan Hafrannsóknastofnunar 2009

Í framhaldi af vinnu nefndarinnar lagði Hafrannsóknastofnunin til að veiðihlutfall í aflareglu yrði lækkað. Vorið 2007 ákvað ríkisstjórnin að aflamark fiskveiðiárið 2007/2008 yrði 20% af viðmiðunarstofni, en eftir það meðaltal af aflamarki síðasta fiskveiðiárs og 20% af viðmiðunarstofni. Aflamark fiskveiðiársins 2007/2008 var samkvæmt þessu 130 þús. tonn og aflinn 141 þús. tonn.

Á árunum eftir 2007 komu kröfur um að aflareglur leiddu til langtíma hámarksafraksturs og væru í samræmi við varúðarsjónarmið. Því var lögð mikil áhersla á að fá aflaregluna fyrir íslenska þorskinn vottaða en til þess þurfti meðal annars að skilgreina hættumörk (B_{lim}) og gátmörk aflareglu ($B_{trigger}$). Í framhaldi af vinnu innan Hafrannsóknastofnunar (sjá m.a. mynd 13) og skýrslugerðar var aflareglan formlega vottuð af Alþjóða hafrannsóknaráðinu haustið 2009. [3] Þar var m.a. tekið tillit til þess að stofninn hafði að meðaltali verið ofmetinn um 10% árin á undan, en hins vegar var ekki tekið tillit til að afli hafði kerfisbundið verið umfram aflamark.

Endanlegt svar ICES til sjávarútvegsráðuneytisins barst í bréfi frá 20. janúar 2010 (http://www.anr.is/media/frettir/Icelandic_cod_management_20plan.pdf). Þar segir m.a.

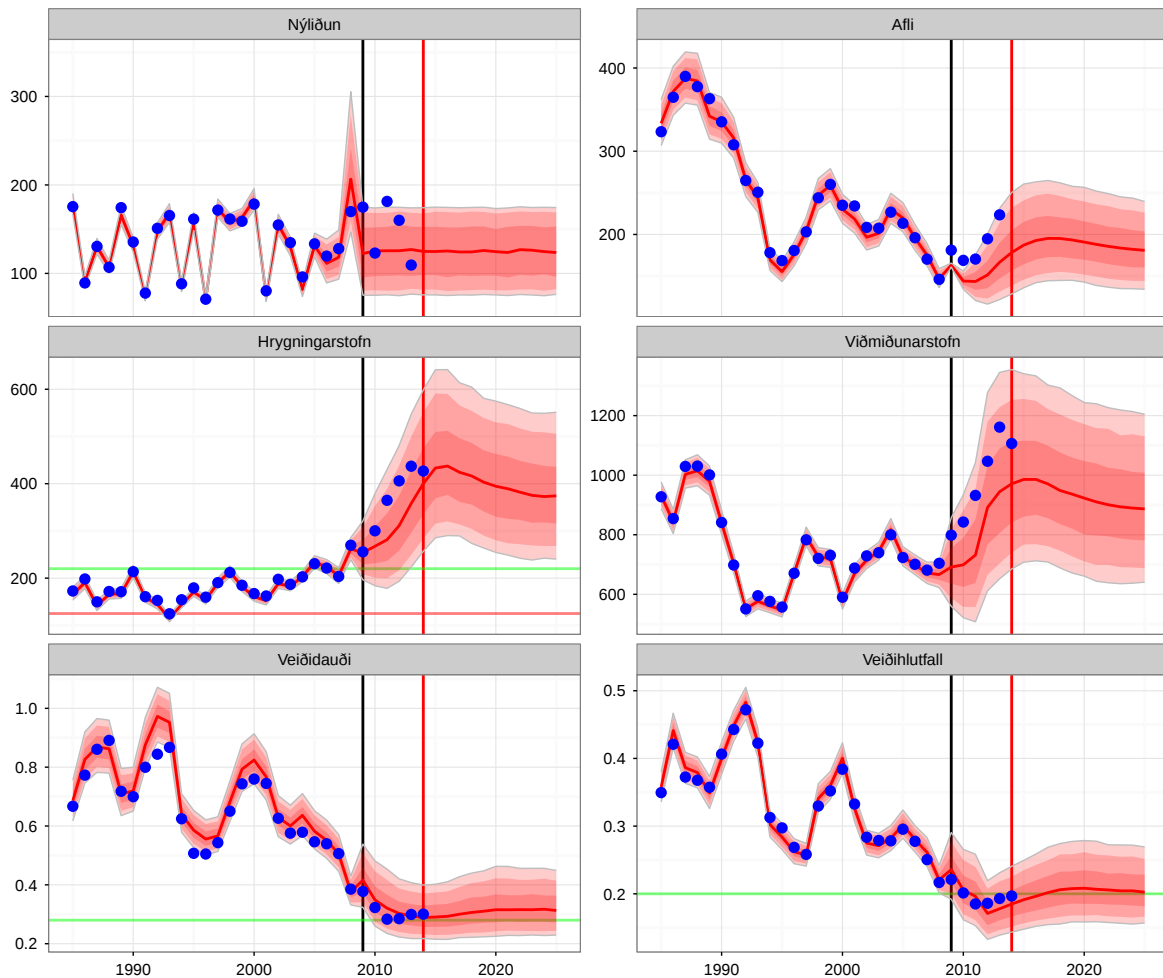
"ICES advises that the management plan has a high probability of resulting in an increase in the size of spawning stock from the current estimated level by 2015 and beyond. In addition, the plan is consistent with the precautionary approach (low probability of the stock declining to a level where future productivity of the stock may be impaired) and the medium-term projected fishing mortality is consistent with international commitments to achieve maximum sustainable yield (high long-term average yield, $F_{max} = 0.3$)."

Í svarinu kemur fram að það sem ráðuneytið bað um, það er að það væru meiri en 95% líkur á að hrygningarstofninn árið 2015 væri umfram 220 þúsund tonn, skilgreind gátmörk í aflareglu. Þar kemur einnig fram að aflareglan uppfyllir varúðarsjónarmið og mun leiða til langtíma hámarksafraksturs.

Þróunin síðan 2009

Í hermunum sem gerðar voru árið 2009 var búist við að stofninn myndi stækka umtalsvert fram til 2015 (mynd 13). Miðað við stofnmatið 2014 þá stækkaði hrygningarstofninn heldur hraðar en búist var við t.d. út frá vísbendingum um stærð árganganna við tveggja ára aldur sem lágu fyrir árið 2009. Að hluta til er þetta vegna þess að stofnmatið í dag er byggt á því að nota bæði vorrallið og haustrallið, en haustrallið hefur undanfarin ár leitt til heldur herra mats á stærð stofnsins borið saman við vorrallið. Önnur atriði eru hækkingar meðalþyngdir á undanförunum árum og þeir fáu árgangar sem eru þekktir að stærð sem hafa bæst við síðan 2009 hafa verið aðeins stærri en gert var ráð fyrir. Staðan í dag er þó innan þeirra marka sem gert var ráð fyrir að yrði þróunin við yfirferð á aflareglunni árið 2009.

Þróun í stofnstærð síðustu ár endurspeglast í bættum aflabroðum og auknu magni af stórum, eldri fiski, allt eðlilegir fylgiskar minnkandi sóknar. Að sumu leyti minnir ástandið nú á árin 1997-1999 þegar stofninn var ofmetinn, hvort sem svo er eða ekki. Miklu skiptir þó, að nú er veiðihlutfallið í aflareglunni mun lægra en 1997-1998 þannig að áhrif hugsanlegs ofmats verða ekki eins mikil. Formið á aflareglunni, sem tekur einnig tillit til aflamarks síðasta árs hefur leitt til að aflamark hefur verið lægra en 20% af viðmiðunarstofni undanfarin ár. Það mun hins vegar breytast þegar stofninn fer minnkandi, þá leiðir sveiflufjöfnunin til herra veiðihlutfalls en 0.2. Afli hefur alltaf verið eitthvað umfram aflamark, að meðaltali um 6% síðan 2009 (sjá viðauka A).



Mynd 13: Samantekt á þróun stofnstærðar byggð á hermunum frá árinu 2009 miðað við að veitt yrði með 20% aflareglu. Þykka línan sýnir miðgildi og skyggðu svæðin 50%, 80% og 90% gilda. Þróun í stofnstærð samkvæmt síðasta stofnmati (árið 2014) eru sýndir sem punktar (bláir).

Athugasemdir við skýrsluna

Þegar farið var yfir reynslu af aflareglunni á 5 ára afmæli hennar var óskað eftir athugasemdum. Flestar athugasemdir sem bárust voru frá Landssambandi smábátageigenda:

1. Ekki er tekið tillit til jákvæðra áhrifa á nýliðun vegna aukins magns af eldri fiski á undanförunum árum.
2. Endurmat á hrygningarstofni hefur undanfarin ár leitt til töluverðra breytinga frá fyrsta mati, en fyrsta mat hefur falið í sér framreikning til nokkurra ára.
3. Óskað var eftir skoðun á þróun þorsstofnsins miðað við að veitt hefði verið samkvæmt aflareglu síðan 1955.
4. Rætt er um nýtingarstefnu sem sé byggð á fleiri þáttum en sú frekar einfalda aflaregla sem nú er notuð og að vistkerfisnálgun við stjórn fiskveiða sé tekin inn í nýtingarstefnu.

Svör við athugasemdum:

1. Í hermunum sem gerðar voru árið 2009 voru mismunandi hrygningarstofns-nýliðunarsambönd skoðuð, m.a.nokkur sem skýra nýliðun út frá aldursamsetningu þorsstofnsins. Flest sambönd sem voru skoðuð gáfu svipaðar niðurstöður um það veidihlutfall í aflareglu sem gefur hámarksafrakstur, þau sem tóku tillit til aldursamsetningar stofnsins gáfu þó heldur lægra veidihlutfall. Niðurstöður varðandi afla í framtíðinni voru hins vegar ólíkar eftir því hvernig samband var notað.

2. Eins og lýst er hér að framan hefur þróunin síðan 2009 verið innan þeirra marka sem gert var ráð fyrir í hermununum árið 2009 (mynd 13). Stærð stofnsins í dag er hins vegar ekki nákvæmlega þekkt (mynd 3) og þar sem árgangar eru farnir að endast sæmilega í stofninum hefur mat á stærð stofnsins í dag áhrif á matið á stærð stofnsins árið 2009. Stærð hrygningarstofns á hverjum tíma hefur ekki áhrif á aflamark nema hrygningarstofninn í byrjun stofnmatsárs fari undir gátmörk (220 þús. tonn), en aflareglan á að leiða til þess að líkur á því séu litlar. Fyrr í þessum viðauka var lýst að langtímanefndin 1994 ákvað að nota ekki aflareglu byggða á hrygningarstofni vegna breytileika í kynþroskahlutfalli, sem er að hluta mæliskekkja. Samkvæmt aflareglu byggir aflamark eingöngu á metinni stofnstærð í upphafi stofnmatsárs, en óvissa í framreikningum er meiri.
3. Gerð hefur verið grein fyrir þessu í viðauka A (sjá mynd 10).
4. Vistkerfisnálgun við stjórn fiskveiða felur m.a. í sér mat á óæskilegum áhrifum veiðanna eins og olfunotkun, áhrifa á botn, affalla vegna möskvasmugs, dauða fisks sem losnar af krókum o.s.frv. Lækkað veiðihlutfall dregur verulega úr flestum þessum þáttum (sjá viðauka D). Annar mikilvægur þáttur í vistkerfisnálgun við stjórn fiskveiða er að átta sig á fjölstofnatengslum í hafinu. Þetta krefst mun meiri gagna en nú er safnað bæði varðandi útbreiðslu tegunda og fæðu þeirra.

Viðauki C. Form aflareglu

Aflareglur sem gefa að meðaltali sama veiðihlutfall má forma á ýmsa vegu, sem hlutfall af hrygningarstofni, hlutfall af 4 ára og eldri stofni, meðalfiskveiðidauða 5-10 ára fisks o.s.frv. Einnig er hægt að reikna stofnstærð út frá þyngdum í stofni (þ.e. út frá rallþyngdum í mars) eða afla. Þyngdir í afla eru töluvert hærri en þyngdir í stofni hjá yngstu aldurhópunum vegna vaxtar í nokkra mánuði og að veiðarnar taka frekar stærstu fiskana af yngri árgöngum. Þessar þyngdir eru notaðar til að margfalda fjöldatölur í stofni og ýkja því stofnstærð 4 og 5 ára miðað við eldri fisk.

Upphaflega (árið 1994) var hugmyndin að hafa aflamark hlutfall af hrygningarstofni, en vegna breytileika í kynþroskahlutfalli var horfið frá því og farið í að nota stofnstærð 4 ára og eldri byggt á aflaþyngdum. Að mörgu leyti hefði verið eðlilegra að byggja á rallþyngdum, en þegar upphaflega aflaregluvinnan fór fram hafði stofnmælingin í mars farið fram í frekar fá ár. Árið 2004 var lagt til að breyta yfir í rallþyngdir en það kom aldrei til framkvæmda.

Helsti gallinn við viðmiðunarstofninn sem mælikvarða á stofnstærð er mikið vægi 4 ára og ef stór árgangur er á þeim aldri stækkar viðmiðunarstofninn mikið. Sveiflujöfnunin gerir það hins vegar að verkum að árgangurinn kemur smám saman inn á næstu árum og einnig er viðmiðunarstofninn í ár notaður til að gefa aflamark fyrir næsta ár þegar fiskurinn er ári eldri. Sveiflujöfnunin, sem er aðallega hugsuð til að draga úr skammtímasveiflum getur valdið sveiflum á lengri tímakvarða, en hún passar hins vegar ágætlega við aflareglu byggða á viðmiðunarstofni reiknuðum út frá aflaþyngdum. Breytingin sem gerð var á formi aflareglu árið 1994 miðað við tillögur langtímanefndarinnar, var að þessu leyti mjög óheppileg en hún jók hlutdeild yngri fisks í aflamarki mikið og leiddi til verulegra sveifla.

Í aflareglunni er gert ráð fyrir að dregið verði úr veiðihlutfalli þegar hrygningarstofn er metinn minni en 220 þús. tonn. Miðað við 20% aflareglu eru metnar litlar líkur á að þetta gerist. Ef það gerist og sveiflujöfnunin dettur af verður mikill breytileiki í afla, 20% breyting í stofnstærð getur valdið 36% breytingu í ráðlögðum afla. Hjá íslenskri ýsu og íslenskum ufsa er mun meiri hætt á að stofnstærðin fari niður fyrir gátmörk og til að forðast miklar sveiflur í afla voru bæði veiðihlutfall og gátmörk lækkuð, þannig að heildaráhætta á að fara niður fyrir hættumörk væri sú sama. Í ufsanum var sveiflujöfnunin einnig látin detta smám saman út þegar stofninn fór niður fyrir gátmörk, en í ýsunni var engin sveiflujöfnun.

Ungur fiskur hefur frekar mikið vægi í viðmiðunarstofninum sem leiðir til að aflamark getur verið hátt jafnvel þó hrygningarstofn sé lítill. Mikið af ungum fiski þýðir hins vegar mikinn vöxt í stofninum á næstu árum (ungur fiskur vex hlutfallslega hraðar). Með hóflegu veiðihlutfalli á hrygningarstofninn aldrei að vera mjög lítill ef forsendur um nýliðun, stofnmatsskekku og afla umfram aflamark standast.

Viðauki D. Hagfræðilíkön.

Í aflaregluvinnunni árin 1993-1994 [4] og 2003-2004 [5] var verið að hámarka núvirtan ábata af veiðunum í stað aflans og var reiknað með 5% ávöxtunarkröfu. Má reyndar deila um hvort 5% ávöxtunarkrafa sé réttlætánleg miðað við endurnýjanlega auðlind sem á aldrei að veiða upp. Árið 1994 var hins vegar verið að horfa á mjög mikinn samdrátt í sókn og m.a. verið að skoða hversu hratt ætti að útfæra samdráttinn. Niðurstaðan var að það borgaði sig út frá hámarksábata að hætta veiðum í nokkur ár. Var þá ekki tekið tillit til ýmissa þátta eins og taps á þjálfuðu vinnuafli í greininni og tapaðra markaðssambanda. Haglíkönunum er lýst vel í skýrslunum 1994 og 2004. Þau svipuð en þó ekki alveg eins. Þættir sem var tekið til eru:

1. Áhrif framboðs á verð. Miðað var við að verð lækki um 7% þegar framboð á þorski frá Íslandi tvöfaldast.
2. Kostnaður á sóknareiningu er fastur, en afli á sóknareiningu eykst með stærð veiðistofns í veldinu 0.7 þannig að ef veiðistofn tvöfaldast eykst afli á sóknareiningu um 62%. Veiðistofn hér er ekki sama og viðmiðunarstofn aflareglu heldur stofnstærð á miðju ári margfölduð með metnu veiðimynstri flotans. (mynd 14).
3. Að meðaltali fæst betra verð fyrir stærri fisk þó nokkur árabreytileiki sé að því. Jafna byggð á gögnum frá fiskmörkuðum árið 1997 sem var notuð í vinnunni 2003-2004 gaf $p = 56.93 + 7.91W$ [5] eða um 15% verðhækkun fyrir hvert kg.

Það sem vegur mest í haglíkaninu er minnkandi kostnaður með stærri stofni. Í haglíkaninu er verið að reikna þjóðfélagslegan ábata þannig að laun teljast ekki kostnaður. Í 1994 skýrslunni er þó rætt um fórnarkostnað, þau verðmæti sem sjómenn gætu skapað annars staðar ef þeir væru ekki á sjó. Fyrir 1994 höfðu aðrir höfundar bent á efnahagslegan ávinning af því að draga úr sókn í fiskistofna [2]

Það sem þá er eftir er kostnaður við skip, olíu, beitu og veiðarfæri. Kostnaður við skip er að töluverðu leyti óháður notkun þegar búið er að kaupa skipið. Verulegur sparnaður næst því ekki fyrr en skipum fækkar í samræmi við minnkaða sókn. Minnkaður olíu- og beitukostnaður kemur hins vegar strax fram og kostnaður við veiðarfæri mjög fljótt.

Blandaðar veiðar geta valdið því að hagkvæmni í veiðum verður ekki eins mikil og hún getur mest orðið. Þorskur er frekar auðveidd tegund og oft er verið að eltast við aðrar tegundir í stórum hluta hvernar veiðiferðar. Þetta getur verið vísbending um að það eigi að lækka veiðihlutfall í tegundum sem er erfiðara að veiða. Þess háttar aðgerðir myndu þó ekki endilega leysa vandamálið. Þó hlutföll milli tegunda væru nokkurn veginn rétt út frá hagkvæmni veiða þyrfti það ekki að gilda um einstök fyrirtæki. Þetta hefur verið vandamál undanfarin ár, t.d. varðandi ýsu. Tengist það breytingum á útbreiðslu ýsu þar sem aukinn hluti veiðistofnsins er á norðurmiðum. Aukning á sókn með línu kringum aldamótin skapaði einnig vandamál, en tegundasamsetning í afla línubáta er töluvert ólík því sem fæst í net og botnvörpu sem voru þau veiðarfæri sem var skipt úr. Virðast mörg fyrirtæki ekki hafa náð að breyta samsetningu aflaheimilda til samræmis við aflasamsetningu á línu.

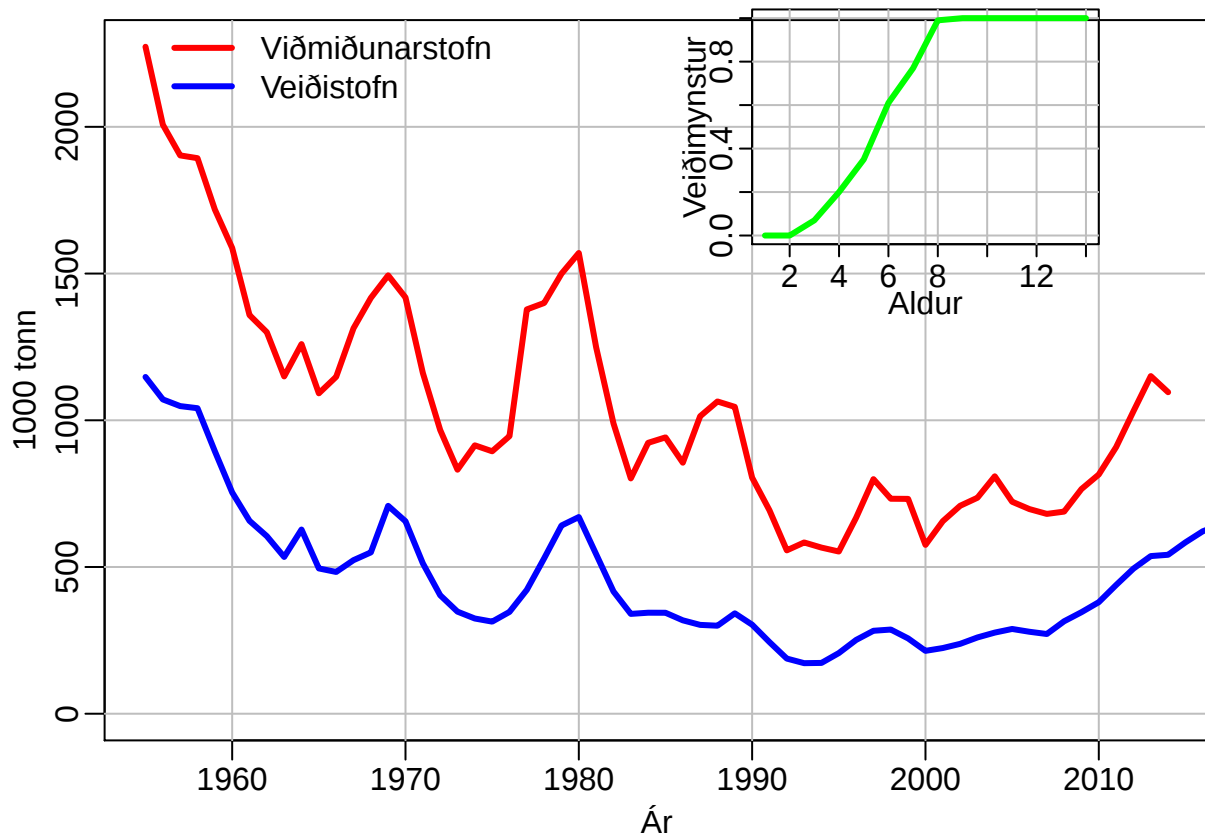
Undanfarin ár hefur vaxandi hluti afla verið fluttur út ferskur. Mikil áhersla er lögð á að þessi fiskur sé nýveiddur þegar honum er landað og haga útgerðarmenn togara veiðiferðunum þannig að sem mest af þorski er veitt síðustu 2 dagana fyrir löndun. Þetta skapar ákveðin meðaflavandamál í fyrri hluta lengri veiðiferða, en sýnir einnig mikilvægi þess að hafa veiðar hóflegar svo fljótlegt sé að veiða fiskinn, því væntanlega fæst betra verð fyrir nýveiddan fisk. Mest af þeim hugleiðingum sem hér fara á eftir gilda um botnvörpuveiðar, en á undanförunum árum hafa um 43% af þorskafflanum fengist í botnvörpu en um 54% af heildarbotnfiskaflanum. Gert er ráð fyrir að hagnaður sé svipaður í veiðum með öðrum veiðarfærum.

Umhverfisáhrif er þáttur sem verður án efa fylgst með á komandi árum. Meðal atriða sem verða skoðuð má nefna.

1. Áhrif veiðarfæra á botn.
2. Áhrif veiðarfæra á fisk sem ekki veiðist, brottkast, möskvasmug, fiskur sem losnar af krókum o.fl.
3. Olíunotkun við veiðar.

Áhrif allra þessara atriða minnka þegar veiðihlutfall lækkar. Eru áhrifin hvað skýrust í botnvörpuveiðum þar sem möskvasmug, áhrif á botn og olíunotkun minnka mikið þegar dregið er úr veiðiálagi þó afli minnki ekki til lengri tíma. Botnvörpuveiðar hafa í dag á sér neikvæðan stimpil vegna áhrifa á botn, meðafla og olíunotkunar. Góð aflabrögð draga mikið úr þessum neikvæðu áhrifum þ.a mikilvægt er að viðhalda góðum aflabrögðum sem er best gert með hóflegu veiðiálagi. Þó önnur veiðarfæri geti að einhverju leyti komið í stað botnvörpu verður hún nauðsynlegt veiðarfæri í flota sem nýtir botnfiska við Ísland.

Útreikningar á hámarkshagnaði

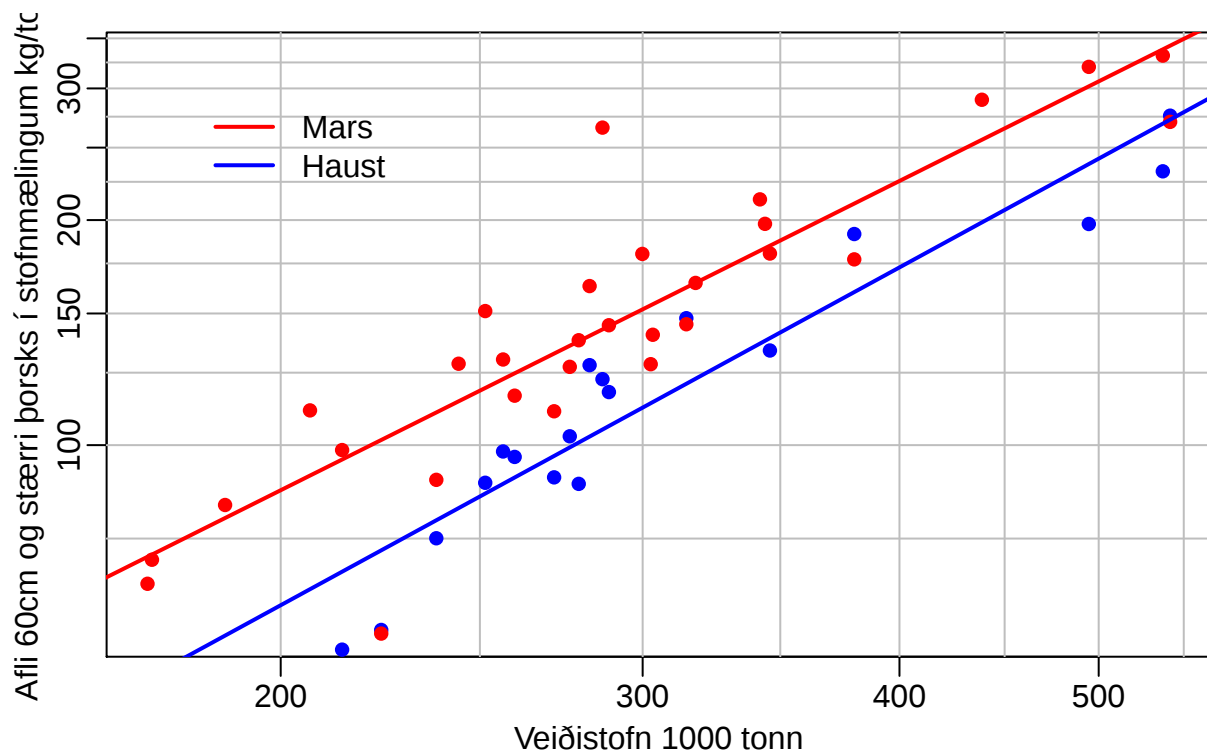


Mynd 14: Þróun veiðistofns og viðmiðunarstofns síðan 1955. Veiðimynstrið sem er notað til að reikna veiðistofninn er sýnt á innfeldri mynd.

Eins og áður var lýst var í aflaregluvinnunni árið 1994 og 2004 byggt á að kostnaður á sóknareiningu væri fastur en afli á sóknareiningu yxi með stærð veiðistofns í veldinu 0.7. Veiðistofn byggir á metnu veiðimynstri flotans og er töluvert minni en viðmiðunarstofn (mynd 14). Niðurstöður úr stofnmælingum benda til að veldið í sambandi þorskafla og stærðar veiðistofns geti verið mun hærra en 0.7 eða nálægt 1.35 – 1.45 (mynd 15). Það þýðir að 50% stærri veiðistofn gefur $1.5^{1.4} = 1.76$ eða 76% meiri afla á togtíma. Aflabrögð í veiðum gætu jafnvel aukist enn meira en í stofnmælingum því með minnkandi veiðiálagi myndast þéttar torfur sem skipstjórar geta fundið með tækjum sínum. Betri aflabrögð skila sér hins vegar ekki að fullu í afla á úthaldsdag því eftir er að taka tillit til siglinga í höfn, afkastagetu í slægingu og vinnslu um borð og veiða á öðrum tegundum þar sem afli eykst ekki eins mikið og hjá þorski. Ef afli á úthaldsdag vex línulega með stærð veiðistofn þýðir tvöföldun á veiðistofni tvöföldun á afla með óbreyttum fjölda skipa.

Þar sem afli á sóknareiningu eykst alltaf með stærri stofni en kostnaður á sóknareiningu er alltaf sá sami er veiðihlutfall sem gefur hámarks ábata (F_{mse}) alltaf lægra en það sem gefur hámarksafla (F_{msy}). Hve mikill munurinn er fer eftir ýmsum atriðum.

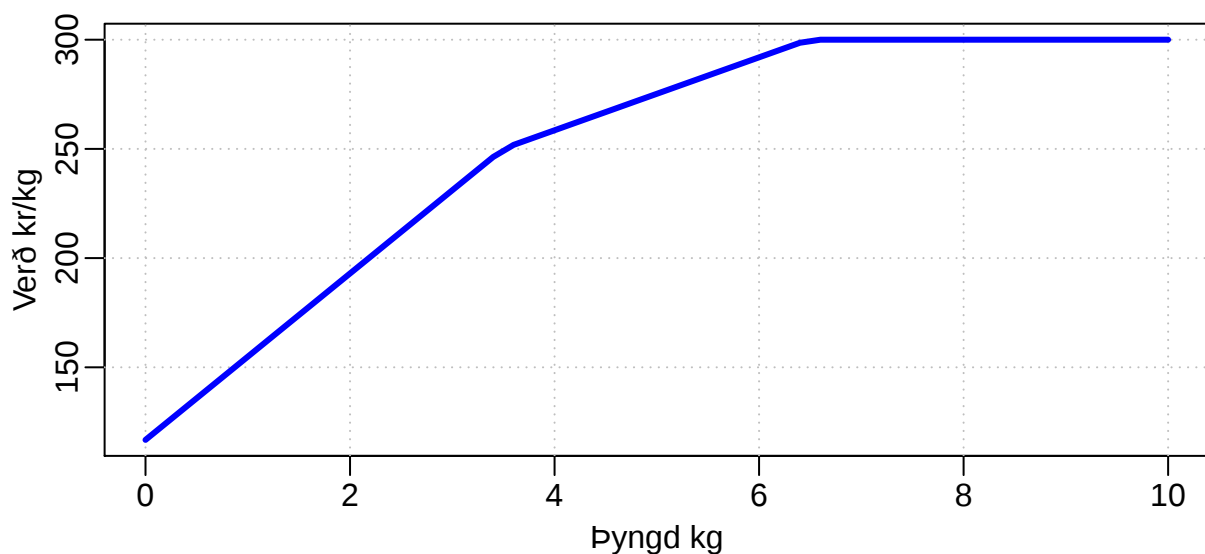
- Því örrar sem afli á sóknareiningu eykst með stofnstærð því lægra er F_{mse} .
- Því lægra hlutfall sem kostnaður er af tekjum því hærra er F_{mse}
- Tenging á verði við stöðugleika í afla eða stærð fisks leiðir til lægra gildis á F_{mse} því lægra veiðihlutfall þýðir stærri fisk og jafnari afla.



Mynd 15: Aflabrögð í stofnmælingum kg á klst á móti metnum veiðistofni. Línurnar sýndar á myndinni sem eru felldar að öllum gögnunum hafa hallatölurnar 1.36 fyrir marsrallið og 1.46 fyrir hausrallið. Hallatala línu sem er felld að gögnum á logaritma kvarða verður að veldi á venjulegum kvarða þannig að aflabrögð í ralli virðast í réttu hlutfalli við veiðistofn í veldinu 1.35-1.45.

Forsendur um verð geta byggst á gögnum frá Verðlagsstofu skiptaverðs eða fiskmörkuðum. Samkvæmt Verðlagsstofu breyttist verð á óslægðum þorski í janúar 2015 (mynd 16) frá 155 kr/kg fyrir 1.0kg þorsk í 250 kr/kg fyrir 3.7 kg þorsk og 300 kr/kg fyrir 6.5kg og stærri þorsk eða $154.87 + 38.1 \times (W - 1)$ ef $W < 3.5kg$ og $250.18 + 16.7 \times (W - 3.5)$ ef W er á bilinu $3.5 - 6.5kg$.

Í takt við vinnu fyrri aflareglunefnda er launakostnaður áhafnar ekki talinn til kostnaðar, en ef það væri gert myndi hagkvæmasta veiðihlutfall lækka þar sem launakostnaðurinn er í aðalatriðum fast hlutfall af fiskverði. Það að telja laun sjómanna til kostnaðar myndi leiða til lægra "hagkvæmasta"veiðihlutfalls þar sem kostnaður er þá herra hlutfall af tekjum. Það myndi þá vera hagkvæmasta veiðihlutfall frá sjónarhóli útgerðar.



Mynd 16: Verð þorsks í Janúar 2015 skv. Verðlagsstofu skiptaverðs

Olíunotkun er stór þáttur sem í framtíðinni verður horft á varðandi umhverfisáhrif veiða auk þess sem olía er umtalsverður hluti kostnaðar við veiðar. Í prófritgerð Eypórs Björnssonar [1] og ýmsum erindum og skrifum leiðbeinanda hans Emils Ragnarssonar er fjallað um olíunotkun við veiðar. Þar kemur fram að olíunotkun í botnfiskveiðum á togara hafi verið um 0.5 l/kg árin 1998 - 2002 og hafði þá hækkað frá árunum 1994-1996 þegar hann var 0.44 l/kg. Aukin olíunotkun á þessu tímabili er m.a. skýrð með aukinni hlutdeild frystitogara, en frysting á afla kostar töluverða orku. Miðað við olíuverð 100 kr/l hefði olíukostnaður verið um 45 kr/kg (á núvirði) árið 2000.

Hlutdeild línu í botnfiskveiðum hefur aukist undanfarin 20 ár. Undanfarin 5 ár hafa 35% þorskafla komið á línu, 43% í botnvörpu, 9% í net, 7% á handfæri og 6% í dragnót. Olíunotkun við línuveiðar er mun minni en við botnvörpuveiðar eða u.þ.b. 0.15 -0.2 l/kg árið 2000 [1]. Kostnaður við beitu er hins vegar umtalsverður. Miðað við 10 kg af beitu og 100 kg afla á 500 króka (bala) og 200 kr/kg af beitu er beitukostnaður um 20 kr/kg. 100 kg/bala er lélegur affi en ekki ólíkleg tala þegar þorskstofninn er lítill.

Heildarútkoman úr þessari greiningu er sú að kostnaður við olíu + beitu hjá línubátum er svipaður og olíukostnaður hjá togurum. Má einnig ætla að kostnaður við beitu minnki með vaxandi stofnstærð þar sem affi á beittan krók er betri, bæði út af fleiri fiskum og hærri meðalþyngd hvers fisks.

Við útreikning á kostnaði vegna olíu, veiðarfæra og beitu er gert ráð fyrir að grunntalan árið 2000 sé 55 kr/kg og hann breytist í öfugu hlutfalli við stofnstærð í veldinu 1.0.

Kostnaður við kaup og viðhald skipa er mjög stór hluti heildarkostnaðar við útgerð og er að litlu leyti innlendur kostnaður. Margar útgerðir reka tiltölulega gömul skip sem eru þá send í reglulega endurnýjun. Ef útgerð á tiltekinn fjölda skipa má líta á afföll og viðhald sem fastan kostnað þannig að sparnaður í þessum þáttum kemur ekki fram nema skipum fækki með lækkuðu veiðihlutfalli. Til að fá einhverja mynd af áhrifum kostnaðar við skip á hagkvæmasta veiðihlutfall var eftirfarandi dæmi sett upp.

- Kostnaður við ísfisktogara 2.5 milljarðar, miðað við verð 3 togara sem HB Grandi er að láta smíða.
- Afskriftir + viðhald 10%. Vaxtakostnaður 3% af upphafsverði, meiri þegar skipin eru ný, minni með eldri skip. Kostnaður á hvert skip er skv. þessu um 320 milljónir.
- Botnfiskaffi á hvert skip er um 6000 tonn miðað við árin 2012-2014. Þetta er há tala miðað við flest skip en aðeins 11 togarar náðu þessu á árunum 2012-2014. Gert er ráð fyrir að þorskur sé helmingur af aflaverðmæti skipanna.

Miðað við ofangreindar forsendur er skipakostnaður á hvert kg $\frac{320}{6} = 53$ krónur, miðað við árin 2012-2014. Gert ráð fyrir að hann breytist í öfugu hlutfalli við stærð veiðistofn í veldinu 0.8.

Þær jöfnur sem voru settar inn í líkanið voru.

- Olíu og veiðarfærakostnaður $C_1 = 55 \times \frac{B_{c,2000}}{B_c}$
- Skipakostnaður $C_2 = 53 \times \left(\frac{B_{c,2012-2014}}{B_c}\right)^{0.8}$
- Verð á kg (P_w) fylgir verðlagsstofu í Janúar 2015 (mynd 16)
- Tekjur $I = C \times P_w$
- Hagnaður $H = I - C \times (C_1 + C_2)$.

Þar sem B_c er veiðistofn, $B_{c,2000}$ veiðistofn ársins 2000 (228 þús. tonn), $B_{c,2012-2014}$ meðalveiðistofn árána 2012-2014 (450 þúsund tonn), C_1 er kostnaður á kg vegna veiðarfæra og olíu, C_2 kostnaður á kg vegna kaupa og viðhalds skipa, P_w verð á kg sem fall af þyngd W , C er affi, I verðmæti afla og H hagnaður. Einnig eru skoðuð þau tilfelli þar sem aflaverðmæti er fast, annars vegar 250 kr/kg og hins vegar 170 kr/kg (tafla 2).

Niðurstöðurnar eru að miðað við þorskverð samkvæmt Verðlagsstofu í janúar 2015 fást flestar krónur ef veiðihlutfallið er 0.19. Hámarkshagnaður fæst við 0.18 ef skipakostnaði er sleppt, en 0.15 ef skipakostnaður er tekinn með í reikninginn. Fast verð 250 kr/kg gefur að sjálfsögðu mesta innkomu þegar affi er mestur, þ.e. við veiðihlutfallið 0.22 (tafla 2). Mesti hagnaður fæst hins vegar við veiðihlutfallið 0.19 miðað við að taka bara tillit til olíu og veiðarfærakostnaðar, en við 0.17 ef skipakostnaður er tekinn með í reikninginn. Ef verð er lægra næst hámarkságóði við lægra veiðihlutfall.

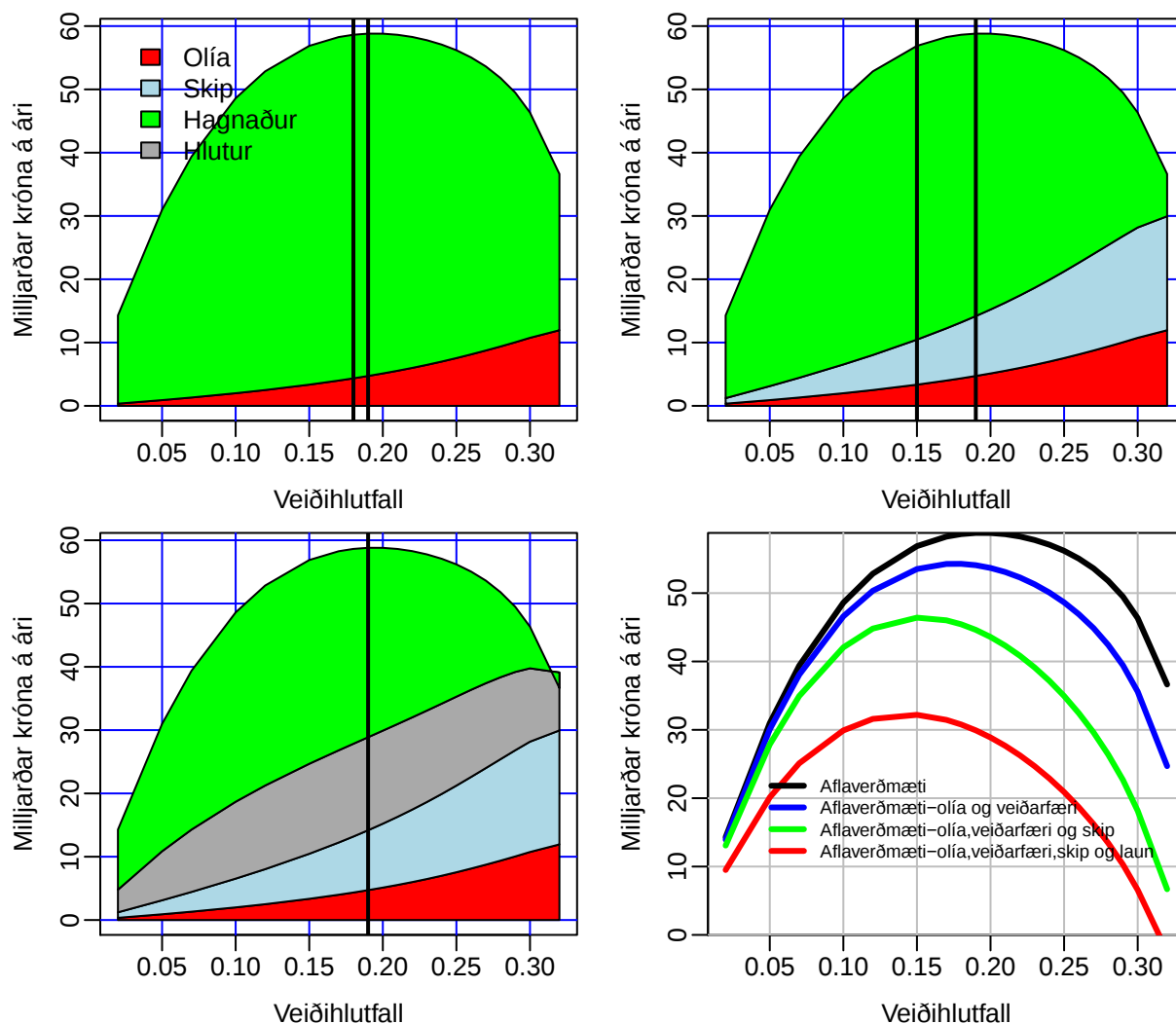
Ef litið er á þann feril sem fer næst því að innihalda allan kostnað útgerðar (rauði ferillinn á mynd 17) verður tap á veiðunum þegar veiðihlutfall nær 0.31 meðan hagnaður er nálægt 50% af tekjum þegar veiðihlutfall er á bilinu 0.15-0.20 og þjóðhagslegur ábati yfir 70%. Heildarverðmæti afla og þar með laun sjómanna breytast aðeins um 15% á sama bili, mest vegna hærri verðs fyrir stærri fisk.

Breytileiki í þjóðhagslegum ábata vegna breytileika í stofnstærð er meiri en munur milli meðalgilda (mynd 18). Kemur vel fram að breytileikinn í ábata minnkar þegar veiðihlutfall er lækkað. Í myndina vantar breytileika í hagstærðum og einnig þarf að skoða hvort/hvernig stærð fiskiskipafloðans fylgir sveiflum.

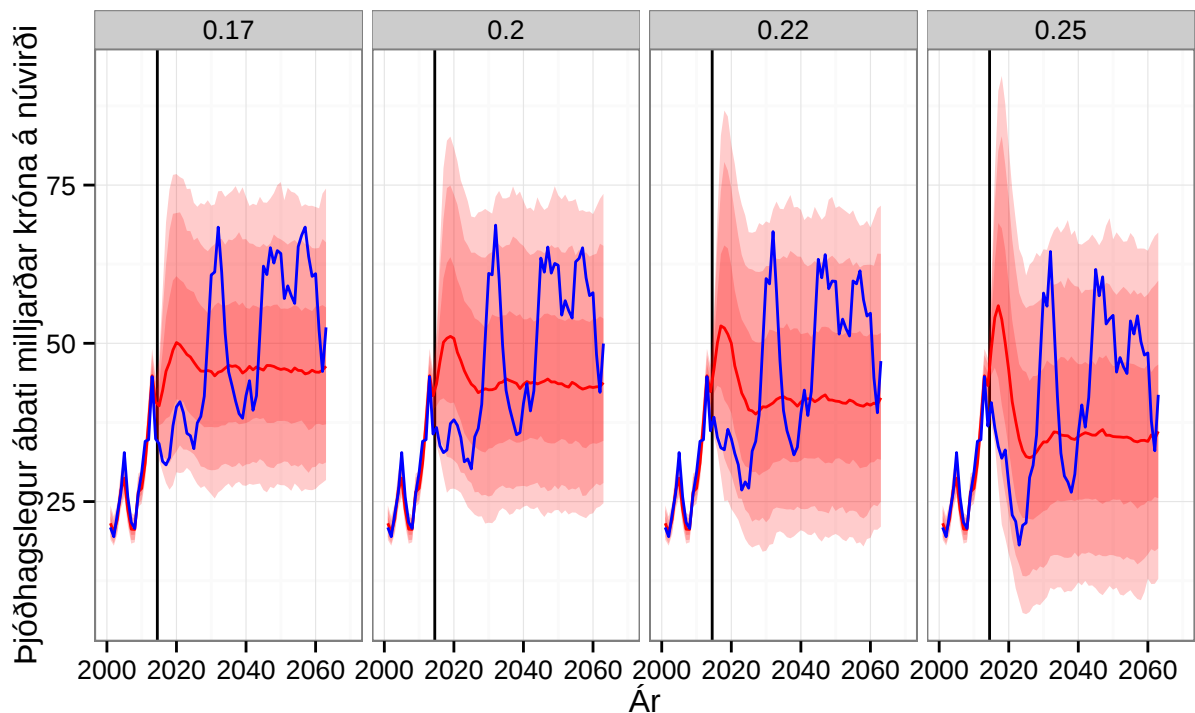
Kostnaður við veiðar er frekar varlega áætlaður í ofangreindu dæmi en meiri kostnaður myndi lækka hagkvæmasta veiðihlutfall enn frekar. Ef veiðihlutfallið fer í 0.15 eða lægra myndi þorskostofniinn hins vegar stækka töluvert mikið svo líta þyrfti á þætti eins og þéttleikaháðan vöxt.

Ofangreindir útreikningar eru hugsaðar sem vísbendingar um þær breytingar í þjóðhagslegum ábata af veiðum sem má vænta þegar dregið er úr sókn og flotinn minnkaður í takt við minnkaða sókn. Forsenda útreikninganna er fyrst og fremst að með stærri fiskistofnum má ná sama afla með minni kostnaði, öðrum en launakostnaði sjómanna sem er hlutfall af aflaverðmæti. Hér er um mjög einfalda greiningu að ræða sem er eingöngu ætlað að gefa hugmynd um hagkvæmasta veiðihlutfall en alls ekki hver framtíðar hagnaður af veiðunum verður. Ef kostnaður við veiðar er hærri eða verð á fiski lægra en hér er gert ráð fyrir mun hagnaður minnka og hagkvæmasta veiðihlutfall lækka. Það atriði sem hefur mest áhrif á hagkvæmasta veiðihlutfall er samband aflabragða og stofnstærðar sem er lykiljafna í stofnmati fiskistofna. Til viðbótar er síðan gert ráð fyrir að samræmi sé í veiðihlutföllum mismunandi tegunda þannig að ekki skapist mikil vandamál í blönduðum veiðum, sem dragi úr hagkvæmni veiðanna.

Meginniðurstaðan af þessari skoðun er að veiðihlutfallið í núverandi aflareglu er heldur hærri en það sem gefur hámarksábata.



Mynd 17: Kostnaður, heildar tekjur og ábati á móti veiðihlutfalli miðað við fiskverð skv. Verðlagsstofu skiptaverðs í janúar 2015. Lóðréttu línurnar sína það veiðihlutfall sem gefur hámarksverðmæti og hámarks ágóða.



Mynd 18: Þjóðhagslegur ábati þ.e verðmæti afla að frádregnum olíu og skipakostnaði, fyrir 4 mismunandi veiðihlutföll. Ekki er tekið tillit til breytileika í fiskverði og olíuverði. Meðaltal gilda í framtíðinni er sýnt sem þykk rauð lína en skyggðu svæðin tákna 50%, 80% og 90% gilda. Bláa línan sýnir dæmi af einum ferli framtíðarinnar

	Olía	Skip	Verð	Max tekjur	Max hagnaður
1	1		Breytilegt	0.19	0.18
2	1	0.8	Breytilegt	0.19	0.15
3	1		250	0.22	0.19
4	1	0.8	250	0.22	0.17
5	1		170	0.22	0.18
6	1	0.8	170	0.22	0.15

Tafla 2: Hagkvæmasta veiðihlutfall og veiðihlutfall sem gefur hámarkstekjur miðað við verð skv. Verðlagsstofu í janúar 2015, fast verð 250 kr per kg og fast verð 170 kr per kg. Bæði skoðað að taka tillit til skipakostnaðar og sleppa því

Heimildir

- [1] Eyþór Björnsson. Olíunotkun íslenska fiskiskipaflotans og losun gróðurhúsalofttegunda frá honum. *Háskólinn á Akureyri, Auðlindadeild*, 2004.
- [2] Guðmundur Guðmundsson. Fiskveiðistjórnun . *Fjármálatíðindi*, 1992.
- [3] ICES. Report of the Ad hoc Group on Icelandic Cod HCR Evaluation (AGICOD. Technical report, ICES, 2009.
- [4] Vinnuhópur um nýtingu fiskistofna. Hagkvæm nýting fiskistofna. *Skýrsla til sjávarútvegsráðherra*, 1994.
- [5] Vinnuhópur um nýtingu fiskistofna. Aflaregla fyrir þorskveiðar á Íslandsmiðum. Skýrsla nefndar um langtímanýtingu fiskistofna. . *Skýrsla til sjávarútvegsráðherra*, 2004.