

13/5/94

Guðni H. H. H. H.

VINNUHÓPUR UM NÝTINGU FISKSTOFNA

HAGKVÆM NÝTING FISKSTOFNA

Mai 1994

VINNUHÓPUR UM NÝTINGU FISKSTOFNA

HAGKVÆM NÝTING FISKSTOFNA

Mái 1994

Efnisyfirlit

	Bls.
1. Helstu niðurstöður	1
2. Inngangur	2
3. Líkön	3
3.1 Þorskur	3
3.1.1 Þróun stofns og afla í fjölda	3
3.1.2 Nýliðun	4
3.1.3 Þyngd einstaklinganna	5
3.1.4 Hlutfall kynþroska	5
3.2 Loðna	6
3.3 Rækja	6
3.4 Samspil tegunda	6
3.4.1 Þorskur - loðna	6
3.4.2 Þorskur - rækja	6
3.4.3 Þorskur - loðna - rækja	7
3.5 Efnahagshluti líkansins	7
3.5.1 Tekjur og verðteygni	7
3.5.2 Kostnaður	8
3.5.3 Verðmæti fiskstofnanna	8
3.5.4 Hámörkun hagnaðar	9
3.5.5 Önnur sjónarmið	9
3.5.6 "Græn landsframleiðsla" - "grænar þjóðartekjur"	9
4. Framreikningar án óvissu	10
4.1 Þróun stofna og afla miðað við tiltekna sókn	10
4.1.1 Viðmiðanir byggðar á jafnstöðureikningum	10
4.1.2 Um aflareglur	11
4.1.3 Þróun stofns og afla	11
4.1.4 Aflaregla - áhrif af mismunandi stuðlum	12
4.2 Fjölstofnaáhrif	13
4.2.1 Áhrif á rækju	13
4.2.2 Áhrif loðnu og þorsks á heildarafrakstur	13
4.2.3 Áhrif þess að reikna með að vöxtur sé þéttleikaháður	14
4.3 Afrakstur auðlindarinnar	16
4.3.1 Niðurstöður þegar hámörkun hagnaðar er markmiðið	16
4.3.2 Niðurstöður þegar miðað er við önnur markmið en hámörkun hagnaðar	17
4.3.3 Mikilvægi breytinga á verðmæti auðlindarinnar - "grænir þjóðhagsreikningar"	18
5. Óvissa og sveiflur	20
5.1 Aflareglur	20
5.2 Niðurstöður	21
Viðauki: Áfangaskýrsla	29

1. Helstu niðurstöður

Með bréfi dagsettu 1. júlí 1992 fól sjávarútvegsráðherra stjórn Hafrannsóknastofnunar að "gera tillögur til ráðherra um hvernig nýtingu einstakra fiskstofna skuli háttað með það að markmiði að hámarksafrakstri Íslandsmiða verði náð til lengri tíma". Í framhaldi óskaði stjórn Hafrannsóknastofnunar eftir samstarfi við Þjóðhagsstofnun um þetta verkefni og í janúar 1993 var myndaður vinnuhópur Hafrannsóknastofnunar og Þjóðhagsstofnunar í þessu skyni. Í vinnuhópnum eru:

Brynjólfur Bjarnason, formaður
Jakob Jakobsson, forstjóri Hafrannsóknastofnunar
Gunnar Stefánsson, Hafrannsóknastofnun
Þórður Friðjónsson, forstjóri Þjóðhagsstofnunar
Friðrik Már Baldursson, Þjóðhagsstofnun
Ásgeir Daníelsson, Þjóðhagsstofnun
Kristján Þórarinnsson, stofnvistfræðingur LÍÚ

Afrakstur af því starfi sem fram fór í vinnuhópnum birtist í þessari skýrslu. Hér er tekið á þremur nytjastofnum á Íslandsmiðum: þorski, loðnu og rækju. Helstu niðurstöður skýrslunnar eru þessar:

1. Mikilvægasta verkefni á sviði hagnýtingar fiskstofna er að efla þorskstofninn. Hagnýting hans nú er langt frá því að skila hámarksafrakstri. Efling stofnsins á næstu árum getur aukið afrakstur Íslandsmiða verulega þegar til lengri tíma er litið.
2. Þótt óvissa ríki um hagkvæmustu stærð fiskstofna er ljóst að þorskstofninn er nú langt undir þeim mörkum. Þannig er talið hagkvæmt að stefna að því að hrygningarstofn þorsks verði að jafnaði 700-800 þúsund tonn og veiðistofn þorsks 1.400-1.600 þúsund tonn. Til samanburðar má nefna að hrygningarstofninn er nú um 220 þúsund tonn og veiðistofninn 600 þúsund tonn. Afrakstur slíks þorskstofns gæti verið um 350 þúsund tonn á ári en var áætlaður um 180 þúsund tonn á þessu ári. Í þessum mun felst að útflutningsverðmæti þorskafurða yrði um 19 milljörðum króna meira á ári en við óbreyttan afla.
3. Efling þorskstofnsins treysti jafnframt hag sjávarútvegs verulega. Fer þar saman hvort tveggja að tekjur greinarinnar ykjast og kostnaður við veiðar minnkaði. Afkomubati kæmi því fyrr fram en aukinn afli því að hagkvæmara er að veiða úr stórum stofni en litlum.
4. Hagkvæm nýting þorsks hefur áhrif á nýtingu annarra fiskstofna. Eftir að þorskstofninn hefur náð vissri stærð er hagkvæmt að draga úr sókn í suma aðra stofna, einkum loðnu- og rækjustofninn. Þetta samspil þorsks og annarra fisktegunda verður hins vegar varla viðfangsefni veiðistjórnar fyrr en þorskstofninn hefur náð sér verulega á strik.
5. Hagkvæmast er að skerða þorskveiðar á næstu árum sem mest í því skyni að efla stofninn sem hraðast. Því meiri skerðing því meiri efnahagslegur ávinningur til langs tíma en á móti vega þeir erfiðleikar sem fylgdu meiri skerðingu til skamms tíma. Ávallt skal að sjálfsögðu ákveða hámarksaflann hverju sinni undir hættumörkum fyrir þorskstofninn. Þessi hættumörk eru breytileg frá einu ári til annars. Eins og ástand þorskstofnsins er nú metið eru þau talin vera í námunda við 175 þúsund tonn.

6. Lagt er til að fylgt verði að jafnaði fyrirfram ákveðnum aflareglum sem beina fiskstofnum í hagkvæma stöðu. Aflareglan fyrir þorsk felur í aðalatriðum í sér að árlegur hámarksafli samsvari um 22% af veiðistofni þorsks. Þessari aflareglu er nánar lýst í 4. kafla hér á eftir og jafnframt aflareglum fyrir loðnu og rækju. Aflareglurnar þarf að endurskoða á nokkurra ára fresti í ljósi reynslunnar.

2. Inngangur

Hér að framan var gerð stuttlega grein fyrir aðdraganda þessarar skýrslu. Jafnframt er bent á áfangaskýrslu vinnuhópsins frá því í maí í fyrra, sem einnig ber heitið "Hagkvæm nýting fiskstofna", en hún fylgir með þessari skýrslu sem viðauki. Þrátt fyrir heitið fjallar áfangaskýrslan fyrst og fremst um þorskstofninn, enda er hann mikilvægastur nytjastofna á Íslandsmiðum og í mjög slæmu ástandi. Í skýrslunni voru settar fram niðurstöður úr reikningum þar sem annars vegar voru fundnar leiðir til hámarksábata miðað við nokkra mismunandi mælikvarða, en hins vegar voru sýndar kennitölur líffræði og efnahags úr hermireikningum þar sem leitast var við að líkja eftir óvissu um framgang þorskstofnsins og líkt eftir þróun hans miðað við að heildarafli væri ákvarðaður samkvæmt tiltekinni aflareglu. Í hermireikningunum var ekki gerð tilraun til hámrörkunar ábata, en prófaðar voru þrjár mismunandi aflareglur. Aflareglurnar voru eins að öðru leyti en því að gert var ráð fyrir mismunandi aflamarki í upphafi tímabilsins (125.000, 175.000 og 225.000 tonn), sem ekki yrði breytt, nema þegar stofninn væri svo lítil að þessi upphafsafli næðist ekki eða að stofninn stækkaði nægilega mikið til að hagkvæm nýting hans leyfði meiri afla.

Helstu niðurstöður áfangaskýrslunnar voru að ef þorskafla á næstu árum yrði miðaður við 225.000 tonn á ári væru töluvert miklar líkur á að draga yrði úr þorskveiðum innan fárra ára. Þannig bentu hermireikningarnir til að slík stefna fæli í sér um 30% líkur á hruni stofnsins. Reikningarnir bentu einnig til að miðað við 175.000 tonna afla væri líklegt að hrygningarstofninn héldist óbreyttur og sýndi engin batamerki á allra næstu árum. Af hermireikningunum mátti þó ætla að líkur á hruni væru litlar og stofninn rétti smám saman við þegar til lengri tíma væri litið. Slík stefna leiddi jafnframt til viðunandi hagkvæmni við þorskveiðar gagnstætt því sem gerðist ef veidd yrðu 225.000 tonn á ári. Enn fremur var bent á að takmrörkun þorskafla á næstu árum við 125.000 tonn á ári leiddi til hraðari eflingar þorskstofnsins, svo hægt væri að auka afla fyrr en ella, og líkur á hruni yrðu nánast engar.

Í hermireikningunum var aflareglan valin þannig að þorskstofninn leitaði í langtímajafnvægi þar sem hrygningarstofn væri að jafnaði 900.000 tonn. Þótt þetta sé mun stærri stofn en nú er búið við og vel viðunandi frá líffræðilegu sjónarmiði, sýndu útreikningar á leiðum til hámarksábata að hagkvæmt væri, t.d. miðað við hámrörkun hagnaðar, að stofninn væri nærri helmingi stærri og að veiðar yrðu dregnar snarpt saman til að efling stofnsins yrði sem hröðust. Ástæðan fyrir því að valin var minni stofnstærð en hámrörkunarreikningar bentu til að væri æskilegt langtímagildi, var sú, að líkanið sem notað var, þótti ekki taka nægilegt tillit til fjölstofna- og þéttleikaáhrifa sem líklegt er að fari að gæta til muna ef stofninn stækkar mikið. Ef slík áhrif eru fyrir hendi er í raun ekki hægt að móta stefnu fyrir hvern stofn fyrir sig, heldur verður að skoða saman þá stofna sem skipta máli og eru tengdir líffræðilega. Eins og bent var á í áfangaskýrslunni er þetta ekkert áhyggjuefni hvað varðar veiðistjórnun næstu ára. Til þess er þorskstofninn of lítil og líklegt er að mörg ár líði þar til hann nær stærð sem telst viðunandi frá líffræðilegu sjónarmiði. Samt var í framhaldi af þessu ákveðið að stækka líkanið og taka tillit til þeirra fjölstofna- og þéttleikaáhrifa, sem eru talin skipta mestu máli. Helstu breytingar á líffræðilíkaninu frá áfangaskýrslunni eru þessar:

- Nýliðunarfalli hefur verið breytt úr s.k. Beverton-Holt falli, sem er sívaxandi með stærri hrygningarstofni, í s.k. Ricker-fall, sem nær hámarki við tiltekna stærð hrygningarstofns, en lækkar síðan ef hrygningarstofninn fer yfir þá stærð. Enn fræmur er tekið tillit til afráns ungfisks á seiðum. Miðað við þetta líkan verður nýliðun mest við um 800 þúsund tonna hrygningarstofn.
- Tillit er tekið til loðnuáts þorsks og áhrifa loðnuframboðs á þyngd þorsksins.
- Kannaðar eru afleiðingar þéttleikaáhrifa á þyngd, þ.e.a.s. að þegar þorskstofninn verður mjög stór fari það að segja til sín í minni meðalþyngd eftir aldri.
- Sett eru fram líffræði- og haglíkön fyrir loðnu og rækju. Líffræðilíkonin lýsa viðgangi stofnanna og áhrifum áts þorskins á þá. Haglíkonin lýsa tekjum og kostnaði við loðnu- og rækjuveiðar og vinnslu.

Með ofangreindum breytingum vinnst a.m.k. tvennt. Í fyrsta lagi er kannað að hve miklu leyti fjölstofna- og þéttleikaáhrif breyta niðurstöðum áfangaskýrslunnar um þorskstofninn og í öðru lagi gefst kostur á að móta heildarstefnu um nýtingu á þorski, loðnu og rækju, en þetta eru þeir stofnar þar sem talið er að fjölstofna- og þéttleikaáhrif skipti einna mestu máli.

3. Líkön

Hér á eftir verður lýst stuttlega helstu reikniaðferðum, sem beitt hefur verið. Ekki verður reynt að lýsa nákvæmlega öllum jöfnum, sem að baki liggja, enda er þeim lýst annars staðar (Gunnar Stefánsson o.fl., 1994). Líffræðilíkanið tekur til þorsks, loðnu og rækju og er sett upp þannig að unnt sé að gefa nokkra mynd af áhrifum á loðnu og rækjuveiðar af því að þorskstofninn stækki. Á þennan hátt er unnt að prófa mismunandi aðferðir við nýtingu þorskstofnsins og fá fram áhrif slíkra aðferða á afla af þorski, loðnu og rækju.

Við smíði líffræðilíkansins hefur að langmestu leyti verið notast við líkön sem þróuð hafa verið af ýmsum þáttum lífkerfis Íslandsmiða. Flest þessara líkana hafa verið kynnt á ráðstefnum um fiskifræðileg málefni þótt það gildi ekki um öll sambönd sem hér hefur þurft að nota. Þannig liggja til dæmis fyrir ýmsar niðurstöður um samspil tegundanna þriggja, og hafa slíkar niðurstöður verið notaðar að mestu óbreyttar, þótt á stöku stað hafi þurft að aðlaga fyrri niðurstöður að því heildarlíkani sem hér er notað.

Hafa verður ýmsa fyrirvara við líffræðilíkonin. Til dæmis byggja flest samböndin á reynslu sem nær ekki yfir langt tímabil. Má nefna að mælingar á stærð loðnustofnsins ná aðeins aftur til 1978 og úthafs-rækjuveiði er einnig tiltölulega ný af nálinni. Af þessum ástæðum er ljóst að talsverð óvissa er um ýmis sambönd sem eru notuð í skýrslunni, en á hverju stigi hefur verið notast við bestu upplýsingar sem liggja fyrir.

3.1 Þorskur

Þorskurinn er sú fisktegund sem mest hefur verið rannsökuð hér við land og er mikilvægust í efnahagslegu tilliti. Því er líkanið af þorskinum langflóknast og tekur til flestra þátta.

3.1.1 Þróun stofns og afla í fjölda

Mat á stofni sem fjölda fiska eftir aldri í upphafi tímabilsins er byggt á skýrslu Hafrannsóknastofnunar (1993) þó með viðbótarupplýsingum sem fram hafa komið um nýliðun úr svokölluðu togararalli síðan sú skýrsla var birt.

Í framreikningum eru notaðar hefðbundnar aðferðir við að framreikna fjölda fiska í

hverjum aldursflokki. Ekki er reiknað með Grænlandsgöngum enda má segja að ekki sé von á þeim í bráð í ljósi ástands þorsstofnsins við Grænland. Sá möguleiki er vissulega fyrir hendi að síðar muni seiðarek til Grænlands leiða til þess að sömu árgangar gangi 6-8 árum síðar á Íslandsmið.

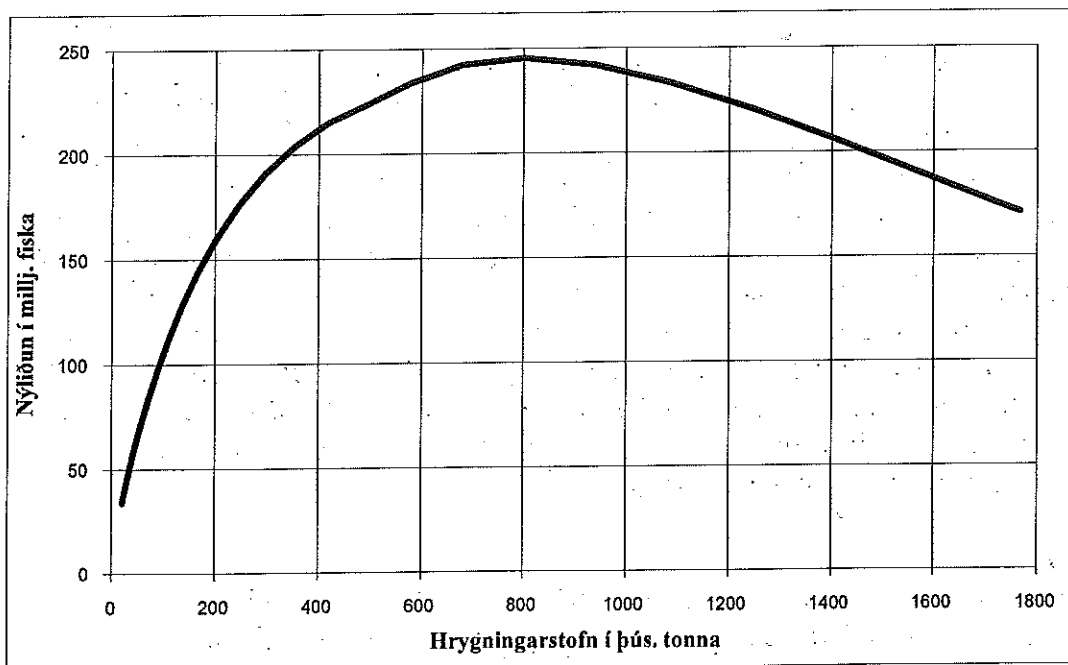
3.1.2 Nýliðun

Þegar líkanið er notað til að líkja eftir viðgangi þorsstofnsins þarf að búa til nýliðun á hverju ári og eru allnokkrar jöfnur tiltækar til þess að gera slíkt. Ljóst má vera að nýliðun verður engin ef enginn er hrygningarstofninn og er notast við svokallað Ricker-samband milli nýliðunar og hrygningarstofns. Slíkt samband gerir ráð fyrir að nýliðun vaxi þegar hrygningarstofn vex frá núlli upp í tiltekna stærð en síðan minnki nýliðun ef stofninn stækkar upp fyrir þau mörk.

Þótt hrygningarstofninn framleiði nýliðunina er ljóst að stofnhlutar geta haft neikvæð áhrif á nýliðun, með samkeppni eða afráni. Tekið er tillit til þessa með því að reikna með neikvæðum áhrifum af ókynþroska þorski á nýliðunina. Þannig ræðst nýliðun af stærð hrygningarstofnsins og stærð hins ókynþroska hluta stofnsins. Til viðbótar þessu þarf að reikna með miklum umhverfisáhrifum. Tekið er tillit til slíkra áhrifa í grunnlíkaninu með því að reikna með talsverðum breytileika í nýliðun. Ljóst er að breytileikinn í nýliðun er mjög mikill og er hér reiknað með að staðalfrávik sé um 35% af meðaltali í svokallaðri lognormal-dreifingu þegar reiknað er með óvissu.

Hugsanlegt er að frávik í nýliðun séu kerfisbundin og hafa raunar komið fram ýmsar vísbendingar um slíkt (Jón Ólafsson o.fl., 1993). Til að kanna áhrif af slíku er gerð frávikaprófun sem reiknar með að reglulegar tíu ára sveiflur séu í nýliðun.

Mynd 3.1. Nýliðun og hrygningarstofn þorsks



Þótt reiknað sé með að ókynþroska þorskur geti haft neikvæð áhrif á nýliðun, þá má reikna, hver verður meðalnýliðun við tiltekna stærð hrygningarstofns og er þá miðað við meðalstærð ókynþroska hlutans í samsvarandi jafnvægisstöðu. Þetta samband er sýnt í mynd 3.1.

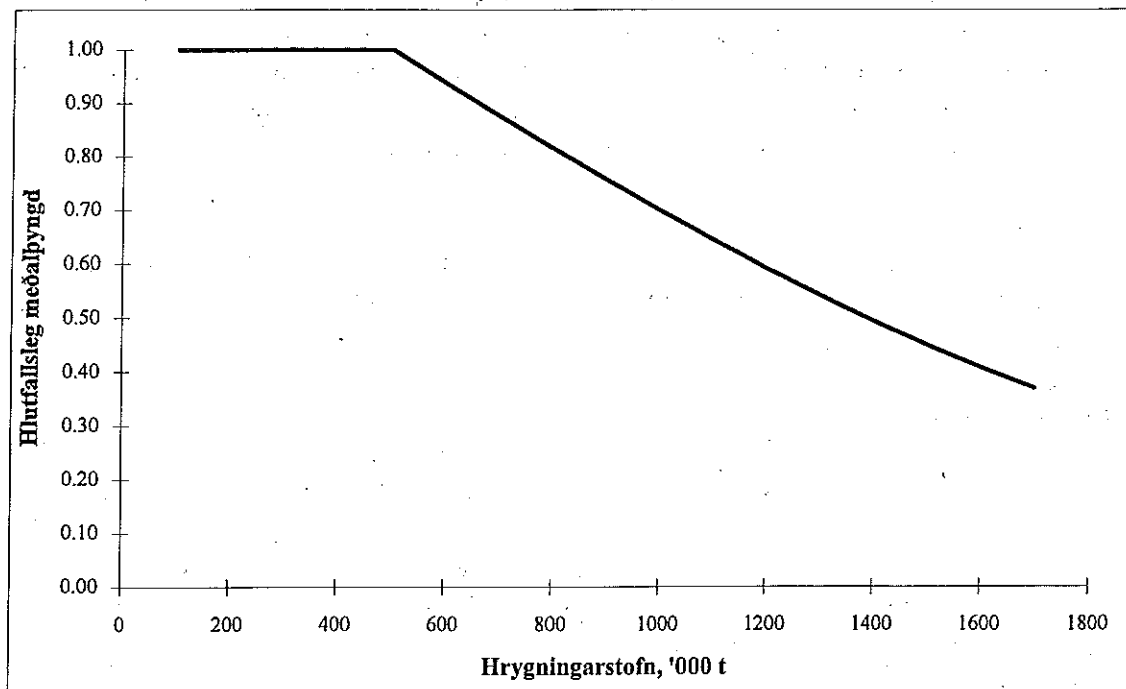
3.1.3 Þyngd einstaklinganna

Meðalþyngd eftir aldri er látin breytast þannig að vöxtur frá einu ári til þess næsta er háður þyngdinni fyrra árið ásamt stærð loðnustofnsins um áramót. Þegar reiknuð er stærð hrygningarstofns þorsks eru notaðar tölur um meðalþyngd á hrygningartíma.

Erfitt hefur verið að finna nokkurn vott af svokölluðum þéttleikaháðum vexti í gögnum um þorskinn, en svo nefnist það fyrirbæri að einstaklingar tegundar vaxa því hægar sem þeir eru fleiri. Nokkrar vísbendingar komu þó fram nýlega um þetta efni og hefur því verið tekið tillit til þessa hér.

Tekið er á þéttleikaháðum vexti með því að reikna fyrst hlutfallstölu sem er háð stofnstærð á þann hátt sem sýnt er á mynd 3.2.

Mynd 3.2. Hlutfallsleg meðalþyngd og hrygningarstofn þorsks



Þannig er reiknað með að meðalþyngd einstaklinga minnki úr núverandi stærð niður í 70% af núverandi stærð þegar hrygningarstofn þorsks vex frá 500 þúsund tonnum í milljón tonn samkvæmt ferlinum á myndinni.

Í áfangaskýrslu nefndarinnar kom í ljós að tilviljanakenndur breytileiki í meðalþyngd eftir aldri skipti ekki meginmáli fyrir niðurstöðurnar. Af þeim sökum er ekki bætt inn tilviljanakenndum breytileika í meðalþyngd eftir aldri í þær niðurstöður sem hér eru kynntar, heldur er reiknað með að vöxtur breytist í takt við fæðuframboð og stofnstærð, en án óvissu.

3.1.4 Hlutfall kynþroska

Stærð hrygningarstofns er reiknuð sem summa yfir aldursflokka af fjölda fiska sinnum meðalþyngd eftir aldri sinnum hlutfall kynþroska. Í fyrri skýrslu nefndarinnar kom í ljós að breytileiki í hlutfalli kynþroska skipti ekki höfuðmáli fyrir niðurstöðurnar og því er notast við þróun án óvissu í hlutfalli kynþroska eftir aldri í þeim reikningum, sem hér eru kynntir.

Þannig er reiknað með að hlutfall kynþroska eftir aldri minnki úr því háa hlutfalli sem mælst hefur að undanförunni niður í meðaltal á næstu árum.

3.2 Loðna

Einfalt loðnulíkan er notað, þar sem gert er ráð fyrir að einn árgangur í einu ráði mestu um breytingar í stofnstærð og veiðum. Árgangastyrkurinn er háður stærð þorsstofnsins (sjá síðar) en sveiflast að öðru leyti þannig að stofninn verður mjög lítil á um 7 ára fresti og veiðar minnka þá verulega.

Í óvissureikningum er síðan gert ráð fyrir miklum breytileika í nýliðun (staðalfrávik 20% af meðaltali) ásamt því að árafjöldinn milli þess sem loðnustofninn "hrynur" er gerður breytilegur, 5-9 ár.

3.3 Rækja

Stærstur hluti rækjuafila Íslendinga hefur fengist á úthafsrækjuveiðum á undanförunum árum. Því hefur sú leið verið valin að gera líkan af úthafsrækjuveiðunum og er byggt á gögnum af svæðinu Norðurkantur-Grímsey við líkanagerðina. Síðan er reiknað með að breytingar afla og stofnstærðar úthafsrækjunnar séu dæmigerðar fyrir rækjuveiðar almennt við landið.

Rækjulíkanið mótask af reynslunni af úthafsveiðum sem bendir til að stofnbreytingar stafi af veiðum, áti þorsksins og nýliðun. Nýliðun rækju í líkaninu er einnig háð stærð þorsstofnsins en samspil tegundanna er skýrt nánar hér á eftir.

3.4 Samspil tegunda

Sá grundvallarmunur er á þeim niðurstöðum sem hér eru kynntar og því sem kynnt var í áfangaskýrslunni að hér er tekið með beinum hætti á nokkrum þekktum þáttum í samspili tegundanna.

3.4.1 Þorskur - loðna

Loðna er mikilvægur þáttur í fæðuöflun þorsksins (Ólafur Pálsson, 1983). Samband hefur fundist milli stærðar loðnustofnsins og vaxtarskilyrða þorsksins (Björn Ævarr Steinarsson og Gunnar Stefánsson, 1991) og þorskurinn virðist ekki geta bætt sér upp loðnumissi að fullu með því að velja aðra fæðu (Ólafur K. Pálsson og Kjartan Magnússon, 1989 og 1991). Samspil þessara tegunda kemur fram í því að loðnustofninn hefur áhrif á einstaklingsvöxtinn hjá þorski en einnig þarf að taka tillit til þess að át þorsksins hefur áhrif á stærð loðnustofnsins.

Rannsóknir hafa sýnt að stærð loðnustofnsins hefur haft áhrif á einstaklingsvöxt þorsksins og hefur slíkt samband verið notað á undanförunum árum þegar gerðar hafa verið aflaspár fyrir þorsk (Hafrannsóknastofnun, 1993).

Stækki þorskstofninn má reikna með að hann éti meira af loðnu. Til einföldunar er reiknað með að náttúruleg afföll smáloðnu breytist í samræmi við stærð þorskstofnsins. Þannig er stærð þorskstofnsins notuð sem kvarði til að breyta nýliðun loðnustofnsins frá því meðaltali sem mælst hefur.

3.4.2 Þorskur - rækja

Sýnt hefur verið fram á að rækjuát þorsks geti haft talsverð áhrif á stofnstærð úthafsrækju (Gunnar Stefánsson o.fl., 1993), þótt ósennilegt sé að það skipti höfuðmáli fyrir þorskstofninn hvað varðar vöxt einstaklinganna (Ólafur Pálsson, 1983). Þorskurinn virðist hafa áhrif á rækjustofninn á tvo vegu, annars vegar með því að éta fullorðna rækju og minnka þannig beint veiðanlegt magn og hins vegar með því að minnka nýliðun í stofninum. Tekið er tillit til beggja þátta.

Þótt talsvert sé um að þorskur komist í innfjarðarækju, skiptir þó mestu máli hvað hann étur af úthafs-rækju. Hafsvæði þau sem úthafs-rækjan hefur gert að sínum eru að hluta hin sömu og uppeiddissvæði þorsksins enda virðist ókynþroska þorskur skipta máli hvað varðar afkomu

rækjunnar.

Reiknað er með því að nýliðun rækjunnar minnki línulega sem fall af magni ókynþroska þorsks niður að lágmarksnýliðun. Ekki er reiknað með þeim möguleika að samhengi sé milli framboðs af loðnu og rækjuáts þorsks.

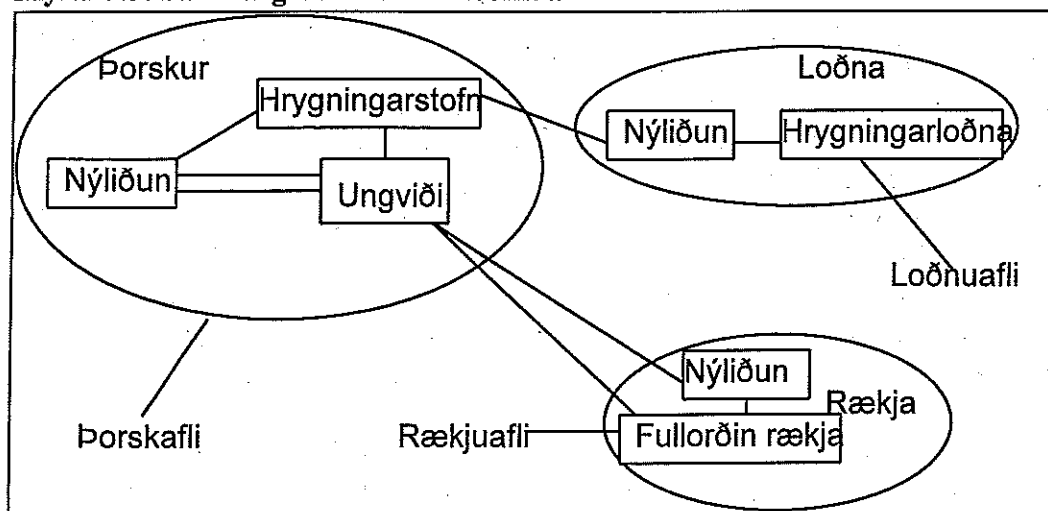
Einnig er reiknað með að þorskurinn éti tiltekið magn af úthafs-rækju og verður líkanið því þannig að rækjustofninn í lok árs reiknast sem rækjustofn í upphafi árs að viðbætti nýliðun en að fráðregnum veiðum og afráni.

Notast er við gögn af svæðinu Norðurkantur-Grímsey við líkanagerð. Niðurstöður fyrir þetta svæði eru síðan yfirfærðar á rækjuveiðar á öllu hafsvæðinu umhverfis landið. Þannig eiga allar tölur og myndir í þessari skýrslu við heildarafla.

3.4.3 Þorskur - loðna - rækja

Eftirfarandi mynd gefur einfalt yfirlit yfir þá þætti sem tekið er tillit til í líkaninu.

Mynd 3.3. Samhengi stofna í líffræðilíkani



3.5 Efnahagshluti líkansins

Efnahagshluti líkansins er mjög einfaldur, en þó þannig að tekið er tillit til þeirra atriða sem mestu skipta um val á stefnu sem leiðir til hagkvæmrar nýtingar fiskistofnanna. Rétt er í þessu samhengi að leggja áherslu á að með efnahagshluta líkansins er ekki verið að búa til líkan sem getur spáð um framþróun sjávarútvegsins, tekjum hans og hagnaði á næstu 20-30 árum. Efnahagshluti líkansins hefur einvörðungu hlutverk efnahagslegrar mælistiku sem geri kleift að bera saman mismunandi nýtingarstefnur innbyrðis. Það er í þessu ljósi sem ákveðið var að sleppa öllum óvissuþáttum í efnahagshluta líkansins. Auðvitað er mikil óvissa um marga mikilvæga hagræna þætti, s.s. verð á sjávarafurðum, launakjör sjómanna og verkafólks, oluverð o.fl. Þessir þættir vega þungt í afkomu sjávarútvegsins en skipta minna máli við val á hagkvæmum nýtingarkostum. Framkvæmd er næmnigreining á áhrifum þess að breyta forsendum varðandi afkomu þorskveiða- og vinnslu.

Sú ákvörðun að sleppa allri óvissu úr efnahagshluta líkansins gerir það að verkum að niðurstöður um breytileika hagnaðar, eða breytileika framlags til landsframleiðslu endurspeglar einvörðungu óvissuna um líffræðilegu þættina. Ef óvissunni um efnahagsþættina væri bætt við myndi breytileikinn vitaskuld aukast nokkuð.

3.5.1 Tekjur og verðteygni

Í líkaninu eru tekjur einfaldlega afli upp úr sjó sinnum meðalverð á endanlegri afurð. Miðað er

við útflutningsverðmæti á kg þorsks upp úr sjó á árinu 1993, sem talið er hafa verið tæpar 110 kr. Þetta verð er talið breytast með framboði þorsks frá Íslandi á þann hátt að ef framboð eykst upp í 300 þús. tonn þá lækkar verð í 108 kr. og ef framboðið eykst í 400 þús. tonn þá lækkar verð í 105 kr. Þessar forsendur styðjast við lauslega athugun á verðteygni þorskafurða í heild og áætlun um hlutdeild Íslands í heimsframleiðslunni.

Verð á rækju og loðnu er látið vera óháð framboði frá Íslandi. Verðið á rækju er sett á 140 kr. á kg af rækju upp úr sjó og verð á loðnuafurðum er sett á 7,75 kr. á hvert kg af loðnu upp úr sjó á vetrarvertíð, en 9,90 kr. á hvert kg af loðnu upp úr sjó á sumar- og haustvertíð.

3.5.2 Kostnaður

Reiknað er með föstum kostnaði á sóknareiningu við veiðarnar og föstum kostnaði á hvert kg af afla upp úr sjó við vinnsluna. Ef frá eru taldar loðnuveiðar og loðnuvinnsla er ekki gert ráð fyrir neinum föstum kostnaði, þ.e. reiknað er með því að fiskiskip nýtist til annarra veiða, eða hægt sé að selja þau, og sama gildi um vinnslustöðvar. Þetta er auðvitað nokkur einföldun miðað við núverandi aðstæður, en þó e.t.v. ekki svo óráunhæft þegar horft er fram í tímann.

Fastur kostnaður á sóknareiningu við veiðarnar felur í sér að laun sjómanna séu föst fjárhæð á ári óháð aflabrógðum og verðlagi afurða. Ekki er þó verið að spá því að hlutskiptakerfið verði aflagt, heldur er gert ráð fyrir að laun sjómannsins séu jöfn fórnarkostnaði við að nýta vinnu hans. Ef sjómenn fengju meira í sinn hlut en sem nemur þessum fórnarkostnaði, eru þeir í raun að fá hlutdeild í hagnaðinum af veiðunum. Hér er látið sem laun sjómanna hafi verið jöfn fórnarkostnaðinum árið 1993 og að þau breytist ekki frá því.

Gert er ráð fyrir að afkastageta loðnuveiða og -vinnslu sé rúmlega 900 þús. tonn af loðnu á ári. Þessi afkastageta er látin standa óbreytt, þ.e. hvorki er bætt við fjárfestinguna né hún minnkuð. Fastur kostnaður er því samfara að hafa þessa afkastagetu til reiðu, og nemur hann um 22% af tekjum þegar 900 þús. tonn eru veidd.

Einn mikilvægasti þátturinn í líkaninu er afli á sóknareiningu. Gert er ráð fyrir að afli á sóknareiningu vaxi þegar nýtingarstofninn (þ.e. veiðistofninn veginn með veiðanleika einstakra árganga) vex. Þetta gildir bæði fyrir þorsk og rækju, en ekki fyrir loðnu sem er torfufiskur. Vegna þess að aflareglan fyrir rækju miðar við að halda stofninum í sömu stærð breytist rækjuafli á sóknareiningu mjög lítið. Aftur á móti breytist afli á sóknareiningu mikið á þorskveiðum. Reiknað er með að ef nýtingarstofninn tvöfaldist þá aukist afli á sóknareiningu um 63%. Vísbendingar eru um að afli á sóknareiningu kunni að aukast enn hraðar með stækkun nýtingarstofnsins, jafnvel að hann aukist um 100% þegar nýtingarstofninn tvöfaldast. Ef svo er verður ábatinn af því að takmarka veiðar og efla þorskstofninn enn meiri en gert er ráð fyrir í þeim niðurstöðum líkansins sem hér er gerð grein fyrir.

Breytilegur kostnaður á hverja sóknareiningu og við vinnslu á hverju kg af hráefni er stilltur af þannig að afkoma þorskveiða og -vinnslu er í járnnum; rúmlega 3% hagnaður er af rækjuveiðum og -vinnslu og rúmlega 3% hagnaður af loðnuveiðum og -vinnslu á árinu 1993.

3.5.3 Verðmæti fiskstofnanna

Verðmæti fiskstofnanna í krónum talið er jafnt hæsta núvirði hagnaðar sem hægt er að hafa af nýtingu stofnanna. Þegar stofnarnir eru líffræðilega samtengdir eins og þorskur, loðna og rækja, er ekki hægt að reikna fræðilega út verðmæti þeirra hvers fyrir sig. En þar eð þorskstofninn er langmikilvægastur er verðmæti hans nálægt því að vera jafnt heildarverðmæti allra stofnanna. Í reikningunum hefur verið notuð jafna til að reikna út námundagildi fyrir verðmæti þorskstofnsins út frá stærð nýtingarstofnsins. Stuðlarnir í þessa jöfnu voru fengnir með því að skoða samband á milli nýtingarstofnsins og verðmætis hans þar sem því miðað var við hámark núvirðis hagnaðar og 5% vexti.

3.5.4 Hámörkun hagnaðar

Mat á mismunandi nýtingarkostum byggist á hámörkun hagnaðar. Mismunurinn á afurðaverði og framleiðslukostnaði, núvirtum, er því leiðarljósið í þessum eignum. Hagkvæmasta stefnan er sú sem gefur mestan arð (núvirtan).

Í þessu sambandi er rétt að vekja athygli á að vaxtaforsenda að baki útreikninganna skiptir miklu máli. Þeim mun hærri sem vextirnir eru þeim mun minni áherslur þarf að leggja á eflingu fiskstofna og öfugt.

3.5.5 Önnur sjónarmið

Ekki er einhlítt að horfa til hámörkunar núvirts hagnaðar. Fleiri sjónarmið þarf að hafa í huga. Í fyrsta lagi er markaðsverð ekki alltaf í samræmi við fórnarkostnað framleiðsluþátta. Þetta getur vegið þungt ef almennt atvinnuleysi ríkir eða fiskiskip eru vannýtt. Við slíkar aðstæður getur fórnarkostnaður við nýtingu framleiðsluþáttanna farið langt niður fyrir markaðsvirði þeirra. Hagnaðurinn er auðvitað þeim mun meiri sem fórnarkostnaðurinn er minni.

Það skiptir einnig máli að ætla má að fólk vilji forðast miklar sveiflur í neyslu. Í hagkerfi þar sem lánamarkaðurinn er fullkominn er hægt að jafna sveiflur í neyslu. Með lántökum og lánveitingum getur sá sem býr við sveiflukenndar tekjur jafnað sveiflur í útgjöldum sínum og neyslu. Þetta virðist hins vegar ekki ganga þannig, heldur fylgja sveiflur í neyslu eftir sveiflum í tekjum heimilanna sem aftur fylgja sveiflum í útflutningstekjum. Af þessum ástæðum þarf að meta mismunandi kosti varðandi afla og framleiðslu, m.t.t. sveiflna í tekjum. Þetta er gert með sérstakri jöfnu þar sem sveiflufælni er mæld með stuðli sem er stærri eða jafn 0. Ef stuðullinn er 0, þá er engin sveiflufælni, en sveiflufælnin verður meiri eftir því sem stuðullinn stækkar. Almennt er talið að stuðullinn sé um 2, en 6 sé nokkuð hátt gildi. (Sjá áfangaskýrslu vinnuhópsins, bls. 35).

Rétt er að geta þess að ekki er tekið tillit til kostnaðar sem tengist því að markaðir kunna að glatast og hæfni starfsfólks að minnka eða byggð raskast. Allir þessir þættir eru rök gegn því að nýting einhvers fiskistofns verði stöðvuð. Þó ber auðvitað að veita þennan kostnað á móti þeim kostnaði sem felst í því að veiða umfram þann afla sem gefur hámarkshagnað.

3.5.6 "Græn landsframleiðsla" - "grænar þjóðartekjur"

Í þjóðhagsreikningum er fjárfesting bóndans, sem stækkar bústofn sinn með því að setja fleiri gripi á, talin með verðmætasköpun ársins og tekjum ársins. Þetta er aftur á móti ekki gert þegar um er að ræða ýmsar náttúruauðlindir, s.s. fiskstofna. Ástæðan fyrir þessu er tvíþætt. Annars vegar er erfitt að meta markaðsvirði þessara auðlinda og hins vegar hefur oft verið óljóst hver hefur yfirráð yfir umræddri eign. Miklar framfarir hafa hins vegar orðið á undanförunum árum í því að meta verðmæti náttúruauðlinda, bæði frá sjónarmiðum nýtingar og umhverfisverndar. Þá hafa alþjóðasamþykktir eins og hafréttarsáttmáli Sameinuðu þjóðanna og almenn viðurkenning á 200 mílna fiskveiðilandhelgi strandríkja dregið úr óvissu um hver hafi yfirráðin yfir auðlindunum í sjónum.

Sú viðbót við hefðbundna þjóðhagsreikninga sem fæst með fjárfestingum í endurnýjanlegum auðlindum eins og fiskistofnum hefur fengið samheitið "grænir þjóðhagsreikningar". Lykilhugtök slíkra þjóðhagsreikninga eru þá "græn landsframleiðsla" og "grænar þjóðartekjur". Hér er horft til nýtingar þorsks, loðnu og rækju og því liggur beint við að skilgreina þessi hugtök svona:

Græn landsframleiðsla (GVLF) = VLF + breyting á verðmæti náttúruauðlinda.

Grænar þjóðartekjur (GVPT) = VPT + breyting á verðmæti náttúruauðlinda.

4. Framreikningar án óvissu

Í þessum kafla eru gefnar niðurstöður beinna framreikninga, þar sem ekki er gert ráð fyrir óvissu um framtíðina. Slíkir framreikningar gefa gagnlegar vísbendingar þegar bornar eru saman mismunandi aðferðir við nýtingu stofna. Ekki er ráðlegt að leggja mjög mikla áherslu á einstakar tölur, t.d. um langtímaafrakstur, heldur ber fyrst og fremst að athuga samanburð á mismunandi aflareglum og fá þannig vísbendingar um, hvert sé skynsamlegt að stefna við nýtingu þeirra stofna sem hér eru til umfjöllunar.

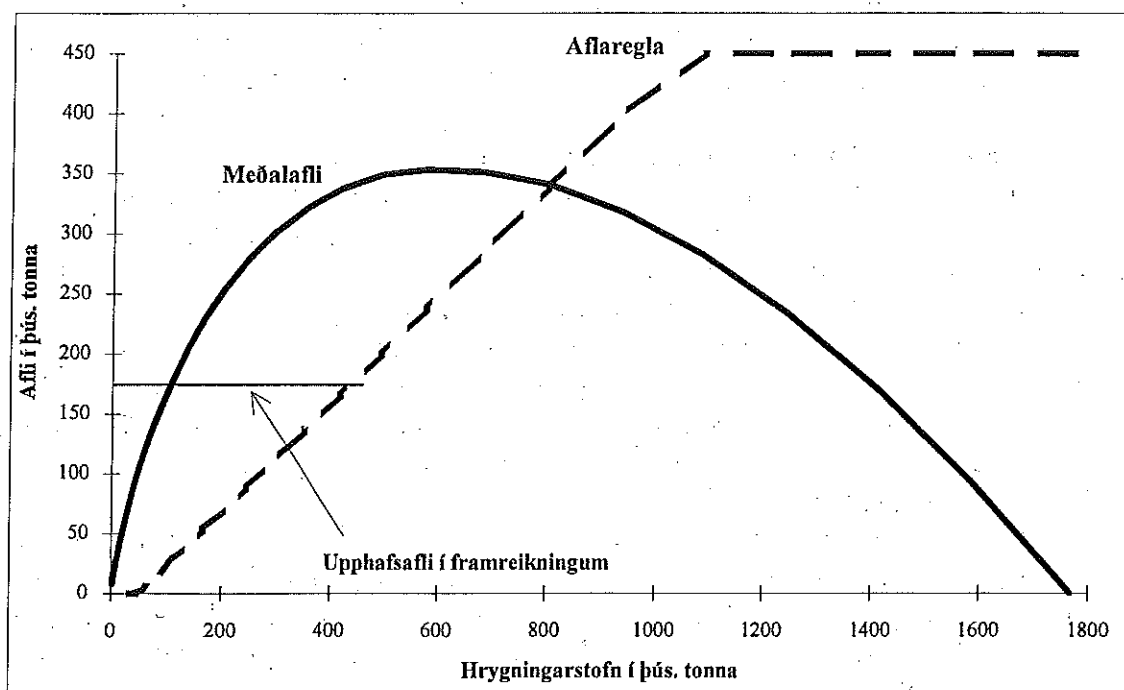
Í undirköflum 4.1-4.3 eru útreikningar miðaðir við fiskveiðidánarstuðla á sama hátt og gert er í ritum Hafrannsóknastofnunarinnar og áfangaskýrslu vinnuhópsins. Í undirkafla 4.4 eru hins vegar kynntar aflareglur og eru þær notaðar í framhaldinu.

4.1 Þróun stofna og afla miðað við tiltekna sókn

4.1.1 Viðmiðanir byggðar á jafnstöðureikningum

Á mynd 4.1 er sýndur meðalafli af þorski síðustu 7 árin þegar líkaninu er beitt til framreikninga. Þessi meðalafli er hér kallaður *jafnstöðuafl*, þótt í raun sé hæpið að tala um jafnstöðu þar sem þorskstofninn sveiflast í samræmi við sveiflur í loðnustofninum. Ef ekki væri breytileiki í kerfinu myndi stofn í jafnvægi geta gefið afla samkvæmt jafnstöðuferli. Á myndinni sést að hámark jafnstöðuafla næst við um 600 þúsund tonna hrygningarstofn samkvæmt þeim gildum á stuðlum, sem hér eru notuð. Einnig sést að ferillinn er nokkuð flatur þegar hrygningarstofninn er fyrir ofan um 400 þúsund tonn og lítið fall er í jafnstöðuaflanum þótt hrygningarstofninn vaxi umtalsvert yfir 600 þúsund tonninn.

Mynd 4.1. Meðalþorskafla á móti meðalhrygningarstofni þorsks í lok tímabilsins



Hver punktur á myndinni samsvarar því að notuð sé tiltekin sókn sem heldur stofninum föstum í þeirri stærð.

Þótt ofangreind mynd láti ekki mikið yfir sér hefur hér verið tekið tillit til þéttleikaáhrifa í vexti, sambands hrygningarstofns og nýliðunar, sjálfráns þorsks, áhrifa af því að nýliðun loðnu minnkar með stærri þorskstofni og að þá minnkar einstaklingsvöxtur þorsksins.

Ekki er nóg að finna jafnstöðuafla af þorski eins og á þessari mynd, heldur þarf einnig að reikna samsvarandi hluti fyrir aðra tengda stofna og kanna síðan efnahagsleg áhrif af mismunandi sókn.

4.1.2 Um aflareglur

Með aflareglu er átt við fasta reglu sem notuð er til þess að ákvarða heildarafla úr stofni á tilteknu ári. Inn í slíkri reglu þarf að vera allur afli sem tekinn er úr stofninum. Þannig er meðtalið í reglunni frávík vegna úthlutunar hugsanlegra sérleyfa, veiða utan kvóta, ólöglegra veiða o.s.frv. Þar sem prófanir á aflareglu hljóta alltaf að miða við að afli sé tekinn samkvæmt reglunni er einungis hægt að segja til um afleiðingar þess að reglunni sé fylgt. Ef regla er valin en henni síðan ekki fylgt, þá gilda ekki heldur niðurstöður prófunarinnar.

Aflareglur má miða við mismunandi forsendur. Til dæmis má miða við tiltekna sókn á mælikvarða fiskveiðidánarstuðuls, en einnig má byggja á stærð hrygningarstofns eða veiðistofns.

Aflaregla miðuð við stærð hrygningarstofnsins getur t.d. byggjast á því að taka heildarafla í tonnum sem samsvarar tilteknum hundradshluta af þeirri tonnatölu sem hrygningarstofninn er umfram lágmarksstærð. Sem dæmi má nefna reglu þar sem afli yrði reiknaður sem 45% af tonnatölu hrygningarstofns umfram 50 þúsund tonn. Augljóslega yrðu ýmis vandkvæði við að fylgja slíkri reglu blint því hún myndi leggja til að aðeins yrðu veidd um 68 þúsund tonn úr 200 þúsund tonna hrygningarstofni. Því má hugsa sér að setja tiltekinn upphafsafli, sem miðað væri við meðan stofninn er að komast í betra horf. Til viðbótar er afar æskilegt til lengri tíma lítið að mesti ársafli sé takmarkaður til að koma í veg fyrir að afli verði allt of mikill tiltekið ár, en slíkt getur leitt til þess að stofninn snarminnki og erfiðlega reynist að rétta hann við aftur.

Dæmi um slíka aflareglu er gefið á mynd 4.1. Hér, og í því sem á eftir fer, er gert ráð fyrir óbreyttum aflareglum frá því sem nú er fyrir loðnu. Því er loðnuafl ákvarðaður þannig að ef stofnmat er innan við 400.000 tonn þá er ekkert veitt, en ef stofninn er metinn stærri en 400.000 tonn, þá er heildaraflamark ákvarðað þannig að eftir verði 400.000 tonn af stofninum að lokinni vertíð. Ef stofnmat er t.d. 900.000 tonn þá er heildaraflamark í loðnu jafnt 500.000 tonnum. Gert er ráð fyrir að rækjuafli miðist við að stærð rækjustofnsins sé óbreytt frá árinu 1993.

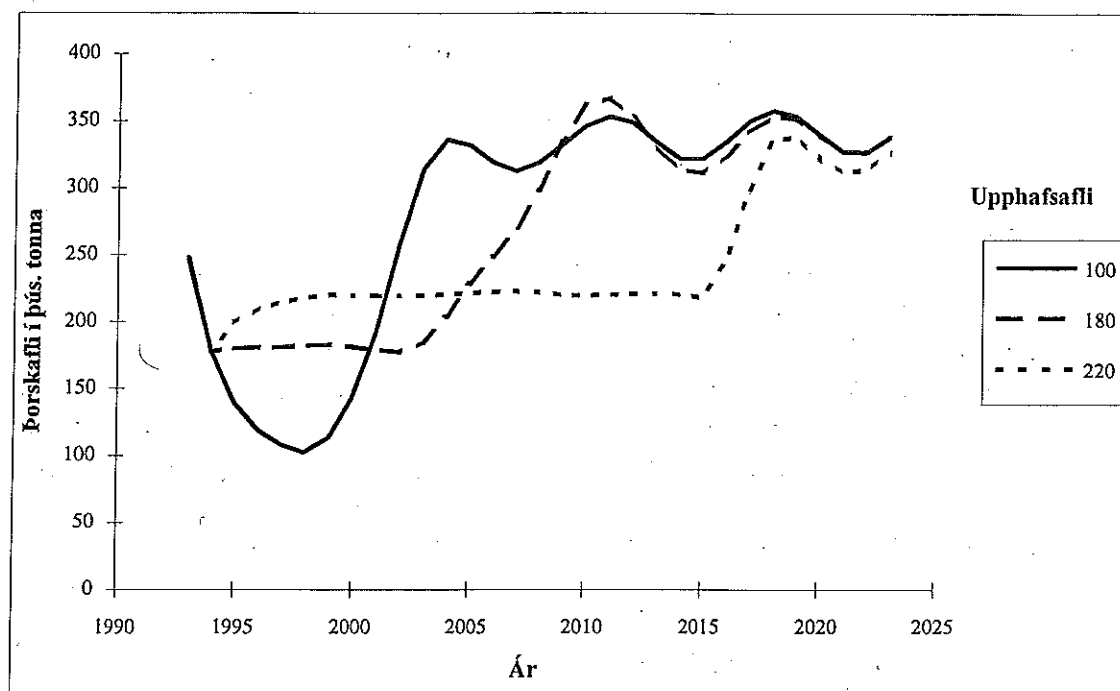
Á mynd 4.1 er einnig sýndur jafnstöðuaflinn, þ.e. meðalafli síðustu 7 árin sem notuð eru. Á þessari mynd sést að aflareglan sker jafnstöðuaflann við um 800 þúsund tonna hrygningarstofn og 340 þús. tonna afla. Ef ekki væri breytileiki í kerfinu myndi stofn og afli lenda í jafnvægi við þessar stærðir.

Einnig má byggja aflaregluna á stærð veiðistofns (þ.e.a.s. lífmassa fiska 4 ára og eldri). Sem dæmi má nefna að regla sem miðast við að veidd séu 21,5% veiðistofns á hverju ári hefur svipaða eiginleika, t.d. hvað varðar langtímajafnvægi, og reglan sem byggist á hrygningarstofni og er sýnd í mynd 4.1.

4.1.3 Þróun stofns og afla

Áhrif á aflaþróun miðað við mismunandi aflareglur, byggðar á hrygningarstofni, má sjá á mynd 4.2. Hér eru sýndir aflaferlar miðað við mismunandi upphafsafli og sést greinilega hvernig aflinn næst því seinna upp sem upphafsafli er settur hærra.

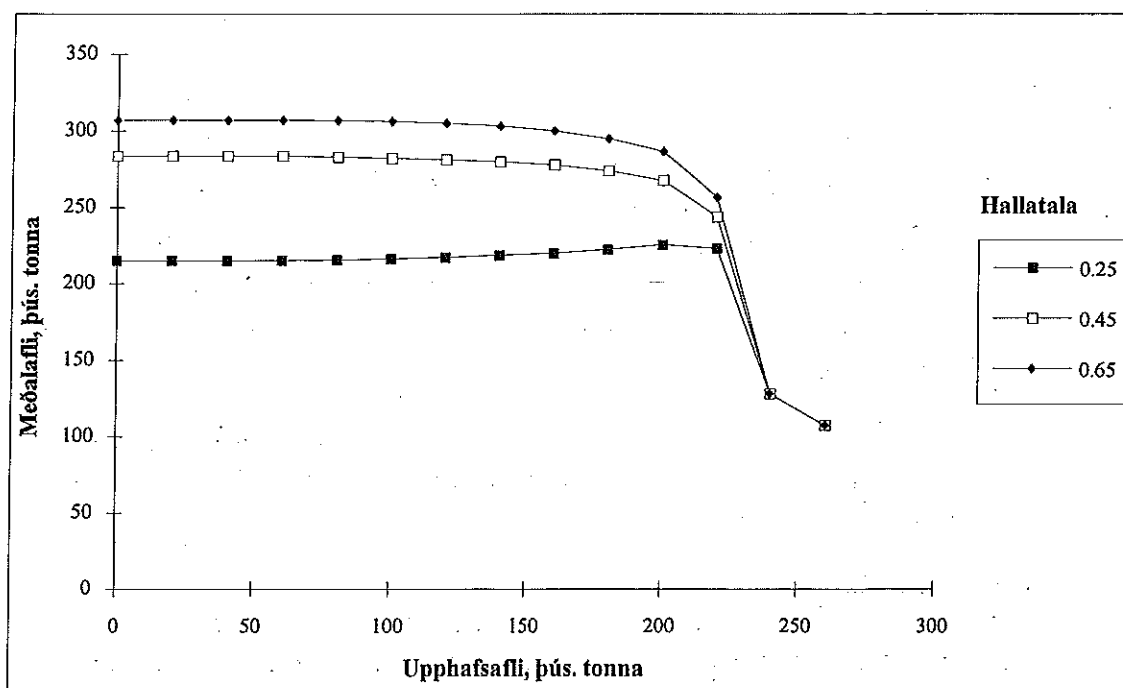
Mynd 4.2 Þróun þorskafla með aflareglu



4.1.4 Aflaregla - áhrif af mismunandi stuðlum

Mynd 4.3 sýnir áhrif tveggja stuðla aflareglunnar á meðalafla af þorski allt tímabilið. Á myndinni kemur fram að þótt meiri afli fáið eftir því sem meira er dregið úr aflanum í upphafi, þá eru áhrifin af þeirri minnkun tiltölulega lítil ef aflinn er tekinn niður fyrir 175 þúsund tonn í upphafi.

Mynd 4.3 Ársafli af þorski
Meðaltal 1995-2023



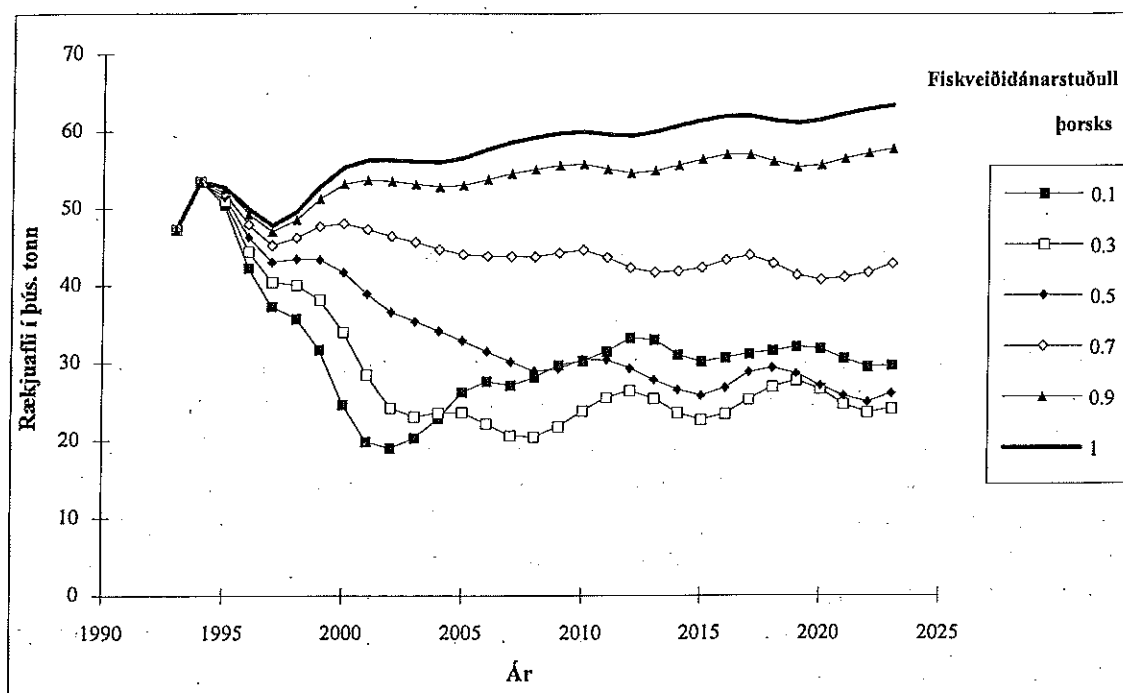
Einnig sést, að meðalaflinn breytist um 20 þúsund tonn ef hallinn á aflareglunni breytist frá 0.45 upp í 0.65. Athuga ber að þegar óvissu er bætt við þá eykst breytileikinn í aflanum frá ári til árs með auknum halla.

4.2 Fjölstofnaáhrif

4.2.1 Áhrif á rækju

Áhrif mismunandi stjórnunar þorskveiða á rækjuafli eru sýnd á mynd 4.4. Hér sést vel hvernig rækjuafli minnkar samkvæmt líkaninu þegar þorskstofninn stækkar. Þau viðbrögð eru mishröð eftir því hve hratt þorskstofninn stækkar.

Mynd 4.4. Þróun rækjuveiða miðað við mismunandi sókn í þorsk

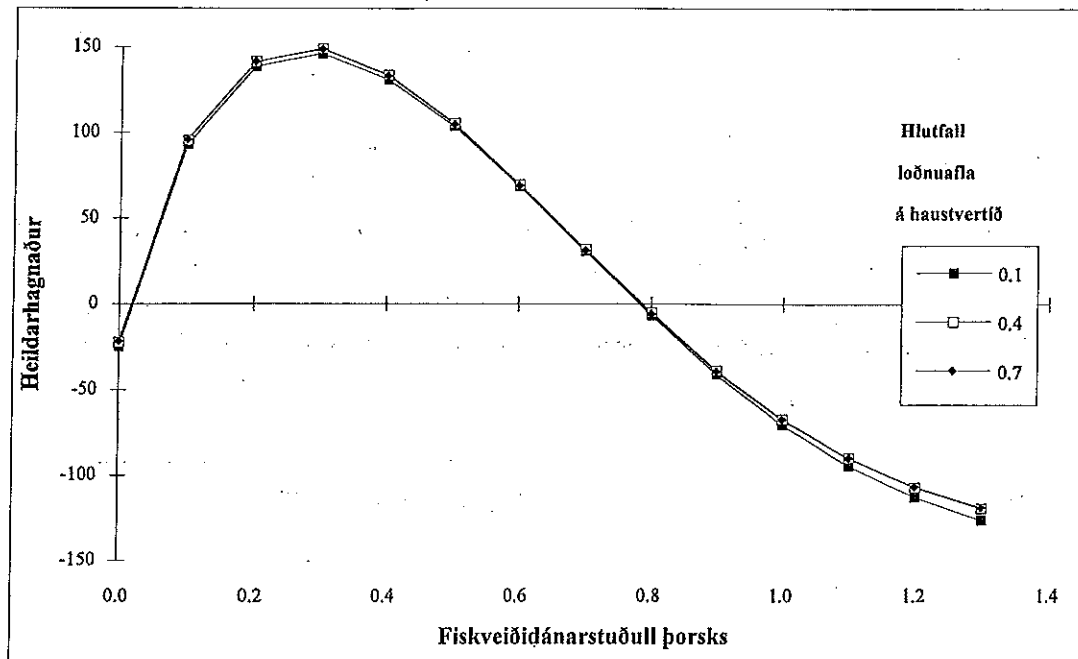


Eins og áður er lýst er notað líkan af hluta úthafsrækjunnar og þær niðurstöður yfirfærðar á allar rækjuveiðar. Slíkt er að nokkru leyti varasamt en gefur vísbendingu um að vænta megi að rækjuafli minnki talsvert ef þorskstofninn er nýttur miðað við fiskveiðidánarstuðulinn 0.3 svo dæmi sé tekið.

4.2.2 Áhrif loðnu og þorsks á heildarafrakstur

Ef þorskstofninn stækkar mun loðnuafli verða minni samkvæmt líkaninu og ef mikið er veitt af loðnu snemma á vertíð minnkar meðalþyngd þorsksins. Af þeim sökum er áhugavert að kanna heildaráhrifin af mismunandi sókn í þorsk og loðnu á heildarafrakstur. Á mynd 4.5 er sýndur núvirtur heildarhagnaður af nýtingu þorsks, loðnu og rækju sem fall af fiskveiðidánarstuðli þorsks og hlutfalli loðnuafli á haustvertíð af mældum loðnustofni umfram 400.000 tonn.

Mynd 4.5 Heildarhagnaður sem fall af sókn í þorsk og loðnu
Milljarðar króna



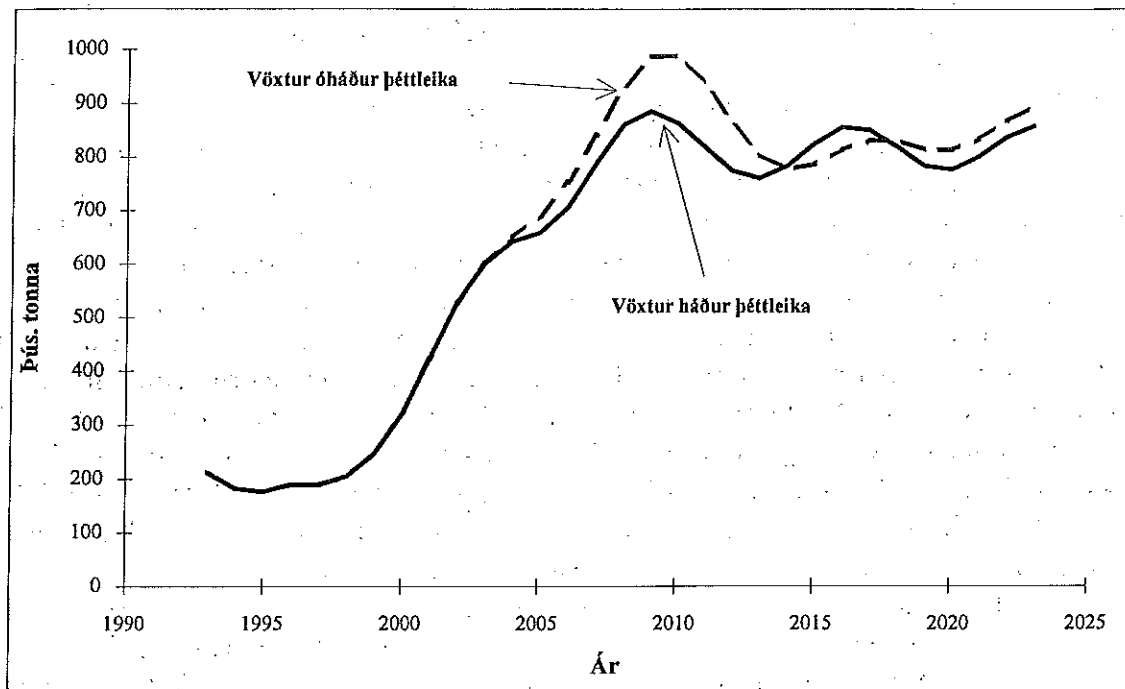
Aukinn loðnuafli á haustvertíð leiðir til þess að þorskstofninn vex hægar en ella og efling þorskstofnsins leiðir til þess að minna er af loðnu í sjónum fyrir loðnuveiðar og -vinnslu. Í þessu felst að líta verður á minnkun afraksturs loðnuveiða og -vinnslu sem hluta af kostnaðinum við að efla þorskstofninn og auka hagkvæmni þorskveiðanna. Þetta efnahagslega samband á milli nýtingar á loðnu og þorski er dæmigert fyrir þær aðstæður sem skapast þegar notuð eru líffræðileg fjölstofnalíkön. Það fer eftir aðstæðum hverju sinni hvort skynsamlegt er að nýta báða stofnana, eða einungis annan.

Niðurstöður úr reikningum með líkaninu benda eindregið til þess að hentugt sé að koma þorskstofninum upp í þá stærð þar sem nauðsynlegt verði að minnka loðnuveiðar eitthvað miðað við það sem verið hefur undanfarin ár. Í töflu 4.2 sést hversu mikill samdráttur í loðnu- og rækjuafli er talinn hagkvæmur í reikningum með líkaninu þar sem ekki er tekið tillit til óvissu. Í töflunni sést að þegar litið er til heildarafraksturs allra stofnanna er skynsamlegt að hafa þorskstofninn heldur minni og nokkru meiri loðnuveiði heldur en talið er hagkvæmt þegar einungis er horft til afraksturs af þorskveiðum og -vinnslu. Þessar niðurstöður eru nokkuð breytilegar eftir forsendum varðandi arðsemi loðnuveiða og -vinnslu. Þess ber einnig að gæta að loðnan er mjög sveiflukenndur stofn og misvel hefur gengið að veiða leyfilegan afli. Við nákvæmari úttekt á hagkvæmni loðnuveiða þarf að taka tillit til þessara sveiflna og til þeirrar afkastagetu sem hagkvæm þykir og raunhæft er að stefna að.

4.2.3 Áhrif þess að reikna með að vöxtur sé þéttleikaháður

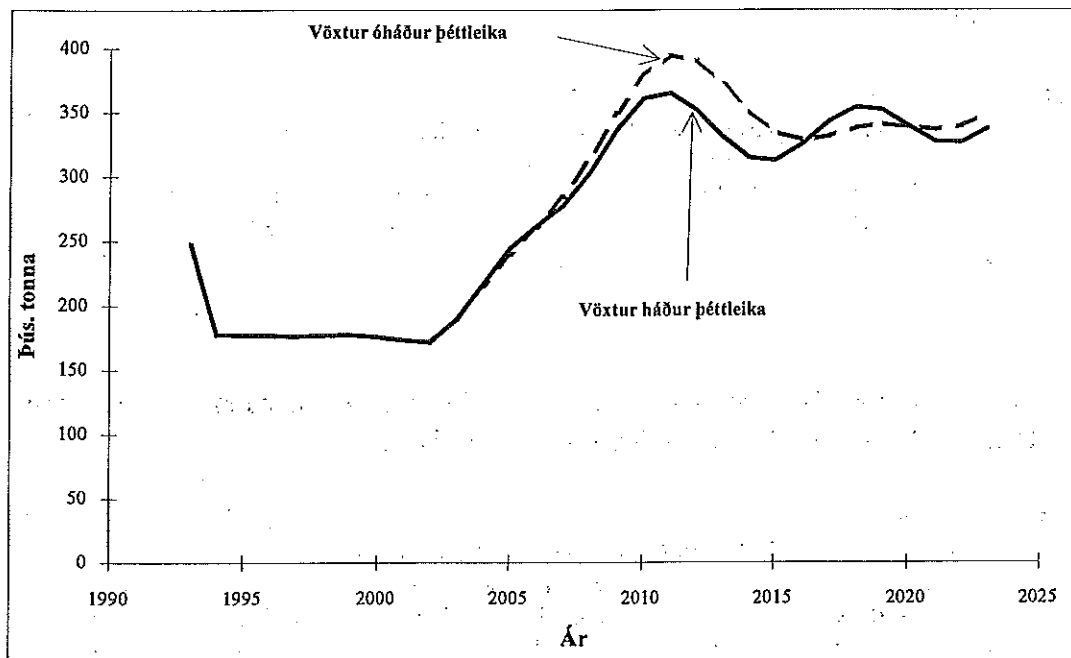
Áhrif þessa á stofnstærð eru sýnd á mynd 4.6. Hér er aðeins tekin sem dæmi notkun aflareglunnar með 175 þúsund tonna upphafsafli.

Mynd 4.6 Þróun hrygningarstofns. Vöxtur háður eða óháður þéttleika



Áhrif á aflann eru sýnd á mynd 4.7.

Mynd 4.7 Þorskaflí. Vöxtur háður eða óháður þéttleika



Af þessu má ráða að áhrifin á aflabrögð geta verið umtalsverð og yrðu þau bæði til að minnka heildaraflann og jafna sveiflur í stofninum. Ekki verður þó unnt að meta slík áhrif af neinni nákvæmni fyrir en stofninn stækkar talsvert og tæplega er hægt að reikna með að áhrifanna verði vart fyrir en upp úr aldamótum.

4.3 Afrakstur auðlindarinnar

Hér verður gerð grein fyrir niðurstöðum könnunar á hagkvæmustu sókn og hagkvæmasta afla miðað við mismunandi forsendur um hvaða markmið séu skynsamleg.

4.3.1 Niðurstöður þegar hámarks hagnaður er markmiðið

Í fiskihagfræðilegum líkönum gildir nokkuð almennt sú meginregla að þegar miðað er við hámarks núvirts hagnaðar er hagkvæmast að láta stofninn ná sem fyrst þeirri stærð sem að er stefnt, til langs tíma lítið, og halda sókn og afla föstum upp frá því. Ef stofninn er minni en slíkt langtíamarkmið er best að stöðva veiðarnar, leyfa stofninum að rétta við og hefja veiðar þegar hann hefur náð sér. Ef lítið er á þorsk einan sér leiða útreikningar í ljós að hagkvæmasti hrygningarstofn er um 820 þús. tonn, hagkvæmasti nýtingarstofn um 1.400 þús. tonn og hagkvæmasti veiðistofn um 1.600 þús. tonn. Fiskveiðidánarstuðullinn væri þá 0,3 sem samsvarar því að á hverju ári séu veiddir 23% af 5-10 ára fiskum. En sé tekið tillit til samspils þorsks, rækju og loðnu er hagkvæmast að stefna að nokkru minni stofnstærð þorsks, eða 750 þús. tonna hrygningarstofni, 1.300 þús. tonna nýtingarstofni og 1.550 þús. tonna veiðistofni, en afli á ári verði þá um 350 þús. tonn. Fiskveiðidánarstuðullinn væri þá 0,33 sem samsvarar því að 25% af 5-10 ára fiskum séu veiddir árlega.

Þessar niðurstöður eru nokkuð háðar forsendum fyrir arðsemi þorskveiðanna við gefna stofnstærð, þ.e. afstöðum einingarverðs og kostnaðar á framleidda einingu. Hér verður notuð sú aðferð að breyta forsendum varðandi afkomu þorskveiða og -vinnslu með því að breyta verði á þorskafurðum. Einnig skiptir máli hversu mikið afli á sóknareiningu eykst þegar stofninn stækkar. Þetta samband er mælt með teygnistuðli sem er 0,7 þegar afli á sóknareiningu eykst um 63% þegar nýtingarstofninn tvöfaldast, en 1 þegar aukningin er 100%. Niðurstöðurnar eru sýndar í töflum hér fyrir neðan. Tafla 4.1a sýnir hagkvæmasta hrygningarstofn í þús. tonna þegar hagnaður af þorski, loðnu og rækju er hámarkaður miðað við 5% vexti.

Tafla 4.1a

Teygni afli á		Hrygningarstofn sem hámarkar hagnað m.v. 5% vexti					
		Frávik verðs frá meðalverði 1993					
sóknar- einingu		-10,00%	-5,00%	0,00%	5,00%	10,00%	25,00%
á móti	0,7	831	784	747	717	693	639
stofni	1,0	753	723	698	678	660	621

Tafla 4.1b sýnir verðmæti þorskstofnsins við sömu aðstæður. Til samanburðar má nefna að verg landsframleiðsla ársins 1994 er áætluð um 385 milljarðar.

Tafla 4.1b

Teygni afli á		Verðmæti þorskstofnsins í bestu stöðu					
		Frávik verðs frá meðalverði 1993					
sóknar- einingu		-10,00%	-5,00%	0,00%	5,00%	10,00%	25,00%
á móti	0,7	163	197	232	268	304	414
stofni	1,0	214	249	286	322	359	469

Útreikningar með líkaninu sýna að ef miðað er við hámarks hagnaðar þá er hagkvæmast að stöðva þorskveiðar í tvö ár, hefja veiðar á þriðja ári og auka þær í áföngum í framhaldi. Niðurstöður slíkra útreikninga, þar sem miðað er við 5% vexti, eru sýndar í töflu 4.2 sem fylgir hér á eftir.

Í kafla 4.1.2 var gerð grein fyrir aflareglu sem mælt er með að verði notuð við ákvörðun á hámarksafla. Skurðpunktur aflareglunnar og jafnstöðuaflaferilsins, þ.e. sá jafnvægispunktur sem er lengra til hægri í mynd 4.1 sýnir þann afla og þann hrygningarstofn sem stefna beri að þegar til lengri tíma er litið. Eðlilegast er að miða þennan punkt við þá stærð hrygningarstofnsins og þann afla sem hámarkar hagnað. Samkvæmt reikningum með líkaninu ætti jafnvægispunkturinn að vera þar sem hrygningarstofninn er 700-800 þús. tonn og aflinn er um 350 þús. tonn.

4.3.2 Niðurstöður þegar miðað er við önnur markmið en hámarkun hagnaðar

Eins og gerð var grein fyrir í kafla 3.5.5 getur verið munur á markaðsverði og fórnarkostnaði, einkum ef um er að ræða atvinnuleysi og vannýtingu framleiðslutækja, þ.e. við þær aðstæður sem við búum við nú. En þótt rökstyðja megi að "rétt" verði á vinnu og fjármagni sé einhvers staðar á milli núll og markaðsvirðis þessara framleiðslupátta við núverandi aðstæður, þá er erfitt að tilgreina nánar hvert sé hið "rétt" gildi. Af þeirri ástæðu verður hér farin sú leið að miða einungis við öfgatilfellin þar sem fórnarkostnaðurinn er jafn markaðsvirðinu og þar sem fórnarkostnaður er enginn. Niðurstöður úr útreikningum þar sem miðað er við að fórnarkostnaður vinnu og fjármagns sé enginn sýna að hagkvæmasta sókn og hagkvæmasti afli verður meiri í byrjun en verið hefði ef kostnaðurinn við vinnu og fjármagn er talinn vera jafn markaðsvirði þeirra.

En þótt erfiðleikar steðji að íslenskum þjóðarþúskap nú um stundir er erfitt að réttlæta að tekið sé tillit til þessara sérstöku aðstæðna við val á heppilegustu stofnstærð og hagkvæmustu sókn og afla til langs tíma. Eðlilegast væri að miða langtímanýtingu stofnanna við það sem gefur mestan hagnað. Hins vegar er eðlilegt að velja þá leið við eflingu þorskstofnsins sem tekur tillit til atvinnuleysis, sveiflufælni, kostnaðar vegna glataðra markaðssambanda og byggðaröskunar.

Í dálkum 3-5 í töflu 4.2 er sýndur hagkvæmasti afli þegar við það er miðað að koma þorskstofninum upp í þá stærð sem hámarkar hagnað á 10 árum (1994-2003) en að sú leið sem farin er að þessu marki miðist við að hámarka núvirði velferðar þar sem nytjafall með innbyggða sveiflufælni er notað til að mæla velferðina, en hreinar útflutningstekjur eru notaðar sem nálgun fyrir neyslu. Í dálki 3 er miðað við að hámarka tekjur innlendra aðila af starfseminni, en það jafngildi að sveiflufælni sé engin. Í dálki 4 er miðað við meðalsveiflufæni, þ.e. hlutfallslega sveiflufælni upp á 2 (sjá áfangaskýrslu nefndarinnar, bls. 35), en í dálki 5 er miðað við að hlutfallsleg sveiflufælni sé 6 sem talið er í hærra lagi.

Í öllum dæmunum er öðrum útflutningstekjum haldið óbreyttum og því er hér eingöngu verið að meta hvernig þróun veiða og vinnslu á þorsk, rækju og loðnu hefur áhrif á niðurstöðuna. Þessi aðferð felur það í sér að miðað er við að engir aðrir möguleikar séu á að auka útflutningstekjur en þeir að auka sókn í þorsk, rækju og loðnu og að ekki sé hægt að jafna sveiflur í neyslu með lántöku. Þarna er því gripið til einföldunar því í raun má jafna sveiflur í neyslu að einhverju marki með lántöku. Slík sveiflujöfnun er hagkvæm þegar vextir, eru hærri af fiski í sjónum en af sveiflujöfnunarláni.

Hámarksaflinn í aflareglunni hefur þann tilgang að minnka sveiflur í afla og stærð þorskstofnsins. Upphafsaflinn í reglunni er aftur á móti réttlættur út frá þeim aðstæðum sem að ofan greinir og sem réttlæta að stofninn sé byggður hægar upp en sem svarar til þeirrar stefnu sem gefur hámarkshagnað. Til að réttlæta það að stöðva ekki veiðar þegar þorskstofninn er jafn lítill og nú er, þá þarf að gefa sér forsendur um almennt atvinnuleysi í landinu og offjárfestingu í sjávarútvegi. Upphafsaflinn í aflareglunni er þannig ekki réttlættur út frá aðstæðum í þorskveiðum og -vinnslu, eða ástandi þorskstofnsins, heldur út frá hag sjávarútvegsins og þjóðarþúskans í stærra samhengi.

Ástæða er til að áréttast að efnahagsleg rök mæla með því að þegar þorsstofninn er í lægð, þá verði dregið eins mikið úr sókn og mögulegt er. Með upphafsáflanum er hægt að ná einhverjum öðrum markmiðum en hámarksun hagnaðar, t.d. aukinni atvinnu og minni byggðaröskun. En slíkri viðleitni fylgir kostnaður í formi minni fjárhagslegrar arðsemi auðlindarinnar. Þessi kostnaður verður þeim mun meiri sem þorsstofninn er minni. Það virðist því lítil skynsemi í því að halda föstum lágmarksafla þegar stofninn er orðinn mjög lítil.

Sem dæmi þennan kostnað má nefna að ef hrygningarstofn þorsks er rúmlega 200 þús. tonn eins og nú er, þá er sá hluti kostnaðarins við að veiða 100 þús. tonn sem felst í minni fjárhagslegrar arðsemi auðlindarinnar um 3,5 milljarðar, en framleiðsluverðmæti sem fást úr 100 þús. tonnum af þorski eru um 7,5 milljarðar. Í þeim valkostum sem kynntir eru í töflu 4.2 þá er ráðlagður þorskafli á árinu 1994 mestur 84 þús. í því tilfelli þar sem miðað er við að kostnaður við notkun vinnu og fjármagns sé engin og sveiflufælni mjög mikil (dálkur 5). Ráðlagður afli í þessu tilfelli fer upp fyrir 100 þús. tonn strax 1995, en hann fer ekki upp fyrir 150 þús. tonn fyrr en árið 1997.

4.3.3 Mikilvægi breytinga á verðmæti auðlindarinnar - "grænir þjóðhagsreikningar"

Ljóst er að verulegur munur getur verið á mati á vergri landsframleiðslu þegar tekið er tillit til verðmætis auðlindarinnar í hafinu og þegar það er ekki gert. Sem dæmi má nefna að verðmæti þorsk-, loðnu- og rækjustofnsins í byrjun árs 1994 er áætlað á grundvelli líkansins sem 171 milljarður, en verðmæti stofnanna þegar þeir hafa náð kjörstærð er áætlað 230 milljarðar. Verðmætisaukningin nemur 59 milljörðum. Til samanburðar má nefna að áætlað er að veiðar og vinnsla þorsks, rækju og loðnu hafi skilað 26 milljörðum á árinu 1993. Það er því ljóst að verulegur munur getur verið á mældri landsframleiðslu eftir því hvort tekið er tillit til breytinga á verðmæti auðlindarinnar eða ekki. Með auknum veiðum er hægt að auka landsframleiðslu og hagvöxt skv. hefðbundum aðferðum vegna þess að ekki er tekið tillit til kostnaðar í formi minni afla í framtíðinni og þar með minna verðmætis auðlindarinnar. Þegar alls er gætt er þetta í raun hluti kostnaðar við veiðarnar nú. Sem dæmi um mikilvægi þess að taka tillit til breytinga á verðmæti auðlindarinnar má nefna að stöðvun þorskveiða í eitt ár eykur verðmæti hennar um 9 milljarða á einu ári. Til samanburðar má nefna að framlag þorskveiða- og vinnslu til landsframleiðslunnar er talið hafa numið um 16 milljörðum á árinu 1993.

Tafla 4.2 Niðurstöður hámarkunarreikninga

Eining: þús. tonn.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Þorskaflí	Þorskaflí	Þorskaflí	Þorskaflí	Þorskaflí	Þorskaflí
1993	247	247	247	247	247
1994	0	0	0	61	84
1995	0	0	80	120	114
1996	38	77	174	141	135
1997	158	177	188	160	155
1998	233	241	207	184	180
1999	250	260	230	210	206
2000	278	287	255	236	231
2001	308	315	278	259	255
2002	321	326	294	277	272
2003	329	334	306	290	287
2004	338	350	350	351	351
2023	342	353	352	352	352
Hrygningarstofn í þús. tonna:					
1993	213	213	213	213	213
2023	821	747	746	746	746
Nýtingarstofn í þús. tonna:					
1993	373	373	373	373	373
2023	1425	1330	1330	1330	1330
Veðistofn í þús. tonna:					
1993	527	527	527	527	527
2023	1606	1548	1548	1548	1548
Núvirði hagnaðar af þorskveiðum og vinnslu í milljörðum:					
1993	181	179	176	172	171
2023	235	232	232	232	232
Sókn í þorskstofninn (vísitala):					
1993	100	100	100	100	100
2023	54	58	58	58	58
Núvirði hagnaðar af þorsk-, loðnu og rækjuveiðum og vinnslu í milljörðum:					
1993	170	171	169	166	165
2023	230	230	229	229	229
Loðnuveiði í þús. tonna:					
1993	936	936	936	936	936
2023	380	443	444	444	444
Rækjuveiði í þús. tonna:					
1993	47	47	47	47	47
2023	26	26	26	26	26

(1): Hámarkun núvirðis hagnaðar af þorskveiðum og -vinnslu miðað við 5% vexti.

(2): Hámarkun núvirðis hagnaðar af öllum veiðum og allri vinnslu m.v. 5% vexti

(3): Aðlögun að hámarki hagnaðar á 11 árum m.v. hámarkun núvirðis framlags til landsframleiðslu m.v. 5% vexti.

(4): Aðlögun að hámarki hagnaðar á 11 árum m.v. hámarkun núvirðis nyta, sveiflufælni í meðallagi og 5% vexti. (Hlutfallsleg sveiflufælni = 2).

(5): Aðlögun að hámarki hagnaðar á 11 árum m.v. hámarkun núvirðis nyta, mikla sveiflufælni og 5% vexti. (Hlutfallsleg sveiflufælni = 6).

5. Óvissa og sveiflur

Þeir reikningar sem voru kynntir hér að framan tóku ekki tillit til óvissu og sveiflna, sem óhjákvæmilega hafa áhrif á hagfræðilíkönin og þó miklu fremur líffræðilíkönin sem eru notuð. Þegar móta á stefnu um nýtingu stofns eða stofna er óhjákvæmilegt að taka tillit til þessara þátta. Hér verða settar fram aflareglur fyrir þorsk og kannaðir eiginleikar þeirra með tilliti til líffræðilegra og efnahagslegra kennitalna þegar tekið er tillit til óvissu í stofnmati, óvissu í nýliðun þorsks og óvissu og sveiflna í stærð loðnustofnsins. Gerð var grein fyrir því hvernig óvissan kemur inn í líffræðilíkanið í 3. kafla Áherslan hér er á þorskstofninn, en jafnframt er skoðað hverjar afleiðingar mismunandi nýtingar hans eru á loðnu- og rækjuveiðar.

5.1 Aflareglur

Góð aflaregla þarf að fullnægja nokkrum skilyrðum. Í fyrsta lagi verður reglan að beina stofninum í langtíma jafnvægi við stærð sem er talin æskileg af líffræðilegum og efnahagslegum ástæðum. Í öðru lagi þarf reglan að jafna sveiflur eftir því sem kostur er og í þriðja lagi verða líkur á stóráföllum eða hruni í viðgangi stofnsins að vera hverfandi þegar reglunni er beitt. Enn fremur er æskilegt að reglan sé aðgengileg og skiljanleg þeim sem ekki hafa fiskifræði á valdi sínu, þannig að auðvelt sé að skýra stjórnvaldsákvæðanir um heildaraflamark. Stjórnunarreglur sem byggjast á fiskveiðidánarstuðlum eru að þessu leyti mun lakari en reglur sem reikna aflamarkið út frá mati á hrygningar- eða veiðistofni. Það er einnig kostur að hægt sé að setja stjórnunarregluna í samhengi við þá aðferð til ákvörðunar heildaraflamarks sem er fyrir hendi, t.d. að haldið sé til streitu ákveðnum heildarafla, þótt stofninn sé orðinn mjög lítill.

Því formi á aflareglu sem sett er fram hér má lýsa í þremur þrepum:

- Fundið er grunnmark sem er 45% af hrygningarstofni umfram 50.000 tonn (ef hrygningarstofn er 550.000 tonn þá er grunnmarkið 225.000 tonn; ef hrygningarstofninn er 900.000 tonn þá er grunnmarkið 382.500 tonn). Þessi hluti reglunnar stýrir stofninum í jafnvægi við u.þ.b. 800.000 tonn.
- Grunnmarkið er lækkað niður í 450.000 tonn ("þak"), sé það hærra. Þakið varnar því að verulegt ofmat á hrygningarstofninum valdi stórkostlegri minnkun stofnsins umfram það sem æskilegt er.
- Fundið er heildaraflamark, sem er einfalt meðaltal grunnmarksins og heildarafla fyrra árs. Ef heildaraflamark fyrra árs var 300.000 tonn og grunnmarkið er 200.000 tonn þá er jafnaðarmarkið 250.000 tonn. Þessi hluti reglunnar jafnar sveiflur í afla. Það skilyrði er þó sett að ekki verði veitt meira en 72% af 5-10 ára fiski á hverju ári, þ.e.a.s. að fiskveiðidánarstuðull verði aldrei hærri en 1,5. Hámark fiskveiðidánarstuðulsins er einungis tæknilegs eðlis, þ.e.a.s. ekki er gert ráð fyrir að flotinn afkasti meiru.

Í framreikningum þeim sem hér verða kynntir var einnig miðað við að afli færi ekki niður fyrir ákveðinn upphafsafila. Slík mörk kann að vera hægt að réttlæta að vissu marki frá efnahagslegum forsendum (sjá kafla 3.5.5), en þau eru fyrst og fremst notuð til að athuga hvar hættumörkin liggja þegar ákveðnum afla er haldið til streitu hvernig sem stofninn þróast.

Það er rétt að benda á að aflaregla fyrir þorskstofninn sem miðar að því að afli fari ekki niður fyrir ákveðinn upphafsafila, hvað sem það kostar, mun ætíð lenda í ógöngum með einhverjum líkum. Þær líkur eru því meiri sem upphafsafliinn er meiri. Líkurnar á hruni aukast einnig eftir því sem hrygningarstofninn í upphafi er nær neðri skurðpunkti aflareglunnar og

ferils jafnstöðuafla. Vert er að benda á að ef upphafsafliinn er settur jafn 225.000 tonnum á ári er neðri skurðpunkturinn við hrygningarstofn sem er tiltölulega nálægt núverandi mati á stærð hrygningarstofnsins (sjá mynd 4.1). Að teknu tilliti til óvissu í þessu mati, sem nær í báðar áttir, og lakrar nýliðunar nokkur undanfarandi og komandi ár, þó að árið 1996 sé þar líklega undanskilið, er fyrir fram hægt að giska á að nokkrar líkur séu á hrúni stofnsins ef 225.000 tonna afla er haldið til streitu, hvernig svo sem þróun stofnsins er.

Eins og í 4. kafla er gert er ráð fyrir að rækjuafli miðist við að stærð rækjustofnsins sé óbreytt frá árinu 1993. Loðnuafli er ákvarðaður þannig að ef stofnmat er innan við 400.000 tonn þá er ekkert veitt, en ef stofninn er metinn stærri en 400.000 tonn, þá er heildaraflamark ákvarðað þannig að eftir verði 400.000 tonn af stofninum að lokinni vertíð. Ef stofnmat er t.d. 900.000 tonn þá er heildaraflamark í loðnu jafnt 500.000 tonnum. Hámarksafkastagetu íslenskra loðnuveiða og -vinnslu er þó haldið við 900.000 tonn á ári.

5.2 Niðurstöður

Líffræðilíkaninu sem var lýst í 3. kafla var beitt til að líkja eftir þróun stofnsins þegar aflareglunni er beitt. Haglíkaninu sem var lýst í sama kafla var beitt til að reikna tekjur og kostnað vegna ferlanna sem koma út úr hermireikningunum.

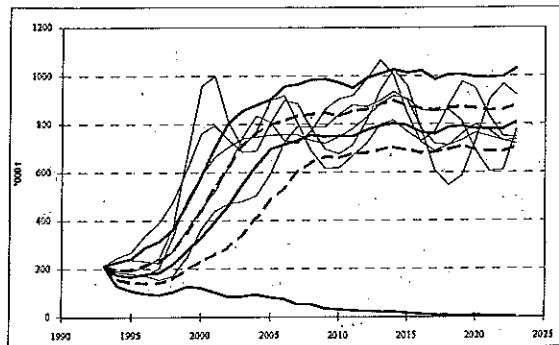
Á næstu síðu eru helstu niðurstöður hermireikninganna, miðað við 175.000 tonna upphafsafli, sýndar á myndrænu formi. Á fyrstu myndinni er sýnd dreifing hrygningarstofnsins. Á myndinni eru þrjár óslitnar gildar línur. Miðlínán sýnir miðgildi hrygningarstofns á hverju ári. Helmingur gilda liggur því neðan við þessa línu og helmingur ofan við. Fyrir neðan neðstu línuna liggja neðstu 5% af gildum stofnsins á hverju ári og fyrir ofan þá efstu liggja efstu 5%. Á hverri mynd eru einnig tvær slitróttar gildar línur. Neðan við þá neðri liggur fjórðungur gilda á hverju ári, en öfugt fyrir þá efri, þ.e.a.s. fjórðungur gilda liggur ofan við hana. Til að sýna hvernig sveiflur verða frá ári til árs eru einnig teiknaðir fimm tímaferlar úr hermireikningunum með grönnum línunum. Myndir sambærilegrar gerðar eru einnig sýndar fyrir þorskafla, rækjuafli, heildarhagnað á hverju ári og heildarframlag í landsframleiðslu. Aðrar myndir sýna líkindadreifingu meðalþorskafla síðustu 7 ár hermireikninganna (2017-2023), líkindadreifingu fyrsta árs sem þorskaflí fer yfir 300.000 tonn (í þeim tilvikum þar sem stofninn hrynur er þessi tími settur á árið 2024) og líkindadreifingu meðalloðnuafli árin 2017-2023.

Helstu niðurstöður hermireikninganna eru:

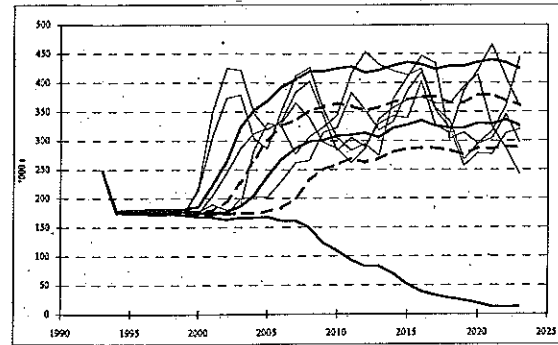
- Miklar líkur eru á eflingu þorskstofnsins með þessari aflareglu, en um 7% líkur eru á hrúni hans sé 175.000 tonna afla haldið til streitu. Líklegt er að hrygningarstofninn muni sveiflast kringum 800.000 tonn, til lengri tíma lítið.
- Gera má ráð fyrir að 13 ár líði þar til þorskaflí fer yfir 300.000 tonn, en það getur þó gerst fyrr. Til dæmis eru 7% líkur á að það gerist árið 2002 eða fyrr, en einnig eru 15% líkur á að það gerist ekki fyrr en árið 2014 eða síðar.
- Þorskaflí leitar í jafnvægi við u.þ.b. 330.000 tonn með beitingu reglunnar. Veruleg frávik geta þó orðið á þessu eins og sést á dreifingu meðalafli yfir síðustu 7 ár hvers tímaferils.
- Árlegur hagnaður eykst hratt, samhliða aukinni stofnstærð þorsks og minnkandi tilkostnaði við þorskveiðar. Hið sama gildir um framlag sjávarútvegs til landsframleiðslu.

Þorskaflí að lágmarki 175.000 tonn

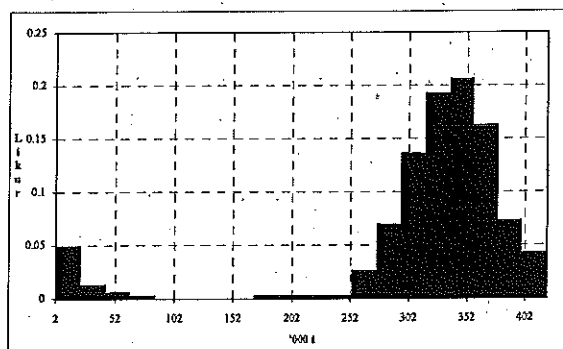
Hrygningarstofn þorsks



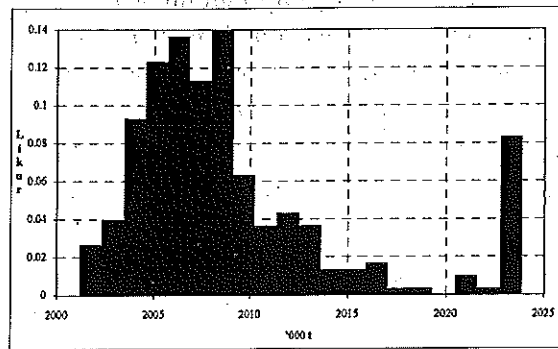
Þorskaflí



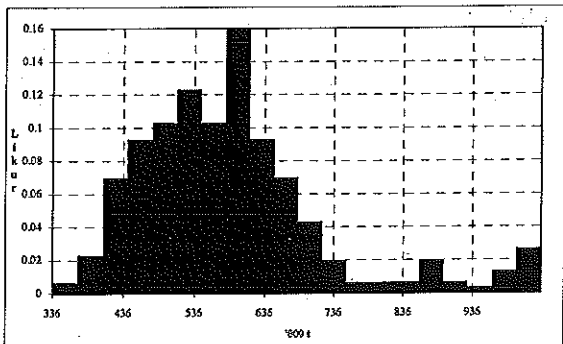
Dreifing meðalafla árin 2017-2023



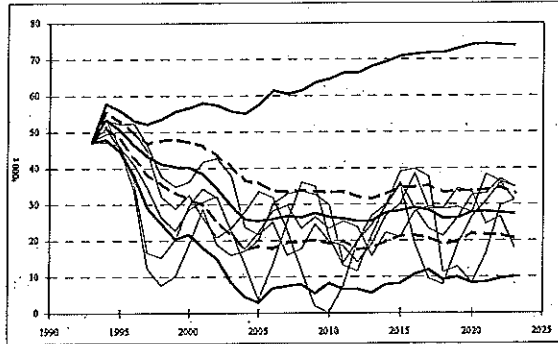
Dreifing fyrsta árs sem afli fer yfir 300.000 tonn



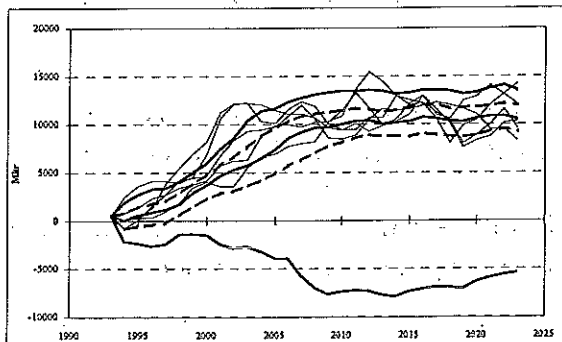
Loðnuafli



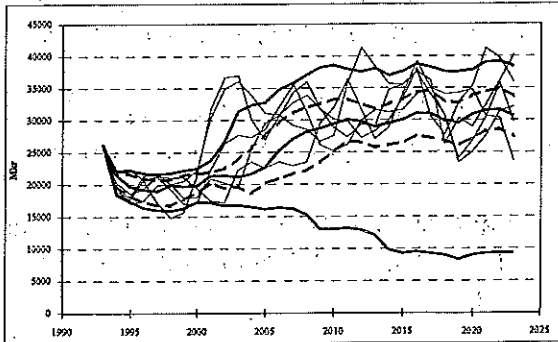
Rækjuafli



Heildarhagnaður



Heildarframlag í verga landsframleiðslu



Tafla 5.1 Efnahagstölur í grunndæmi

Lágmarksafli 175.000 tonn. Núvirðing miðað við 5% afvöxtun.
Milljarðar króna

Heild	Tekjur	Hreinn hagnaður	Framlag í VLF	Framlag í HLF v. stofnbreytinga
<i>Safnlíkur</i>				
5%	559	-85	306	-27
25%	734	116	498	32
50%	753	137	520	35
75%	772	151	538	37
95%	795	164	557	40
<i>Meðaltal</i>	739	118	503	30
<i>Staðalfrávik</i>	63	64	67	18

Þorskur	Tekjur	Hreinn hagnaður	Framlag í VLF	Framlag í HLF v. stofnbreytinga
<i>Safnlíkur</i>				
5%	261	-90	133	-33
25%	539	123	398	33
50%	573	145	425	37
75%	600	161	451	39
95%	631	176	477	42
<i>Meðaltal</i>	548	126	404	31
<i>Staðalfrávik</i>	97	68	90	20

Loðna	Tekjur	Hreinn hagnaður	Framlag í VLF
<i>Safnlíkur</i>			
5%	81	-15	28
25%	86	-14	32
50%	91	-13	35
75%	96	-12	39
95%	122	-5	57
<i>Meðaltal</i>	93	-12	37
<i>Staðalfrávik</i>	11	3	8

Rækja	Tekjur	Hreinn hagnaður	Framlag í VLF	Framlag í HLF v. stofnbreytinga
<i>Safnlíkur</i>				
5%	84	2	53	-2
25%	85	4	54	0
50%	91	4	58	0
75%	99	5	64	0
95%	173	8	111	0
<i>Meðaltal</i>	97	4	62	0
<i>Staðalfrávik</i>	25	2	16	0

- Gangi efling þorskstofnsins eftir mun það minnka afkastagetu loðnustofns og rækjustofns. Þannig má gera ráð fyrir að langtímameðaltal loðnuafla verði um 500.000 tonn á ári og rækjuafla um 30.000 tonn á ári. Veruleg frávik geta þó orðið frá þessu líkt og með þorskstofninn. Þessi frávik ganga hins vegar að jafnaði í öfuga átt við frávik þorskafla frá langtímameðaltali.

Í töflu 5.1 er sýnd dreifing á núvirtum tekjum, hagnaði og framlagi í landsframleiðslu þegar aflareglunni er beitt og miðað við 175.000 tonna upphafsafla. Enn skal minnt á að kostnaðurinn sem hér er metinn er þjóðhagslegur og tekjuskipting milli útgerðar og sjómanna látin liggja milli hluta.

Í töflunni sést að verði þessi leið valin þá er mjög líklegt að þorskveiðarnar muni skila miklum og jöfnum hagnaði í þjóðarbúið. Nokkurt tap yrði á loðnuveiðum, en rækjuveiðar myndu standa í járnum. Hafa verður í huga að haldið er fastri 900.000 tonna hámarksveiðigetú í loðnuveiðum, en sú forsenda er örugglega röng í þeim tilvikum þar sem vel tekst til með eflingu þorskstofnsins því þá minnka loðnuveiðar. Ef efling þorskstofnsins gengur hægar en ætlað er, þá yrði hins vegar haldið við meiri afkastagetu í loðnuveiðum. Tap á loðnuveiðum er því örugglega ofmetið í þessum reikningum vegna þessa tiltölulega háa fastakostnaðar.

Vert er að benda á að vegna neikvæðrar fylgni rækju og loðnu við þorsk þá er minni breytileiki í heildartekjum, -hagnaði og -framleiðslu heldur en í samsvarandi kennitölum fyrir þorsk. Þetta minnir á að ekki er rétt að miða einvörðungu við hámarkshagnað í vali á stefnu, heldur þarf einnig að taka tillit til sveiflujöfnunar og dreifa áhættunni sem mest. Þannig kunna löggengir hámarkshagnaðar reikningar að benda til þess að hámarkshagnaður fáið við að einbeita sér að þorskveiðum, en þessir reikningar sýna að það er ekki óumflýjanleg niðurstaða ef tekið er tillit til óvissu og neikvæðra innbyrðis tengsla fiskistofnanna. Í þessu samhengi er einnig vert að árétta að samhliða léttari sókn í þorskstofninn fást jafnari tekjur af honum og fara þar nokkurn veginn saman hagnaðarhámarkun og sveiflujöfnun.

Veruleg óvissa ríkir um ýmsar forsendur þessara reikninga og því er mikilvægt að kanna hve næmar niðurstöður eru fyrir frávikum í þeim. Einnig er áhugavert að skoða hver áhrifin af breytingum á aflareglunni eru. Þetta er gert með hefðbundinni frávikagreiningu í töflu 5.2. Þar er einni forsendu í einu breytt frá ákveðnu grunndæmi og kannað hvernig helstu niðurstöður reikninganna breytast, samanborið við grunndæmið. Grunndæmið er byggt á þeim líkönum sem lýst var sem aðaltilvikum í 3. kafla og aflareglunni með 175.000 tonna upphafsafla.

Tvær tegundir frávika eru kannaðar. Annars vegar eru frávik í aflareglu, hins vegar frávik í líffræðiforsendum. Aflareglufrávikin felast í að nota upphafsafla sem er 50.000 tonnum hærri eða lægri en í grunndæminu; að gefa afla fyrra árs helmingi minna og meira vægi og loks er prófað að nota reglu sem miðast við veiðistofn fremur en hrygningarstofn. Veiðistofnsreglan reiknar grunnaflamarkið út sem 21,5% af veiðistofni (þ.e.a.s. lífmassa fiska fjögurra ára og eldri), en er að öðru leyti eins og reglan í grunndæminu sem miðar við hrygningarstofn.

Í líffræðihlutanum eru athuguð áhrifin af því að gera ekki ráð fyrir þéttleikaháðum vexti; að nýliðun verði að jafnaði 10% betri eða verri en í grunndæminu og loks eru athuguð áhrifin af löngum sveiflum í umhverfisaðstæðum. Þar er gert ráð fyrir að meðalnýliðun margfaldist með þætti sem sveiflast milli 0,75 og 1,25 í reglubundinni 10 ára sínussveiflu. Í upphafi er sveiflan í hámarksgildinu. Að auki er prófað að gera ráð fyrir óháðum skekkjum í mati á árgangastærð í upphafi, en forsendan í grunndæminu er að sama mæliskekkja sé á öllum árgöngum.

Niðurstöðutölurnar sem eru notaðar til samanburðar við grunnðæmið eru:

- Líkur á að þorsstofninn hrynji á tímabilinu 1994-2023. Hrun er skilgreint sem varanlegt fall hrygningarstofnsins niður fyrir 100.000 tonn.
- Það ár sem hrun verður að jafnaði, í þeim tilvikum sem það gerist.
- Líkur á að þorskaflinn nái upp fyrir 300.000 tonn.
- Það ár sem þorskaflinn kemst fyrst upp fyrir 300.000 tonn að jafnaði, í þeim tilvikum sem það gerist.
- Meðalhrygningarstofn þorsks árin 2017-2023 í þúsundum tonna.
- Meðalþorskaflinn árin 2017-2023 í þúsundum tonna.
- Meðaltölugildi breytinga í þorskafla, frá einu ári til annars, árin 2017-2023 í þúsundum tonna.
- Meðalloðnuafli árin 2017-2023 í þúsundum tonna.
- Meðalrækjuafli árin 2017-2023 í þúsundum tonna.
- Meðaltal núvirts hagnaðar miðað við 5% vexti í milljörðum króna.
- Staðalfrávik núvirts hagnaðar miðað við 5% vexti í milljörðum króna.
- Meðaltal núvirtrar landsframleiðslu miðað við 5% vexti í milljörðum króna.
- Staðalfrávik núvirtrar landsframleiðslu miðað við 5% vexti í milljörðum króna.

Meginniðurstaða þessarar frávikagreiningar er sú að fyrir utan eitt tilvik, þ.e.a.s. þegar afli er að lágmarki 225.000 tonn í stað 175.000 tonna, þá eru meginniðurstöður grunnðæmisins lítt næmar fyrir frávikum. Í 225.000 tonna fráviksdæminu er hins vegar um verulegan mismun á dæmum að ræða, því líkur á hruni stofnsins aukast úr u.þ.b. 7% í rúmlega 50% ef þessum afla er haldið til streitu. Meðalþorskaflinn, -hagnaður og -framlag í landsframleiðslu minnka einnig mikið, auk þess sem breytileiki þessara stærða eykst verulega. Það er því lagt á tæpasta vað að fara þessa leið.

Það er einnig vert að benda á að vel kemur til greina að jafna afla meira, þ.e.a.s. að auka vægi fyrra árs frá 0,5 eins og það er í grunnðæminu og einnig er vel hugsanlegt að miða aflaregluna við veiðistofn í stað hrygningarstofns.

Tafla 5.2 Frávilkagreining
Sjá skýringar að neðan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Grunndæmi													
<i>Frávík í veiðireglu</i>	7.3%	2001	91.7%	2008	738	313	30	588	29	118	64	503	67
Lágmarksaflí 225.000 tonn	52.7%	2000	45.0%	2011	377	174	17	759	50	9	118	409	121
Lágmarksaflí 125.000 tonn	0.3%	2007	99.7%	2005	798	337	32	557	26	147	22	522	28
Vægi alla fyrri árs 0,25	7.0%	2000	92.0%	2007	742	313	43	583	29	119	66	504	67
Vægi alla fyrri árs 0,75	6.7%	2001	90.7%	2009	753	315	18	577	29	119	64	501	64
Veiðistofnstregla	9.3%	2002	89.7%	2008	699	309	29	613	30	113	71	504	75
<i>Frávík í líffæði</i>													
Ekkí þéttleikaháður vöxur	6.3%	2003	93.3%	2008	810	325	26	546	22	127	62	508	60
Meðalnýliðun 10% hæri	5.7%	2002	93.7%	2007	801	335	31	551	26	130	62	519	62
Meðalnýliðun 10% lægri	13.0%	2001	85.7%	2010	653	278	28	635	34	96	77	476	80
Sveiflur í nýliðun	5.3%	2002	94.3%	2008	793	332	37	556	28	127	57	514	61
Óháðar skekkjur í upphafst.	4.3%	2003	95.3%	2008	757	324	31	584	28	127	45	512	48

Skýringar

A	Litur á að þorskstofnunin verði minni en 100.000 tonn fyrir 2024
B	Meðalár sem þorskstofnunin verður minni en 100.000 tonn, í þeim tilvikum sem það á sér stað
C	Litur á að þorskaflí komist yfir 300.000 tonn fyrir 2024
D	Meðalár sem þorskaflí kemist yfir 300.000 tonn, í þeim tilvikum sem það á sér stað
E	Meðalhygningarsíðu þorsks 2017-2023, '000 tonn
F	Meðalþorskaflí 2017-2023, '000 tonn
G	Meðalóhlygið breytinga í þorskafla milli ára 2017-2023, '000 tonn
H	Meðalloðnaði 2017-2023, '000 tonn
I	Meðalræktuafli 2017-2023, '000 tonn
J	Meðaltal núvirts hagnaðar (5% vextir), milljarðar króna
K	Staðalfrávík núvirts hagnaðar (5% vextir), milljarðar króna
L	Meðaltal núvitrar landsframléiðsu (5% vextir), milljarðar króna
M	Staðalfrávík núvitrar landsframléiðsu (5% vextir), milljarðar króna

Heimildir

- Anon. (1993). *Nytjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1993. Aflahorfur fiskveiðidárið 1993/1994, fjölr.*, Hafrannsóknastofnun, Reykjavík.
- Ásgeir Daníelsson (1994). Productivity growth in the Icelandic fisheries and the natural resource. Óbirt.
- Björn Æ. Steinarsson og Gunnar Stefánsson (1991). An attempt to explain cod growth variability. ICES C.M. 1991/G:42.
- Bogstad, B., Lilly, G., Mehl, S., Pálsson, Ó.K. og Stefánsson, G. (1993). Cannibalism and year-class strength in Atlantic cod (*gadus morhua*) in Arcto-boreal ecosystems Barents sea, Iceland and eastern Newfoundland. ICES symposium on cod and climate change No. 43
- Gunnar Stefánsson, Friðrik Már Baldursson, Ásgeir Daníelsson og Kristján Þórarinnsson (1993). Utilization of the Icelandic cod stock in a multispecies context. Vinnuskjal fyrir Norðvestur vinnuhóp ICES.
- Gunnar Stefánsson, Unnur Skúladóttir og Gunnar Pétursson (1993). The use of a stock-production type model in evaluating the offshore *Pandalus Borealis* stock of North Icelandic waters, including the predation of Northern shrimp by cod. Pandalus vinnuhópur, vinnuskjal.
- Jón Ólafsson, Garðar Jóhannesson og Gunnar Stefánsson (1993). Recruitment of Icelandic cod in relation to spawning stock biomass and environmental factors. ICES symposium on cod and climate change No. 37.
- Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson (1991). Predator-prey interactions of cod and capelin in Icelandic waters, ICES Mar.Sci.Symp., 193, 153-170.
- Kjartan G. Magnússon og Ólafur K. Pálsson (1989). Trophic ecological relationships of Icelandic cod, Rapp. P.-v. Réun. Cons.int. Explor.Mer, 188, 206-224.
- Ólafur Pálsson (1983). The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. Rit Fiskideildar, 7(1), 1-60.

ÁFANGASKÝRSLA

VINNUHÓPUR UM NÝTINGU FISKSTOFNA

HAGKVÆM NÝTING FISKSTOFNA

Maí 1993

Efnisyfirlit

	Bls.
1. Inngangur og helstu niðurstöður	1
2. Líkan af vexti og viðgangi þorskstofnsins	2
2.1 Beverton-Holt-líkanið	2
2.1.1 Líkan Bevertons og Holts um þróun og árganga í fiskstofni	2
2.1.2 Líkan Bevertons og Holts af nýliðun í fiskstofnum	3
2.1.3 Um gögn og óvissubætti í hinum líffræðilega hluta líkansins	5
2.1.4 Eiginleikar hins líffræðilega hluta líkansins án óvissu	7
2.2 Fjölstofna- og þéttleikaáhrif	9
3. Líkan af tekjum og kostnaði við þorskveiðar	10
3.1 Tekjur og verðteygni	10
3.2 Kostnaður	10
3.2.1 Afli á sóknareiningu	10
3.2.2 Kostnaður á sóknareiningu	11
3.2.3 Kostnaður vinnslu	11
3.2.4 Mismunur á bókhaldslegum kostnaði og þjóðhagslegum kostnaði ...	11
3.3 Myndræn lausn á hámrörkun hagnaðar	12
4. Mismunandi markmið fiskveiðistjórnunar	13
4.1 Hámrörkun núvirts hagnaðar	13
4.2 Hámrörkun núvirtra tekna	13
4.3 Hámrörkun núvirts verðmætis neyslu	14
4.4 Hámrörkun með tilliti til sveiflu- eða áhættufælni	14
5. Niðurstöður líkanreikninga	15
5.1 Reikningar án óvissu	15
5.2 Reikningar með óvissu	16
5.3 Efnahagslegar niðurstöður	22
6. Þjóðhagsleg áhrif	24
7. Niðurstöður	28
Heimildaskrá	30
Viðaukar	31
V1 Líffræðilíkan	31
V2 Hagfræðilíkan	34

Hagkvæm nýting fiskstofna við Ísland

1. Inngangur og helstu niðurstöður

Með bréfi dagsettu 1. júlí 1992 fól sjávarútvegsráðherra stjórn Hafrannsóknastofnunar að "gera tillögur til ráðherra um hvernig nýtingu einstakra fiskstofna skuli háttað með það að markmiði að hámarksafrakstri Íslandsmiða verði náð til lengri tíma". Í framhaldi óskaði stjórn Hafrannsóknastofnunar eftir samstarfi við Þjóðhagsstofnun um þetta verkefni og í janúar síðastliðnum var myndaður vinnuhópur Hafrannsóknastofnunar og Þjóðhagsstofnunar í þessu skyni. Í vinnuhópnum eru:

Brynjólfur Bjarnason, formaður
Jakob Jakobsson, forstjóri Hafrannsóknastofnunar
Gunnar Stefánsson, Hafrannsóknastofnun
Þórður Friðjónsson, forstjóri Þjóðhagsstofnunar
Friðrik Már Baldursson, Þjóðhagsstofnun
Ásgeir Daníelsson, Þjóðhagsstofnun
Kristján Þórarinnsson, stofnvistfræðingur LÍÚ

Ritari vinnuhópsins er Halldór Árnason, aðstoðarmaður sjávarútvegsráðherra.

Verkefni vinnuhópsins er mjög viðamiklð og því er hvergi nærri lokið. Eigi að síður liggur þegar fyrir mikilvægt efni sem getur komið að gagni við ákvarðanir um aflaheimildir á komandi fiskveiðiári. Því taldi vinnuhópurinn rétt að taka þetta efni saman í greinargerð. Meginefnið lýtur að langtímaáhrifum mismunandi leiða við nýtingu þorskotsfnsins, bæði frá þjóðhagslegu og líffræðilegu sjónarmiði.

Vinnuhópurinn hefur lagt mat á þrjár leiðir við stjórn þorskveiða. Í aðalatriðum eru þær þessar:

Leið 1 gerir ráð fyrir að áfram verði stefnt að svipuðum þorskafla og áætlað er að veiðist á þessu ári eða um 225 þúsund tonnum á ári.

Leið 2 felur í sér að þorskaflinn verði takmarkaður við 175 þúsund tonn á ári þar til stofninn ber meiri veiði.

Leið 3 gerir ráð fyrir að þorskaflinn verði takmarkaður við 125 þúsund tonn á ári þar til stofninn ber meiri veiði.

Rétt er að vekja athygli á því að útreikningar að baki þessum leiðum eru flóknir og margs konar fyrirvara þarf að hafa á þeim. Þá er lögð áhersla á að niðurstöður þessara útreikninga verði notaðar

til að bera saman líkleg áhrif mismunandi leiða við stjórn fiskveiða en ekki sem spár um þróun afla og efnahags til langs tíma. Líffræðilegar og efnahagslegar aðstæður geta að sjálfsögðu breyst en afstaða milli leiðanna breytist síður.

Helstu niðurstöður athugana vinnuhópsins eru þessar:

- Ef þorskafla á næstu árum verður miðaður við 225 þúsund tonn á ári eru töluvert miklar líkur á að draga verði verulega úr þorskveiðum innan fárra ára. Þannig benda framreikningar til að slík stefna feli í sér um 30% líkur á hruni stofnsins. Líklegt er að landsframleiðsla verði a.m.k. 3% minni á ári upp úr aldamótum ef þessi leið verður valin, borið saman við hinar leiðirnar tvær.
- Miðað við 175 þúsund tonna hámarksafla, er líklegt að hrygningarstofninn haldist óbreyttur og sýni engin batamerki á allra næstu árum. Veiðistofninn minnkar hins vegar á næstu tveimur árum og fer í lágmark 1995. Niðurstöður framreikninga gefa hins vegar til kynna að líkur á hruni stofnsins séu litlar og hann rétti smám saman við þegar til lengri tíma er litið. Slík stefna leiddi jafnframt til viðunandi hagkvæmni við þorskveiðar gagnstætt því sem gerist ef veidd verða 225 þúsund tonn á ári.
- Meiri takmörkun þorskafla á næstu árum en við 175 þúsund tonn á ári felur í sér hraðari vöxt þorskstofnsins og líkur á hruni verða nánast engar. Sé til dæmis miðað við 125 þúsund tonna afla næstu 2-3 árin er líklegt að auka mætti veiðarnar umfram 225 þúsund tonn þegar árið 1998, en ekki fyrr en um aldamót ef 175 þúsund tonna veiði verður leyfð. Hins vegar er lítill munur á þessum tveimur leiðum þegar litið er til þróunar landsframleiðslu til langs tíma.

Hér á eftir verður fyrst lýst líkani af vexti og viðgangi þorskstofnsins og í kjölfarið líkani af tekjum og kostnaði við þorskveiðar og jafnframt fjallað um ýmsa mælikvarða á hagkvæmni. Þá verða niðurstöður líkanareikninga reifaðar. Í lokin er gerð grein fyrir mati á þjóðhagslegum áhrifum og niðurstöður dregnar saman. Jafnframt fylgja tveir viðaukar sem skýra umrædd reiknilíkön.

2. Líkan af vexti og viðgangi þorskstofnsins

2.1 Beverton-Holt-líkanid

2.1.1 Líkan Bevertons og Holts um þróun árganga í fiskstofni

Það líkan af þróun þorskstofnsins sem notað er í útreikningunum í þessari skýrslu er kennt við R.J.H. Beverton og S.J. Holt. Í þessu líkani er horft til fjölda fiska í hverjum árgangi og þyngdar þeirra. Á hverju ári er hluti fiskanna veiddur og aðrir deyja náttúrulegum dauða. Þeir sem lifa af árið eldast og þyngjast og nýir fiskar bætast við stofninn. Til þess að líkja eftir þessu verður að gefa sér stuðla sem ákvarða hversu mikið af hverjum árgangi þorska er veitt á árinu og hversu stór hluti hlýtur náttúrulegan dauðdaga. Þannig er fiskveiðidánarstuðullinn, þ.e. hversu stór hluti af stofninum er

veiddur á hverju ári, háður sókninni og ákvörðunum stjórnvalda um hámarksafla. Þessi dánarstuðull er eina stjórnþæki stjórnvalda í líkaninu því ekki er gert ráð fyrir að veiðimynstrinu sé breytt. Með veiðimynstrinu er átt við hvernig hlutfall veiddra fiska úr árgangi breytist með aldri fisksins. Stjórnvöld hafa í reynd möguleika á að hafa áhrif á veiðimynstrið með ákvörðunum um möskvastærðir, með tímabundnum lokunum á svæðum þar sem ungfiskur heldur sig eða með ákvörðunum sem hafa áhrif á hvers konar veiðarfæri og fiskiskip eru notuð við veiðarnar. Slíkar ákvarðanir hefðu vitaskuld áhrif á þær niðurstöður sem hér er gerð grein fyrir ef þær breyttu veiðimynstrinu mikið. En smávægilegar breytingar á veiðimynstrinu breyta litlu um niðurstöðurnar.

Í líkaninu er einungis horft til fisks sem er 3ja ára og eldri og gert ráð fyrir að náttúrulegar aðstæður valdi dauða sama hlutfalls í öllum árgöngum sem eru með í líkaninu. Það hlutfall sem notað hefur verið í þessum útreikningum er 18%. Nokkur óvissa er um náttúrulega dánarstuðulinn og væntanlega er hann breytilegur eftir árferði og árgöngum.

Fiskveiðidánarstuðullinn og náttúrulegi dánarstuðullinn ásamt fjölda fiska í hverjum árgangi í byrjun árs segja til um fjölda veiddra fiska og fjölda þeirra fiska sem halda áfram að lifa í sjónum. Til að reikna út þyngd afla og þyngd stofnsins í sjónum þarf tölur sem sýna þyngd einstaklinga hvers árgangs. Með meðalþyngdum og fjölda fiska má reikna út heildarþyngd hvers árgangs. Þyngdaraukning milli ára, að teknu tilliti til náttúrulegra affalla, en án veiði, er mest fyrir yngsta fiskinn, yfir 15% að jafnaði milli ára, en síðan hægir á og aukningin er komin niður í 7% að jafnaði milli 7 ára og 8 ára þorsks. Ef þyngdartölur allra árganga fjögurra ára og eldri eru lagðar saman fæst þyngd veiðistofnsins. Þriggja ára fiskar eru undanskildir í útreikningi á veiðistofninum því með núverandi veiðimynstri veiðist aðeins lágt hlutfall þeirra miðað við eldri fisk. Við útreikning á stærð hrygningarstofnsins þarf auk meðalþyngdanna að hafa hlutfall kynþroska fiska í hverjum árgangi. Um 4% af öllum 3ja ára fiskum eru kynþroska, um 16% af öllum 4ra ára fiskum o.s.frv. Með þessum hlutföllum má reikna út þyngd kynþroska hlutans í hverjum árgangi og þegar þær tölur eru lagðar saman fæst þyngd hrygningarstofnsins.

Öll gildi á stuðlum í líkaninu eru byggð á mælingum Hafrannsóknastofnunar. Þau má sjá í töflum í viðauka 1.

2.1.2 Líkan Bevertons og Holts af nýliðun í fiskstofnum

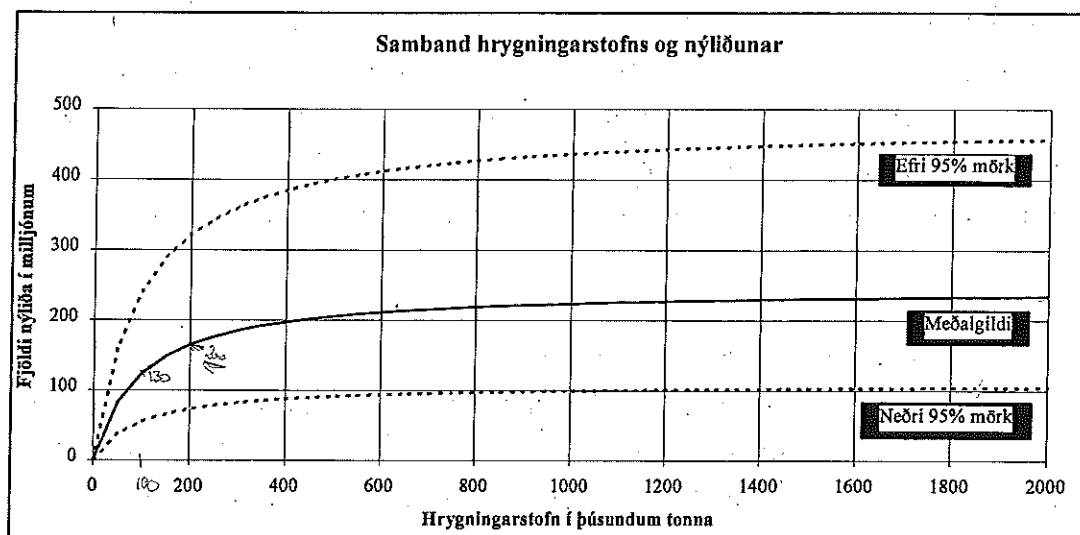
Eitt mikilvægasta sambandið í reiknilíkaninu ákvarðar nýliðunina, þ.e. þann fjölda 3ja ára fiska sem bætist við stofninn á hverju ári. Í því líkani sem hér er notað er gert ráð fyrir því að eitthvert samband sé á milli nýliðunar og stærðar hrygningarstofnsins þegar hrygningin á sér stað þrem árum áður en nýliðarnir bætast við stofninn. Augljóst er að ef einn eða enginn þorskur er í sjónum verður nýliðunin engin. Einnig er auðséð að ef fáir þorskar eru í sjónum eru litlar líkur á að hrygning takist vel því að hrygnur og hængar þurfa að vera á svipuðum slóðum til að hrygning takist. Hins vegar er ekki augljóst hve stór hrygningarstofninn þarf að vera til að góðar líkur séu á að hluti hrygningarinnar fari vel þannig að frjógugu egg berist á rétta slóð, að seiði hafi aðgang að æti þegar þau komast af kviðpokastiginu o.s.frv. Jafnvel kemur til greina, þegar hrygningarstofninn er mjög stór, að nýliðun kunni að minnka vegna þess að þorskurinn étur sín eigin afkvæmi.

Í líkaninu er gert ráð fyrir sambandi á milli hrygningarstofns og nýliðunar sem kennt er við Beverton og Holt. Þetta samband gerir ráð fyrir að nýliðun aukist þegar hrygningarstofninn stækkar. Þegar hrygningarstofninn er mjög lítill er aukningin mjög mikil en þegar hrygningarstofninn hefur náð ákveðinni stærð eykst nýliðun mjög lítið og fjöldi nýliða nær stöðugur. Þetta er sýnt á mynd 2.1 hér fyrir neðan þar sem gert er ráð fyrir að nýliðunin sé 130 millj. 3ja ára fiskar þegar hrygningarstofninn er 100 þús. tonn, en nýliðunin vaxi í 200 millj. 3ja ára fiska þegar hrygningarstofninn er 400 þús. tonn og í 234 þús. 3ja ára fiska þegar hrygningarstofninn er 2000 þús. tonn.

Líkan Bevertons og Holts um samband milli stærðar hrygningarstofns og nýliðunar er notað hér vegna þess að það fellur best að gögnum Hafrannsóknastofnunar um nýliðun. Bent hefur verið á að þættir eins og veðurfar, hafstraumar og fleiri náttúrulegar aðstæður hljóti að hafa áhrif á nýliðun þorskstofnsins og einstaka sinnum hefur tekist að sýna að þessi áhrif séu tölfræðilega marktæk. Í slíkum tilfellum er þó ekki um það að ræða að slíkir þættir útiloki áhrif hrygningarstofnsins á nýliðunina í tölfræðilegum útreikningum heldur virðast þeir hafa sjálfstæð áhrif á nýliðunina. En þótt þessir þættir reynist hafa marktæk áhrif er ekki hægt að taka þá með í reiknilíkan ef ekki er hægt að gera marktæka spá um þróun þeirra sjálfra. Af þessum ástæðum er þeim sleppt hér.

Samkvæmt útreikningum Hafrannsóknastofnunar má áætla að staðalskekkjan í spá sem reiknar nýliðun út frá hrygningarstofni sé um 38%. Þetta þýðir að 95% allra gilda ættu að lenda á milli línu sem væri 95% fyrir ofan meðaltalið og línu sem væri 56% fyrir neðan meðaltalið. Þessi mörk eru sýnd með slitróttu línunum á mynd 2.1.

Mynd 2.1



Þetta samband á milli hrygningarstofns þorsks og nýliðunar er mjög mikilvægt fyrir niðurstöðurnar úr reiknilíkaninu þar eð ábatinn af því að stækka þorskstofninn eykst verulega ef nýliðun vex með stækkun hans. Þau stóru tilviljunarkenndu frávik frá meðaltalsnýliðuninni sem mynd 2.1 sýnir eiga stærstan þátt í þeirri óvissu sem er fylgifiskur allra áætlana um þróun þorskstofnsins. Þetta ber að hafa í huga þegar niðurstöður af framreikningi miðað við meðaltalsnýliðun eru skoðaðar.

Þessi niðurstaða er sennilega líklegri en aðrar niðurstöður, en reynslan sýnir að verulegar líkur eru á stórum frávikum. Engin ástæða er til að ætla að þessi frávik séu frekar hagstæð en óhagstæð.

Talið er að hrygningarstofn þorsks sé nú um 209 þús. tonn. Samkvæmt þessu sambandi á milli hrygningarstofns og nýliðunar sem sýnt er á mynd 2.1 verður meðaltalsnýliðun 167 milljónir fiska. Líkur á nýliðun upp á 220 milljónir fiska eða meira eru þá 18%. Ef hrygningarstofninn nær 1 milljón tonna verður meðaltalsnýliðunin 220 milljónir fiska og þá eru 44% líkur á að svo margir 3ja ára fiskar eða fleiri bætist við stofninn á einu ári.

Nýliðun þorskstofnsins verið mjög léleg undanfarin ár. Þetta hefur áhrif á framreikninginn með líkaninu því eðlilegt er að nota tölur Hafrannsóknastofnunar um nýliðun áráanna 1994 og 1995 sem fyrir liggja. Þær hljóða upp á 73 milljónir nýrra 3ja ára fiska árið 1994 og 130 milljónir nýliða árið 1995. Vegna þess að hrygning áráanna 1991 og 1992 skilaði svona litlu verður efling þorskstofnsins frá núverandi stöðu mun erfiðari en ella.

Hrygning áráanna 1991 og 1992 skilaði sér verr en búast hefði mátt við út frá lélegri stöðu hrygningarstofnsins. Ef hrygningarstofninn er um 200 þús. tonn eru 2% líkur á að fá 73 milljónir nýliða eða færri og 33% líkur á að fá 130 milljónir nýliða eða færri. Ef hrygningarstofninn er stærri eru líkur á lélegri nýliðun mun minni þótt ekki sé hægt að útiloka þær. Ef hrygningarstofninn er 800 þús. tonn eru 0,3% líkur á að fá 73 milljónir nýliða eða færri og 12% líkur á að fá 130 milljónir nýliða eða færri.

2.1.3 Um gögn og óvissuþætti í hinum líffræðilega hluta líkansins

Hér að framan var því lýst hvernig reiknað er skv. líkani Bevertons og Holts. Ef við höfum gefinn fjölda fiska í hverjum árgangi á árinu 1992 getum við notað líkanið til að reikna út afla, nýliðun, fjölda fiska í hverjum árgangi, veiðistofn og hrygningarstofn á árinu 1993 út frá stuðlum fyrir fiskveiðidánartíðni, náttúrulega dánartíðni, veiðimynstur, kynþroskahlutfall og samband nýliðunar og hrygningarstofns. Við getum endurtekið reikningana og fundið afla og stofnstærðir ársins 1994 og svo koll af kolli.

Það er augljóslega mikið verk að meta gildi allra þeirra stuðla sem líkan Bevertons og Holts þarfnast. Hafrannsóknastofnun hefur metið gildi þessara stuðla og einnig mælt breytileika þeirra, þ.e. óvissuna um rétt gildi þeirra. Í kafla 2.1.2 hér á undan var gerð grein fyrir þeirri óvissu sem er í sambandinu á milli hrygningarstofns og nýliðunar. Þar var einnig bent á að ekkert annað atriði ylli jafnmikilli óvissu eða breytileika í líkaninu.

Líkanið tekur einnig tillit til breytileika í eftirtöldum stuðlum í líkani Bevertons og Holts:

- Meðalþyngd fiska í hverjum árgangi frá 3ja ára til 14 ára.

- Kynþroskahlutfall í hverjum árgangi frá 3ja ára til 14 ára.

- Stofnstærðin í byrjun reikninganna, þ.e. stofnstærðin árið 1993. Matið á þessari stærð er háð þeirri óvissu sem er í stofnmati Hafrannsóknastofnunar. Reiknað er með að staðalskekkjan í matinu sé 15%.

Líkanið tekur tillit til breytileikans í þessum stuðlum með mismunandi hætti. Þannig er nýliðun í þeirri útgáfu líkansins þar sem tekið er tillit til óvissu reiknuð á þann hátt að fyrst er meðalnýliðun reiknuð út frá stærð hrygningarstofnsins í upphafi ársins með þeirri formúlu sem sýnd er á mynd 2.1 og svo er margfaldað með stærð sem búin er til með tilviljunarkenndum hætti. Þessi stærð er valin þannig að 95% líkur eru á að hún sé á bilinu frá 0,45 til 1,95, um 65% líkur á að hún sé á bilinu frá 0,66 til 1,33 og mestar líkur á að hún sé um 1. Þessi stærð er með öðrum orðum valin tilviljunarkennt úr tölum sem eru þannig að meðaltalið er 1 og staðalskekkjan er 0,38. Þetta þýðir að nýliðun verður að jafnaði eins og meðalgildislínan á mynd 2.1 sýnir, en með hlutfallslegum breytileika eins og líkurnar hér að framan lýsa.

Líkanið finnur meðalþyngd fiska í hverjum árgangi með því að velja af handahófi breytingu á meðalþyngd fyrir eitthvert eitt af undangengnum 10 árum og bæta henni við meðalþyngd næsta árs á undan. Með þessu móti er hægt að taka tillit til þess að samband er á milli breytinga á meðalþyngd í einstaka árgöngum á sama ári vegna þess að ýmis atriði sem hafa áhrif á vöxt þeirra eru svipuð í mörgum árgöngum samtímis jafnvel þótt mismunandi árgangar haldi sig ekki á sömu slóðum. Svo dæmi sé tekið hefur góður loðnuárgangur áhrif á ætisskilyrði margra árganga á sama tíma.

Sama aðferð er notuð við að finna kynþroskahlutföllin. Valin er af handahófi breyting á kynþroskahlutföllum fyrir eitthvert eitt af undangengnum 10 árum og þeirri breytingu bætt við kynþroskahlutföllin næsta ár á undan. Ef kynþroskahlutfall fer yfir 1, eða 100%, þá er hlutfallið lækkað niður í 1.

Þótt ekki hafi verið reiknað með óvissu í öðrum stuðlum líffræðilega líkansins er ekki þar með sagt að ekki sé nokkur óvissa í þeim, t.d. veiðimynstrinu og ákvörðunum um aflamagn (þ.e. fiskveiðidánarstuðla). Þá er einnig ástæða til að ætla að sú óvissa sem er í sumum stuðlum líkansins sé ekki jafn-óháð frá ári til árs og líkanið gerir ráð fyrir. T.d. er sennilegt að þyngdarbreytingar séu þannig að oft fari saman nokkur góð ár og nokkur slæm. Til þess er ekki tekið tillit í líkaninu. Þegar alls er gætt má því segja að í raun sé breytileikinn og óvissan meiri en líkanið bendir til. Ekki er unnt að segja til um heildaráhrif þeirra þátta, sem vantar inn í líkanið, en ætla má að stærsti hluti óvissunnar hafi nú þegar verið tekinn með. Áhrif þátta utan líkansins eru flest í þá veru að auka óvissu í niðurstöðum þannig að líkurnar aukast á fráviki frá meðaltölum. Nefna má náttúrlegan dánarstuðul sem dæmi: Hann er festur við 18% í reikningum. Ef hann væri gerður breytilegur innan þeirra marka, sem raunhæf geta talist, þá aukast líkur á mjög hraðri uppbyggingu og einnig líkur á hrúni. Til viðbótar ber að nefna að við framreikning á vexti og kynþroska er notað stutt tímabil. Það tímabil er næst nútímanum og á því hefur loðnustofninn tvisvar komist í lægð. Á áratugunum fyrir 1965 var hins vegar nær samfelld góðæri í hafinu, en árin 1965-1970 voru hafísár. Ógerningur er að segja til um hvort umhverfisaðstæður þróist á þann veg að framundan sé góðæri eða hallæri og er því reiknað með svipuðu ástandi og undanfarin ár. Ef möguleikar á samfelldu góðæri eða hallæri væru teknir með (með tilteknum líkum) myndi það að sjálfsögðu verða til þess að auka breytileikann í niðurstöðunum, þ.e. auka líkur á hrúni og einnig auka líkur á hraðri uppbyggingu.

Í útreikningum með líkaninu var notuð reikniformúla til að ákveða aflamark ársins út frá stöðu hrygningarstofnsins í byrjun árs. Í þeim reikningum þarf líkanið að áætla hvernig stjórnvöld

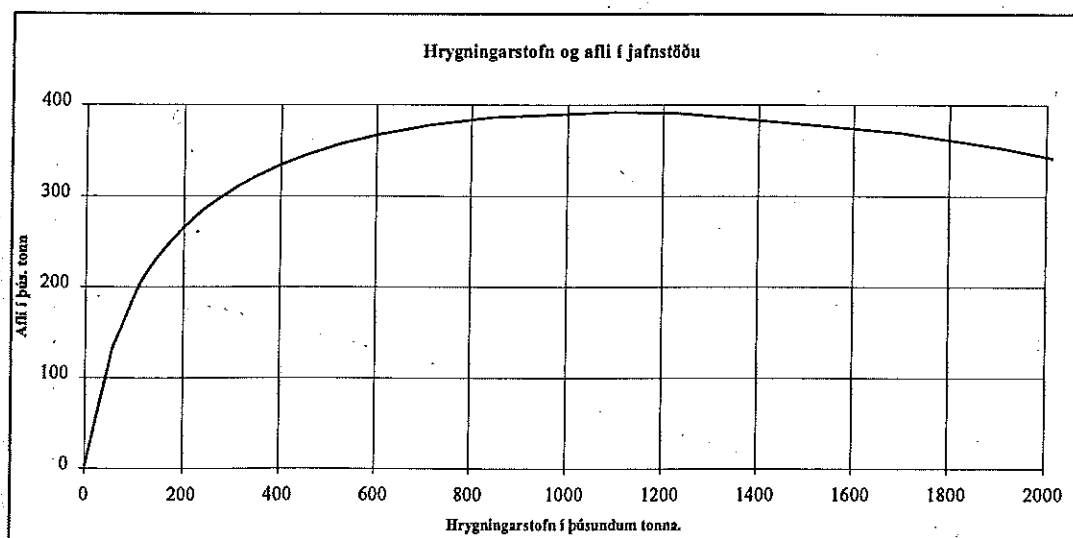
("Hafrannsóknastofnun" líkansins) meta stærð hrygningarstofnsins. Líkanið gerir ráð fyrir að staðalskekkjan í mati Hafrannsóknastofnunar á hrygningarstofninum sé 15%. Þegar líkanið reiknar út hvert sé mat Hafrannsóknastofnunar á hrygningarstofninum reiknar það út rétta hrygningarstofninn og margfaldar þá stærð með tölu, sem er valin af handahófi, úr tölum sem eru 1 að meðaltali og hafa staðalskekkju upp á 0,15.

2.1.4 Eiginleikar hins líffræðilega hluta líkansins án óvissu

Rétt er að líta aðeins nánar á eiginleika hins líffræðilega hluta líkansins við þessar aðstæður. Til að gera sér grein fyrir eiginleikum líkans af þessu tagi er oft þægilegt að skoða eiginleika líkansins í jafnstöðu, þ.e. stöðu þar sem sókn, fiskveiðidánartíðni, stofnstærðir, afli og nýliðun eru óbreyttar stærðir frá ári til árs.

Fyrst er rétt að huga að sambandinu á milli stofnstærðar og afla. Á mynd 2.2 er sýnt samband á milli hrygningarstofns og afla í jafnstöðu. Tölurnar á mynd 2.2 eru fundnar með því að gefa sér einhverja fiskveiðidánartíðni og finna þann afla, þann fjölda fiska í hverjum árgangi og þann hrygningarstofn sem gefur jafnstöðu fyrir þessa fiskveiðidánartíðni.

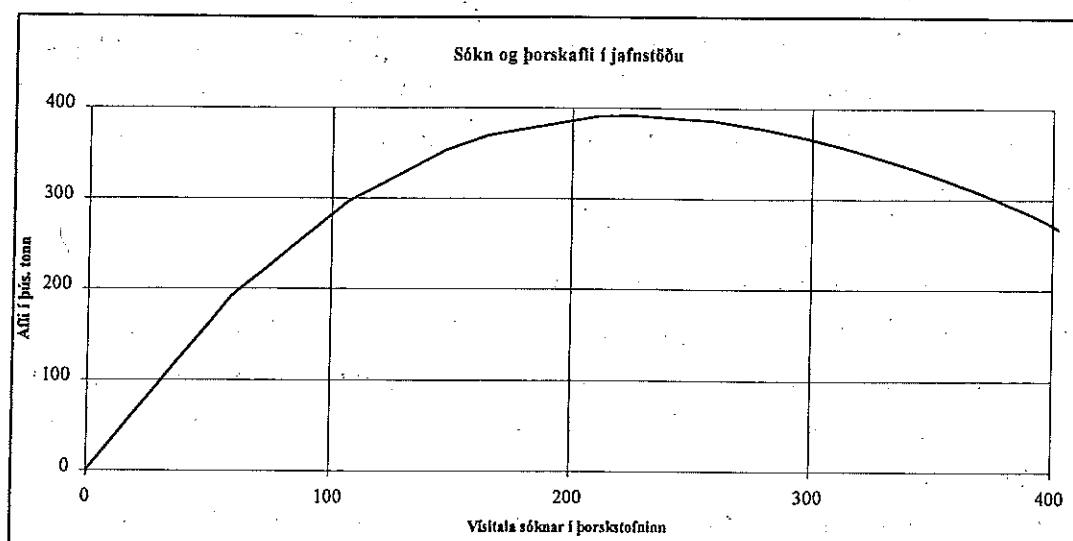
Mynd 2.2



Mynd 2.2 sýnir þá staðreynd að ekki má auka aflann umfram ákveðin mörk án þess að ganga á stofninn. Fyrir neðan ákveðin mörk sem hér eru 1,1 milljón tonn minnkar sá afli sem taka má úr stofninum þegar hann minnkar. Hámark afla í jafnstöðu er um 392 þúsund tonn á ári og næst þegar hrygningarstofninn er 1,1 milljón lesta. Ef leyfa á hrygningarstofninum að vaxa umfram 1,1 milljón tonna verður að minnka aflann og þeim mun meira sem hrygningarstofninn er stærri.

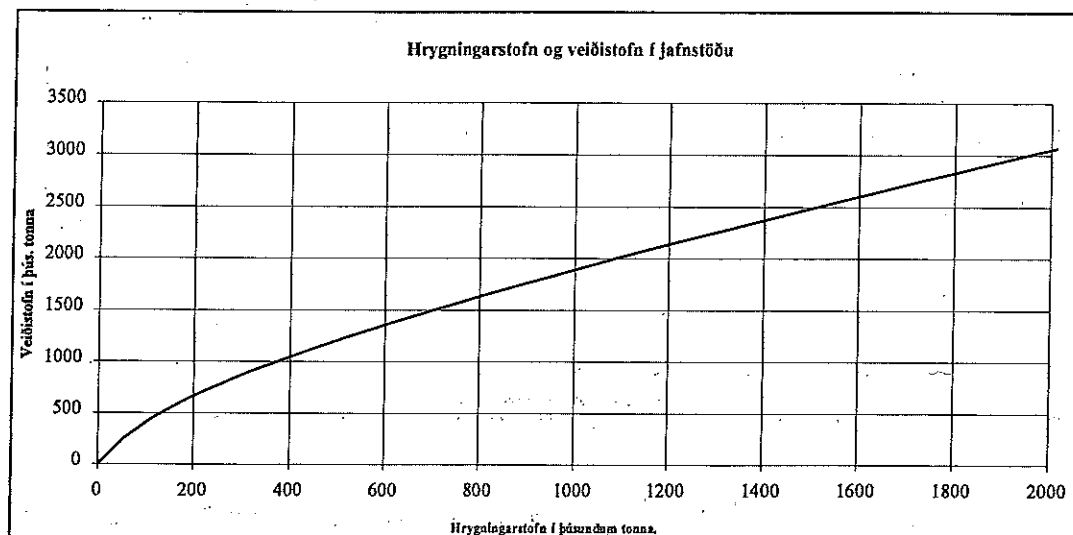
Þetta samband á milli afrakstursgetu þorskstofnsins og nýtingar hans má einnig sjá á mynd 2.3 þar sem sýndur er afli og sókn í jafnstöðu.

Mynd 2.3



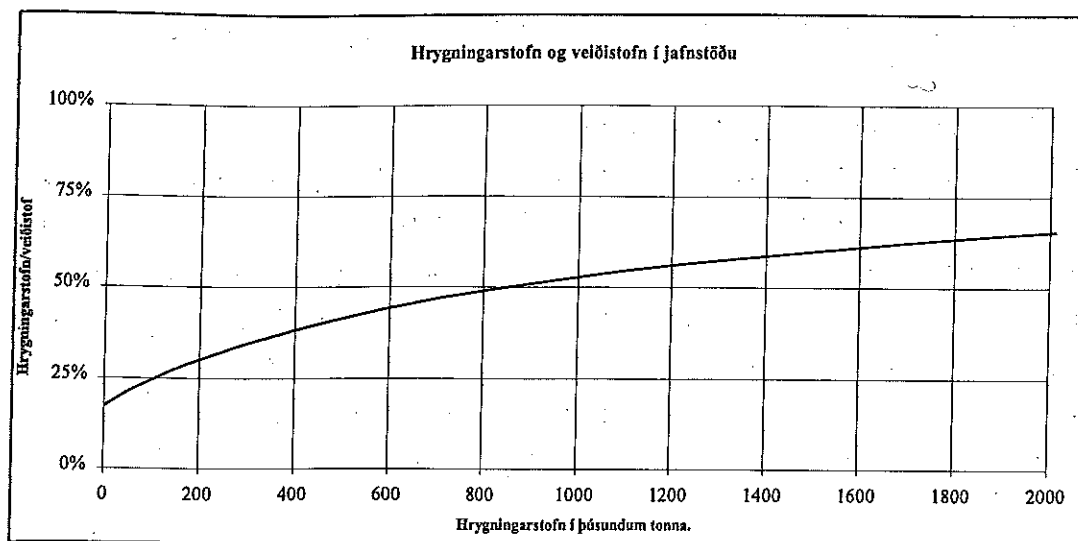
Mynd 2.3 sýnir að ekki er ábatasamt að halda endalaust áfram að auka sókn í sama stofninn. Fyrir eða síðar kemur að því að afrakstursgeta stofnsins er fullnýtt. Aukning sóknar umfram það mark er ofveiði og leiðir til minnkunar afla og verri efnahagslegrar afkomu veiðanna. Hér er því marki náð þegar sóknarvísitalan er 225 einingar og aflinn 392 þús. tonn.

Mynd 2.4



Næst er rétt að skoða sambandið á milli hrygningarstofns og veiðistofns í jafnstöðu. Það er sýnt á mynd 2.4. Þegar hrygningarstofninn er lítil er hann lágt hlutfall af veiðistofninum. Þetta sést greinilegar á mynd 2.5 þar sem teiknað er saman stærð hrygningarstofnsins og hlutfall hans af veiðistofninum við mismunandi stofnstærðir í jafnstöðu. Við litlar stofnstærðir er þetta hlutfall um 25% en fer upp í 55% við hrygningarstofn sem er 1 milljón tonna.

Mynd 2.5



Breytileikinn í þessu hlutfalli endurspeglar þá staðreynd að þegar stofninn er lítill er hann mestmegnis ungfiskur og tiltölulega lítið af honum kynþroska. Að jafnaði eru um 30% 5 ára þorska kynþroska, tæplega 60% 6 ára þorska og rúmlega 80% 7 ára þorska. Þegar hrygningarstofninn er um 1 milljón tonna eru 140 milljónir fiska á aldrinum 7-14 ára í veiðistofninum og um 400 milljónir fiska á aldrinum 4-6 ára. Þegar hrygningarstofninn er kominn niður í 205 þús. tonn er einungis 21 milljón fiska á aldrinum 7-14 ára í veiðistofninum en 250 milljónir fiska á aldrinum 4-6 ára.

2.2 Fjölstofna- og þéttleikaáhrif

Það líkan sem hér er notað er einstofna líkan; þar er ekki tekið tillit til þeirra áhrifa sem einn stofn hefur á annan. Ef rækjuveiði hefur aukist undanfarið vegna lélegs ástands þorskstofnsins sem lifir að hluta á rækju, má búast við að stækkun þorskstofnsins leiði til þess að rækjuveiðarnar dragist saman. Í fjölstofnalíkani með víxláhrifum rækjustofns og þorskstofns kæmi í ljós að stækkun þorskstofnsins hefði í för með sér kostnað vegna minnkandi rækjuveiða. Á móti minnkun kostnaðar við þorskveiðar vegna meiri fiskgengdar væri nauðsynlegt að reikna með auknum kostnaði við rækjuveiðar vegna minni rækjustofns. Á núverandi stigi treysti vinnuhópurinn sér ekki til að taka þessi fjölstofnaáhrif með.

Það er eðli líkana af því tagi sem hér er notað að með því að gera ráð fyrir mjög líttli sókn er hægt að reikna sig fram að stofnstærð sem er mun meiri en hefur nokkru sinni mælst. Á undanförunum 30 árum hefur hrygningarstofninn mælst stærstur um 800 þús. tonn. Á sjötta áratug aldarinnar mældist hrygningarstofn þorsks yfir 1 milljón tonna, en líklega voru lífsskilyrði í hafinu þá hagstæðari en þau eru nú. Því er ástæða til að hafa nokkurn fyrirvara á um niðurstöður úr útreikningum með líkaninu þegar hrygningarstofninn er kominn yfir 1 milljón tonna. Þegar stofninn verður svo stór er ekki ósennilegt að í ljós komi atriði sem ekki koma fram þegar stofninn er minni. Sem dæmi má nefna að þyngd fiska hlýtur að minnka við mjög stórar stofnstærðir vegna skorts á fæðu og að nýliðun kann að minnka vegna þess að þorskurinn étur sín eigin afkvæmi. Þessi atriði

hafa þó ekki úrslitaáhrif á niðurstöður líkansins um skynsamlega nýtingu þorskstofnsins næstu 5-10 árin enda fyrirsjáanlegt að hrygningarstofn þorsks fer ekki yfir 1 milljón tonna á þeim tíma.

3. Líkan af tekjum og kostnaði við þorskveiðar

Til að meta hvernig fiskstofnar verða best nýttir þarf líkan til að meta kostnað og tekjur eftir mismunandi nýtingarstefnu. Slíkt líkan getur verið viðamikl, t.d. eins og það sem Íslenski sjávarútvegshermirinn styðst við, eða mjög einfalt, eins og það sem lýst er hér á eftir. Þótt líkanið sé mjög einfalt eru líkur til þess að það nái að taka á helstu atriðum sem skipta máli við ákvörðun um hagkvæma sókn.

Í líkaninu er ekki tekið tillit til óvissunnar í þeim stuðlum sem notaðir eru til að reikna út tekjur og kostnað við þorskveiðarnar.

3.1 Tekjur og verðteygni

Tekjuhlíðin er einföld. Gert er ráð fyrir að afurðir úr hverju kg af óslægðum þorski seljist á ákveðnu verði og heildartekjur eru þannig jafnar margfeldi heildarafla og verðs á kg. Ekki er gert ráð fyrir neinni breytingu á því hlutfalli þorskafllans sem ráðstafað er í söltun, frystingu, ísfisk o.s.frv. frá því sem var árið 1992. Gert er ráð fyrir að breyting á heildarframboði á þorski hafi áhrif á verðið þannig að aukið framboð valdi lægra verði. Þetta hlutfall á milli framboðsbreytinga og verðbreytinga er nefnt verðteygni. Ef verðteygni er 0,5 þá veldur 10% framboðs aukning 20% verðlækkun. Yfirleitt hafa matvörur (nauðsynjavörur) fremur litla verðteygni (á bilinu 0 til 1), og því hafa breytingar á framboði þessara vara mikil áhrif á markaðsverð. Hagmælingar benda hins vegar til að eftirspurn eftir þorski sé talsvert verðteyginn. Hér er því gert ráð fyrir að verðteygni þorsks sé 2 og það þýðir að markaðsverð lækkar um 5% við 10% aukningu heildarframboðs. Íslendingar hafa u.þ.b. 15-20% markaðshlutdeild á N-Atlantshafþorski ef miðað er við þorskveiði á síðasta ári (u.þ.b. 270 þús. tonn). Ef framboð annarra er óbreytt, svo og aðrir þættir sem hafa áhrif á framboð og eftirspurn eftir þorskafurðum, leiðir 100 þús. tonna minnkun framboðs frá Íslandi til þess að markaðsverðið hækkar um 3%.

Gert er ráð fyrir að það verð sem útgerðin fær fyrir aflann sé fast hlutfall af heildarsöluverði og stuðst við áætlað hlutfall fyrir árið 1992.

3.2 Kostnaður

3.2.1 Afli á sóknareiningu

Kostnaðarhlíð þorskveiðanna í líkaninu miðast við sóknarþunga, þ.e. hversu fast þarf að sækja, að gefinni stærð veiðistofns, til að ná tilteknu aflamagni úr sjó. Það gefur augaleið að aldrei er hægt að lýsa slíku samhengi til fullnustu með reikniformúlum, en athuganir liggja fyrir á slíku sambandi, þar sem sóknarþungi er mældur með fjölda úthaldsdaga. Í líkaninu er gert ráð fyrir að afli á sóknareiningu aukist um 63% ef veiðistofninn (vegin með veiðanleika einstakra árganga) tvöfaldast en minnki að sama skapi ef veiðistofninn minnkar.

3.2.2 Kostnaður á sóknareiningu

Í líkaninu er gert ráð fyrir að heildarkostnaður við veiðarnar standi í réttu hlutfalli við sóknarþungann, þ.e. að útgerð tiltekins skips kosti alltaf það sama á ári hvort sem aflinn er mikill eða lítill. Í rauninni er þá ekki tekið tillit til aflahlutakerfisins, þ.e. að laun sjómanna skuli vera ákveðinn hundradshluti af tekjum skipsins. Með þessu er ekki verið að spá fyrir um þróun launakerfis í fiskveiðum heldur er hér verið að áætla þann þjóðhagslega fórnarkostnað sem er því samfara að nýta vinnu sjómannsins við fiskveiðar, en sá kostnaður er jafn þeim þjóðhagslegu verðmætum sem vinna sjómannsins gæti skapað annars staðar. Það er engin ástæða til að ætla að þessi kostnaður breytist þótt afli og aflaverðmæti skips breytist. Gert er ráð fyrir að laun sjómanna á árinu 1992 endurspegli réttlæga þennan þjóðhagslega fórnarkostnað. Í útreikningunum er þeim haldið óbreyttum frá því sem þau voru á árinu 1992. Ef hlutaskiptakerfið helst óbreytt og þorskstofninn nær að stækka þannig að aflaverðmæti fiskiskipanna eykst verulega frá því sem nú er, fá sjómennirnir mun hærri laun en hér er gert ráð fyrir. Hagnaður útgerðarinnar minnkar að sama skapi, en þjóðhagslegur hagnaður af því að efla þorskstofninn ætti ekki að breytast.

3.2.3 Kostnaður vinnslu

Í einföldu líkani er eðlilegt að reikna með því að kostnaður vinnslu sé sem næst föst fjárhæð á hvert kg hráefnis. Hagnaður af vinnslu ræðst þá af því hvort verðið sem fæst fyrir hvert kg hráefnis er herra en kostnaðurinn. Þar eð þetta verð er fast hlutfall af endanlegu verði yrði hagnaður ef verðið færi yfir ákveðið mark en tap ef það yrði fyrir neðan þetta mark. Í þeim reikningum sem hér er gerð grein fyrir sveiflast verðið tiltölulega lítið og hagnaður og tap vinnslunnar breytist því fremur lítið miðað við þann hagnað sem verður af veiðunum þegar þorskstofninn fær að vaxa og kostnaður á aflaeiningu minnkar vegna aukinnar fiskgengdar. Það hefur því mjög lítil áhrif á niðurstöðurnar þó að hagnaði vinnslunnar sé sleppt, þ.e. gert ráð fyrir að kostnaðurinn vaxi þegar verð er hátt og minnki þegar það er lágt. Þetta má réttlæta innan ramma líkansins með því að þar fara saman hátt verð og lítið hráefni og lágt verð og mikið hráefni, en líklegt má telja að lítið hráefni leiði til hærri kostnaðar á hráefniseiningu og mikið hráefni til lægri kostnaðar á hráefniseiningu.

3.2.4 Mismunur á bókhaldslegum og þjóðhagslegum kostnaði

Við efnahagslegar ákvarðanir skiptir sá kostnaður einn máli sem undan verður vikist. Frá þjóðhagslegu sjónarmiði kostar í raun ekkert að nota skip sem þegar hefur verið keypt og hvorki er hægt að nýta við annað en veiðar á Íslandsmiðum né selja úr landi. Á sama veg má færa rök fyrir því að þjóðhagslegur kostnaður sé enginn vegna vinnu sjómanna sem færu á atvinnuleysisskrá ef þeir stunduðu ekki fiskveiðar. Þótt færa megi rök fyrir því að eðlilegt sé að telja þjóðhagslegan kostnað við notkun á fjármagni eða vinnuafli jafnan núlli ef eitthvert atvinnuleysi er, er sennilegt að rétti þjóðhagslegi kostnaðurinn sé einhvers staðar á milli núlls og markaðsverðsins. Líta verður því á útreikninga á þeim forsendum sem einföldun til að draga fram með skýrum hætti áhrif þess að þjóðhagslegur kostnaður víki langt frá bókhaldslegum kostnaði.

Í útreikningum með líkaninu eru notaðar þrjár aðferðir við að reikna út kostnað við fiskveiðarnar. Í fyrsta lagi er notuð sú aðferð að reikna allan kostnað á markaðsverði. Þessi aðferð er notuð þegar reiknaðar eru út tekjur, kostnaður og hagnaður í jafnstöðu eins og gert er t.d. í kafla 3.3 hér á eftir. Í öðru lagi er notuð sú aðferð að reikna allan innlenda kostnað sem tengist veiðum og vinnslu þorsks á beinan eða óbeinan hátt jafnan núlli. Þessi einföldun byggist á því að ekki séu önnur verkefni til fyrir það vinnuafli og það fjármagn sem bundið er í þessari starfsemi. Þetta jafngildir því að hagnaðurinn eða ábatinn af veiðum og vinnslu þorsks er talinn jafn öllum tekjum innlendra aðila sem koma beint eða óbeint að starfseminni hvort sem þær heita laun, vextir eða hagnaður í bókhaldslegri merkingu þess orðs. Í þriðja lagi er sú leið farin, í þeim útreikningum þar sem líkanið er látið líkja eftir þróun þorskveiðanna við Ísland frá árinu 1993, að kostnaður vegna fastafjármuna sem notaðir eru við veiðarnar er lækkaður um 7/8 í byrjun árið 1994, 6/8 árið 1995 og þannig áfram allt til ársins 2001 að allur fastur kostnaður er talinn með. Þannig er gert ráð fyrir því að þau fiskiskip sem nú stunda þorskveiðar hafi ekki önnur verkefni hér við land, né heldur að hægt sé að selja þau til annarra landa. Jafnframt er gert ráð fyrir að þetta ástand breytist smám saman og að frá og með árinu 2001 verði hægt að aðlagja skipastólinn að þörfum þorskveiðanna án sérstaks kostnaðar. Í þessum reikningum er ekki gert ráð fyrir samsvarandi meðferð á launum vegna atvinnuleysis. Nánar er gerð grein fyrir útreikningum þar sem þessar skilgreiningar á kostnaði eru notaðar í 5. kafla hér á eftir.

Í líkaninu er ekki tekið tillit til þess að mikill samdráttur í þorskveiðum getur leitt til þess að markaðssambönd tapist og verkunnátta glatist sem getur verið kostnaðarsamt að afla á nýjaleik. Ekki er heldur tekið tillit til kostnaðar vegna hugsanlegrar byggðaröskunar. Þessir þættir hafa þau áhrif að fýsilegra verður að fara hægara í sakirnar við eflingu þorskstofnsins. Þá er ekki gert ráð fyrir neinni óvissu sem tengist kostnaði við veiðar og vinnslu þorsks, tekjum af þorskafurðum eða áhrifum þeirra á efnahagslífið í heild, en augljóst er að þessi sambönd eru háð nokkurri óvissu.

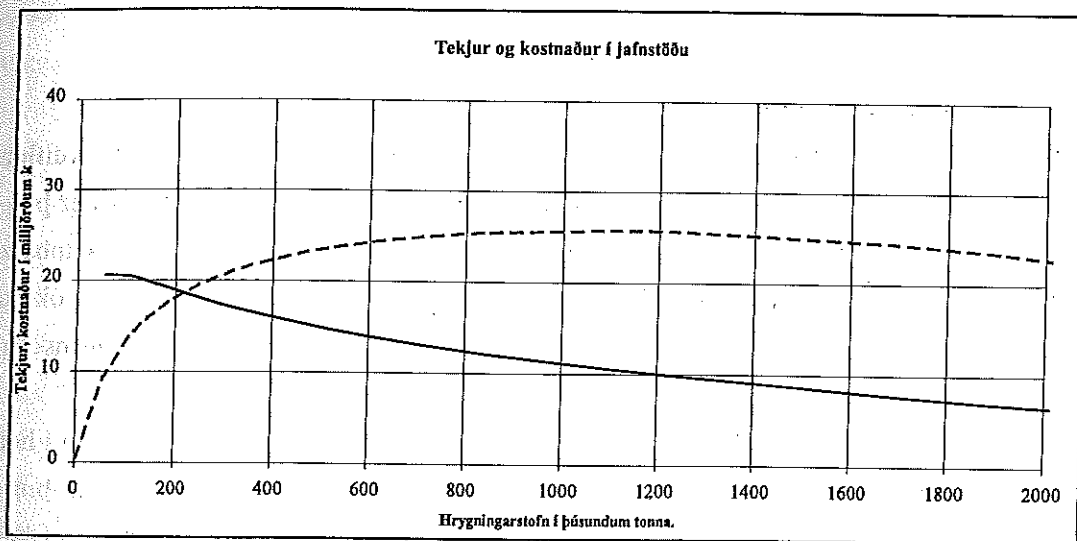
3.3 Myndræn lausn á hámrörkun hagnaðar

Á mynd 3.1 sést hvernig tekjur og kostnaður breytast með hrygningarstofni þegar jafnvægi hefur verið náð. Þar sem bilið milli tekju- og kostnaðarferlanna er mest, en það er við hrygningarstofn upp á tæplega 1,7 milljónir tonna (og veiðistofn sem er rúmlega 2,7 milljónir tonna) er það jafnvægisgildi hrygningarstofns sem gefur mestan hagnað á hverju ári, samkvæmt forsendum líkansins. Jafnstöðuafl er 370 þús. tonn á ári við þessa stærð hrygningarstofnsins. Hagnaður af þorskveiðum við þessi jafnvægisgildi nemur tæpum 16,7 milljörðum króna á ári. Það er rétt að benda á að mesti jafnstöðuafl (hér sá aflur sem viðheldur óbreyttum hrygningastofni), u.þ.b. 392 þús. tonn á ári, næst við hrygningarstofn sem er 1,1 milljón tonna og er árlegur hagnaður þá 15,2 milljarðar á ári.

Nú er hrygningarstofninn talinn vera um 209 þús. tonn og veiðistofninn um 626 þús. tonn. Við þessar aðstæður er lítils háttar tap af veiðunum eins og sést á mynd 3.1 þar sem tekju-línan og kostnaðar-línan skerast í punkti þar sem hrygningarstofninn er um 220 þús. tonn, en þá er jafnstöðuaflinn 275 þús. tonn. Við þessar aðstæður eru einnig miklar sveiflur í aflabroögðum vegna smæðar stofnsins og þess að veiðar eru bundnar við fáa unga árganga. Einnig er við þessar aðstæður veruleg hætta á hruni stofnsins ef nýliðun misheppnast nokkur ár.

Rétt er að leggja áherslu á það hér að þessar áætlanir um jafnstöðuafla eru fundnar út frá meðaltalsnýliðun sem er áætluð 170 milljónir fiska þegar hrygningarstofninn er 220 þús. tonn. Sterkar vísbendingar eru um að nýliðun nokkurra undangenginna ára og nokkurra næstu ára verði verulega mikið lægri en sem nemur meðaltalsnýliðuninni. Þannig er reiknað með að nýliðun ársins 1992 hafi verið 155 milljónir fiska, nýliðun ársins 1993 verði 137 milljónir fiska, nýliðun ársins 1994 verði 73 milljónir fiska og nýliðun ársins 1995 verði 130 milljónir fiska. Við slíkar aðstæður er sá afli sem taka má úr stofninum án þess að stofninn minnki mun minni en jafnstöðuaflinn.

Mynd 3.1



4. Mismunandi markmið fiskveiðistjórnunar

4.1 Hámörkun núvirts hagnaðar

Í hagfræðilegri greiningu er algengast að skilgreina hámarkun hagnaðar sem það markmið sem eðlilegt sé að stefna að. Í kafla 3.3 var fundin sú jafnstaða afla og stofns sem hámarkar árlegan hagnað af veiðunum. Nú er almennt talið að fólk meti meira neyslu og tekjur á líðandi stund en einhvern tíma í framtíðinni og að þetta viðhorf endurspeglar í jákvæðum vöxtum. Út frá þessu sjónarmiði er eðlilegt að hafa núvirði hagnaðarins að leiðarljósi. Með því móti fær hagnaður í framtíðinni minna vægi en umsvifalaus hagnaður og vægið minnkar eftir því sem lengra líður. Hægt er að sýna fram á að eftir því sem vextirnir eru hærri og áhuginn meiri á samtíðartekjum en framtíðartekjum, verður hagstæðasta stærð þorsstofnsins í jafnstöðu minni og aflinn sömuleiðis. Í öfgatilfellinu þar sem vextir eru óendanlega háir er framtíðin einskis metin en allt kapp lagt á að auka tekjur og neyslu á líðandi stundu. Hærri vextir verka þannig letjandi á að dregið sé úr þorskveiðum til að stækka stofninn. Það þarf þó að nota vexti sem eru fáránlega háir til að breyta þeirri niðurstöðu að ef markmiðið er að hámarka núvirtan hagnað þá er besta stefnan sú að minnka veiðar mjög mikið, eða jafnvel hætta þeim alveg, þar til kjörstöðu er náð og veiðar geta hafist að nýju með stórbættri afkomu. Þetta er örugglega rétt markmið þar sem fiskveiðar eru einungis lítill hluti atvinnulífs og

stjórnvöld gætu bætt þeim sem hafa lífsafkomu sína af veiðum og vinnslu þann tekjumissi sem þeir verða fyrir meðan fiskstofnar eru í vexti.

4.2 Hámörkun núvirtra tekna

Eins og vikið var að hér að framan má færa rök fyrir því að þjóðhagslegur kostnaður vegna vinnuafis og fjármagns sé lægri en markaðsvirði þeirra þegar atvinnuleysi og verkefnaskortur blasir við. Í öfgatilfelli mætti segja að allur kostnaður vegna fjármagns og vinnuafis sem bundið er í veiðum og vinnslu sé núll og hagnaðurinn því jafn öllum tekjunum. Ef stjórnvöld velja það sem markmið að hámarka núvirtar tekjur af veiðum og vinnslu þorsks þá leiðir af því að fara skuli hægara í sakirnar við eflingu þorskstofnsins en ef miðað er við hámörkun hagnaðar.

4.3 Hámörkun núvirts verðmætis neyslu

Hagmælingar sýna að einkaneysla á Íslandi sveiflast nánast í réttu hlutfalli við sveiflur í útflutningstekjum. Hlutfall útflutningstekna og ráðstöfunartekna er jafnvel enn stöðugra. Nú er það að einhverju leyti á valdi stjórnvalda að breyta þessu samhengi, en ef gert er ráð fyrir að sambandið haldist óbreytt og markmið stjórnvalda sé að hámarka núvirt verðmæti neyslu Íslendinga um ókomna framtíð, leiðir af því að skynsamlegt er að fara hægara í sakirnar við eflingu þorskstofnsins en ef miðað er við hámörkun hagnaðar.

Þegar reynt er að meta gildi einhverrar starfsemi eftir hlutdeild hennar í neyslu eða tekjum í heild, er verið að gera ráð fyrir að engin starfsemi geti komið í stað þeirrar sem verið er að skoða, þ.e. að það vinnuafli og fjármagn sem beint eða óbeint er bundið í starfseminni hafi engin verkefni ef þeirri starfsemi er hætt.

4.4 Hámörkun með tilliti til sveiflu- eða áhættufælni

Hagfræðingar telja almennt að fólk líti ekki einungis til núvirðis þeirra tekna sem þeim standa til boða heldur skipti einnig máli hvort þær eru jafnar frá ári til árs eða sveiflast mikið. Almennt er talið að fólk vilji frekar að tekjur sveiflist lítið en mikið ef núvirði þeirra er það sama. Það má taka tillit til þessarar sveiflufælni með því að nota ekki tekjur eða hagnað beint heldur nota fyrst ákveðnar formúlur til að umbreyta þeim. Hægt er að sýna fram á að þegar tekið er tillit til sveiflufælni með þessu móti þá leiðir af því að skynsamlegt er að fara hægara í eflingu þorskstofnsins en ef slík sveiflufælni er ekki fyrir hendi. Þeim mun meiri sem sveiflufælnin er þeim mun hægara á að fara í að stækka þorskstofninn.

Ef fólk er sveiflufælið er það einnig áhættufælið; það vill frekar vísar tekjur og jafnar en að eiga ýmist von á hærri eða lægri tekjum með einhverri óvissu. Til að fá áhættufælið fólk til að velja óvissar tekjur frekar en öruggar verður vöngildi óvissu teknanna að vera hærri en sem nemur öruggu tekjunum.

5. Niðurstöður líkanreikninga

5.1 Reikningar án óvissu

Í töflu 5.1 eru sýndar niðurstöður úr reikningum. Þar voru fundnir aflaferlar sem hámarkuðu núvirtan hagnað þar sem notaðir eru 5%, 10% og 15% vextir. Það er vert að minna á að 15% ávöxtunarkrafa er feikihá frá samfélagslegu sjónarmiði. Svo dæmi sé tekið þá er núvirði tekjustreymis að 20 árum liðnum aðeins tæp 4% af nafnvirði miðað við 15% afvöxtun, en um 36% af nafnvirði sé miðað við 5% afvöxtun. Hagsmunir komandi kynslóða eru því fundnir fremur léttvægir ef 15% afvöxtun er notuð.

Í töflu 5.1 eru einnig sýndir ferlar sem fengust með því að hámarka neyslu miðað við fasta hlutfallslega sveiflufælni. Í raun voru tekjur innlendra aðila af útflutningi þorskafurða hámarkaðar, en gert var ráð fyrir að neyslan breyttist í réttu hlutfalli við þessa stærð. Í útreikningunum voru áætlaðar innlendar tekjur af öðrum útflutningi, en útflutningi þorskafurða haldið föstum og við þá stærð bætt beinum og óbeinum tekjum af nýtingu þorskstofnsins.

Útreikningarnir eru framkvæmdir miðað við fjögur mismunandi gildi á hlutfallslegri sveiflufælni. Gildið 0 á þessum stuðli samsvarar því að engin óbeit sé á sveiflum. Þegar stuðullinn er jafn 0 er í raun verið að hámarka núvirði af innlendum tekjum þorskveiða, þ.e. hámarka framlag þorskveiðanna til landsframleiðslunnar. Þegar gildi hlutfallslegrar sveiflufælni hækkar eykst hún þannig að í töflu 5.1 er gert ráð fyrir mestri sveiflufælni í dálknum sem er lengst til hægri en þar er hlutfallsleg sveiflufælni 6. Taflan sýnir einnig að þeim mun meiri sem sveiflufælnin er þeim mun hægara er farið í eflingu þorskstofnsins.

Neðstu þrjár líurnar í töflunni sýna tölugildin á núvirtum hagnaði í hverju tilviki miðað við mismunandi afvöxtunarstuðla. Kostnaðinn við að velja tiltekinn feril má því mæla með mismuninum á hagnaðinum sem sá ferill gefur og hagnaðinum af hagkvæmustu sókn. Þannig má segja að það kosti 61 milljarða króna að núvirði, miðað við 5% ávöxtunarkröfu, að fara leiðina sem er lengst til hægri fremur en að fylgja ferlinum í fyrsta dálkinum. Það er þá í raun kostnaður sem hlýst af því að ekki er talið fært að draga úr sveiflum í neyslu með erlendri lántöku og vegna þess að ekki eru önnur verkefni fyrir það vinnuafli og fjármagn sem bundið er í sjávarútvegi meðan verið er að efla stofninn. Það verður þó að meðhöndla slíkar tölur með gát og meta þær með hliðsjón af þeim forsendum sem ræddar voru hér að framan.

Í töflu 5.1 eru sýndar niðurstöður úr öllum þeim tilfellum sem starfshópurinn skoðaði. Án undantekninga sýna þær að það borgar sig að minnka sókn verulega á næstu 2-3 árum. En hærri vextir, lágur þjóðhagslegur kostnaður við vinnuafli og fjármagn vegna verkefnaleysis á öðrum sviðum í bráð og lengd, sveiflufælni, erfiðleikar við að jafna einkaneyslu í tíma með því að taka lán til að fjármagna neyslu á samdráttartímum, svo og kostnaður vegna tapaðra markaðssambanda og glataðrar verkunnáttu, eru allt atriði sem rökstyðja það að hægara skuli farið í eflingu þorskstofnsins, heldur en skynsamlegt er að gera ef hámarkun hagnaðarins er höfð að leiðarljósi.

Tafla 5.1 Hámörkun án óvissu

Aflaferlar þorsks í þúsundum tonna miðað við:

Ár	<i>Hámörkun núvirts hagnaðar</i>			<i>Hámörkun núvirtrar neyslu með tilliti til sveiflufælni og 5% vaxta</i>			
	5%	10%	15%	0	2	4	6
1992	268	268	268	268	268	268	268
1993	230	230	230	230	230	230	230
1994	0	0	0	0	55	108	134
1995	0	0	0	0	113	142	158
1996	0	0	0	91	157	171	181
1997	30	105	212	190	192	197	202
1998	158	205	237	251	222	221	222
1999	233	258	268	285	248	241	239
2000	280	293	290	312	271	260	255
2001	319	318	309	332	291	277	269
2002	336	341	336	349	308	291	282
2003	345	353	353	359	324	304	294
2004	350	358	362	366	338	316	304
2005	354	366	370	373	349	326	314
2006	363	377	379	381	359	335	322
2007	368	383	387	386	366	343	330
2008	383	386	389	389	371	349	337
2009	384	389	390	391	376	355	343
2010	384	391	391	391	379	359	348
2011	384	391	392	392	381	363	352
2012	384	391	392	391	383	366	356
2013	383	392	392	391	385	378	360

Núvirtur hagnaður frá árinu 1994 í milljörðum:

Vextir:

5%	246	244	238	225	210	198	185
10%	96	97	96	93	84	76	68
15%	51	53	53	52	47	41	36

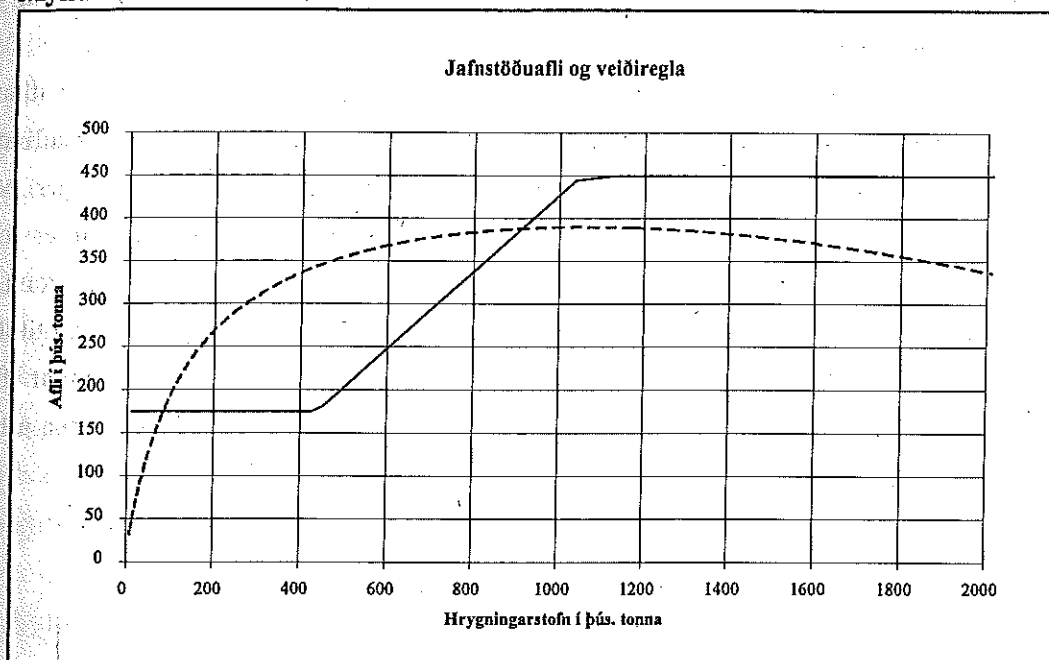
5.2 Reikningar með óvissu

Reikningarnir hér á undan tóku ekki tillit til óvissu, en hún er vissulega fyrir hendi hvað þetta mál varðar, eins og sýnt var í 2. kafla. Því er áhugavert að kanna hvort þessi þáttur breytir niðurstöðum að einhverju leyti. Ekki var talið fært að svo stöddu að hámarka hagnað eins og gert var hér að framan, en látið var nægja að skoða stjórnunarreglur, þ.e.a.s. reiknireglur til ákvörðunar á heildaraflamarki, sem var beitt á hermilíkanið sem gerð var grein fyrir í kafla 2.1.3. Gerðir voru framreikningar til 25 ára með líkaninu og búnir til 100 ferlar. Það skal strax tekið fram að sú veiðiregla sem var valin er aðeins ein af hugsanlegum reglum sem til greina koma, og mikið starf er enn óunnið í rannsóknum hvað þetta varðar.

Góð stjórnunarregla þarf að fullnægja nokkrum augljósum skilyrðum. Í fyrsta lagi er æskilegt að reglan valdi því að stofninn sé í langtímajafnvægi við einhverja stærð sem talin er æskileg af líffræðilegum og efnahagslegum ástæðum. Í öðru lagi er æskilegt að reglan jafni sveiflur, og í þriðja lagi er æskilegt að hverfandi líkur séu á stóráföllum eða hruni í viðgangi stofnsins.

Því formi á veiðireglu sem valið var til prófunar má lýsa í tveimur þrepum: Fyrst er reiknað ákveðið hlutfall af hrygningarstofni umfram ákveðið lágmarksgildi. Í þeim reikningum er hlutfallið 45%, en lágmarksgildið 50 þús. tonn. Síðan er heildaraflinn lækkaður að tilteknu marki ("þaki"), ef herra gildi en þakið fékkst í fyrsta þrepi, en hækkaður upp í "gólf", ef lægra gildi en gólfíð fékkst í fyrsta þrepi. Þakið er hið lægra af 450 þús. tonnum og aflu fyrra árs, hækkuðum um fjórðung, en gólfíð hið herra af ákveðinni fastri tonnatölu og aflu fyrra árs, lækkuðum um fjórðung. Þrjár lágmarkstonnatölur (gólf) voru prófaðar: 125, 175 og 225 þúsund tonn. Það skilyrði var þó sett að fiskveiðidánarstuðull yrði aldrei hærri en 80% (þ.e.a.s. fiskveiðidánartala verði ekki hærri en 1,5).

Mynd 5.1



Á mynd 5.1 er sýnt hvernig stjórnumarreglan verkar (án tillits til takmarkana á fiskveiðidánarstuðlinum og breytingum milli ára) miðað við 175 þús. tonna lágmarksafla. Þar sést að ef hrygningarstofninn er talinn vera 750 þús. tonn gefur reglan út kvóta upp á 315 þús. tonn. Ef hrygningarstofninn mælist yfir 1000 þús. tonna verður kvótinn 450 þús. tonn, en ef hann mælist undir 420 þús. tonn verður heildarafl 175 þús. tonn. Þarna á þó eftir að taka tillit til takmörkunar á breytingum milli ára og takmörkunar á fiskveiðidánarstuðli.

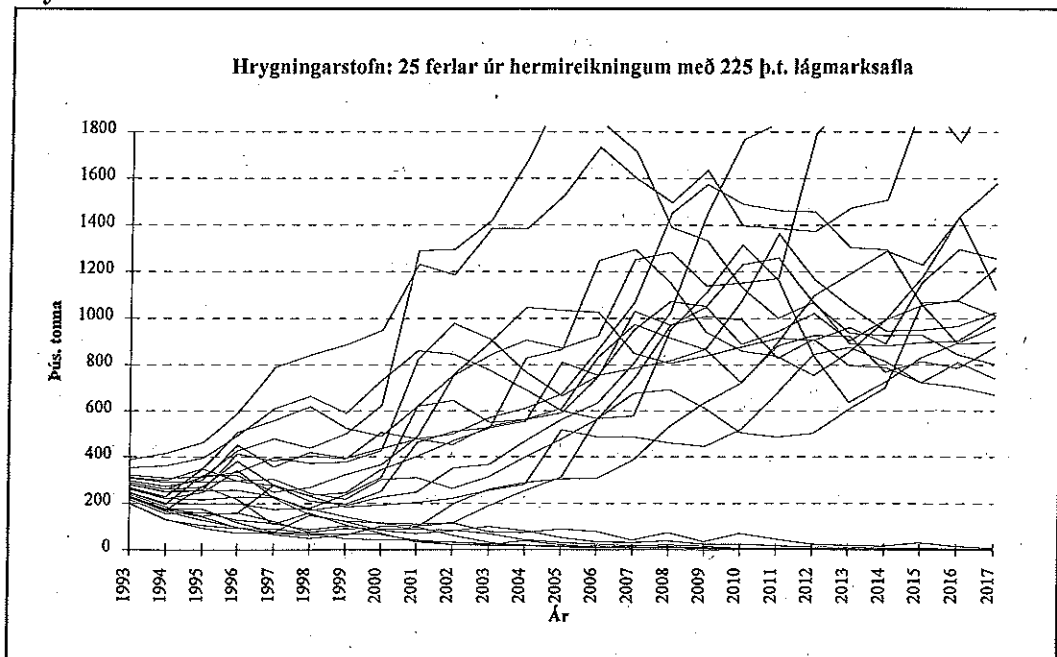
Á myndinni sést einnig að veiðireglan sker jafnstöðuaflaferilinn á tveimur stöðum. Neðri skurðpunkturinn er við hrygningarstofn sem er um 80 þús. tonn og 175 þús. tonna aflu. Efri skurðpunkturinn er við hrygningarstofn sem er um 900 þús. tonn og aflu upp á 390 þús. tonn. Neðri punkturinn er svokallaður óstöðugur jafnvægispunktur, því þar þarf aðeins litlar breytingar á hrygningarstofninum til að hann fari með tímanum upp í efra jafnvægisgildið, eða hrynji, þ.e.a.s. leiti í átt að núllpunktinum. Ef hrygningarstofninn færir upp á við, t.d. vegna góðs árferðis, tekur aflareglan minna úr stofninum en vexti hans nemur á hverju ári og hann leitar upp á við. Ef illa árar og hrygningarstofninn minnkar, er sífellt tekið meira úr stofninum en bætist í hann og því leitar hann niður á við. Efri punkturinn er hins vegar stöðugur; þótt breytingar verði á hrygningarstofninum

leitar stofninn, aftur í jafnvægi með aðstoð veiðireglunnar.

Rétt er að benda á að reglan var valin þannig að langtímajafnvægi hennar lægi í kringum 900 þús. tonn. Sú stofnstærð er nokkru minni, og sóknin því þyngri, heldur en reikningarnir í kafla 5.1 þar sem núvirði hagnaðar var hámarkað, gefa tilefni til að ætla að sé besta gildið. Þetta gildi var hins vegar valið út frá því sjónarmiði að Beverton-Holt-líkanið gildi einfaldlega ekki án breytinga þegar hrygningarstofninn er kominn langt yfir eina milljón tonna og veiðistofninn yfir tvær milljónir tonna. Þegar þeirri stærð er náð fara að koma til þéttleika- og fjölstofnaáhrif (sbr. umræðu í kafla 2.2). Vitneskja um þessa þætti er ekki enn komin á það stig að hægt sé að segja vel til um líklegan kostnað vegna þeirra. Því var farin sú leið að ákveða fyrir fram jafnvægisstofnstærð sem væri viðunandi frá líffræðilegu og efnahagslegu sjónarmiði. Myndir 2.1, 2.2 og 3.1 sýna glögggt að svo er um hrygningarstofn á bilinu 900-1000 þús. tonna.

Það er rétt að benda á að regla sem hefur innbyggðan lágmarksafla, eins og þessi, kemur alltaf til með að lenda í ógöngum með einhverjum líkum. Þær líkur eru því meiri sem lágmarksafllinn er hærri. Líkurnar á hruni aukast einnig eftir því sem hrygningarstofninn í upphafi er nær neðri skurðpunkti veiðireglunnar og ferils jafnstöðuafla. Vert er að benda á að ef lágmarksafllinn er settur jafn 225 þús. tonnum á ári er neðri skurðpunkturinn við hrygningarstofn sem er 130 þús. tonn, en mat Hafrannsóknastofnunar á hrygningarstofninum á árinu 1993 var 209 þús. tonn. Að teknu tilliti til óvissu í þessu mati, sem nær í báðar áttir og lakrar nýliðunar nokkur undanfarin og komandi ár (fram til 1995) er fyrirfram hægt að giska á að nokkrar líkur séu á hruni stofnsins ef 225 þús. tonna afla er haldið til streitu, hvernig svo sem þróun stofnsins er.

Mynd 5.2



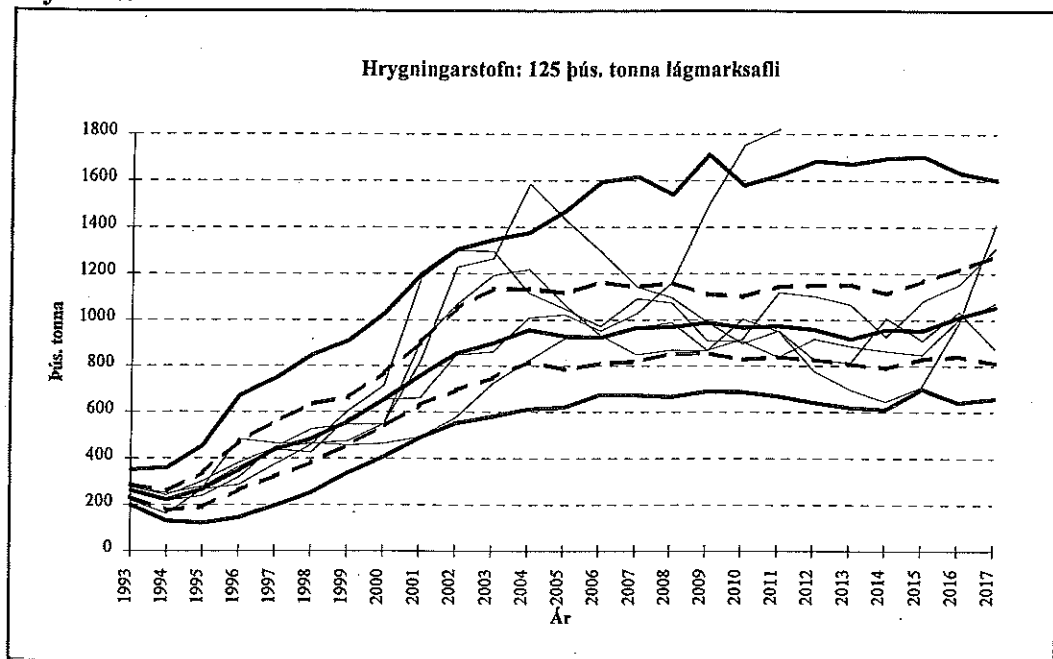
Á mynd 5.2 eru sýnd dæmi um þróun hrygningarstofnsins í hermireikningunum. Þarna eru sýndir 25 ferlar af 100 sem voru búnir til. Stjórnunarreglan sem var notuð hafði 225 þús. tonna lágmarksafla. Eins og sjá má nær stofninn sér á strik í flestum tilvikum, en í nokkrum ferlanna (um

þriðjungi þeirra) er um algert hrun stofnsins að ræða.

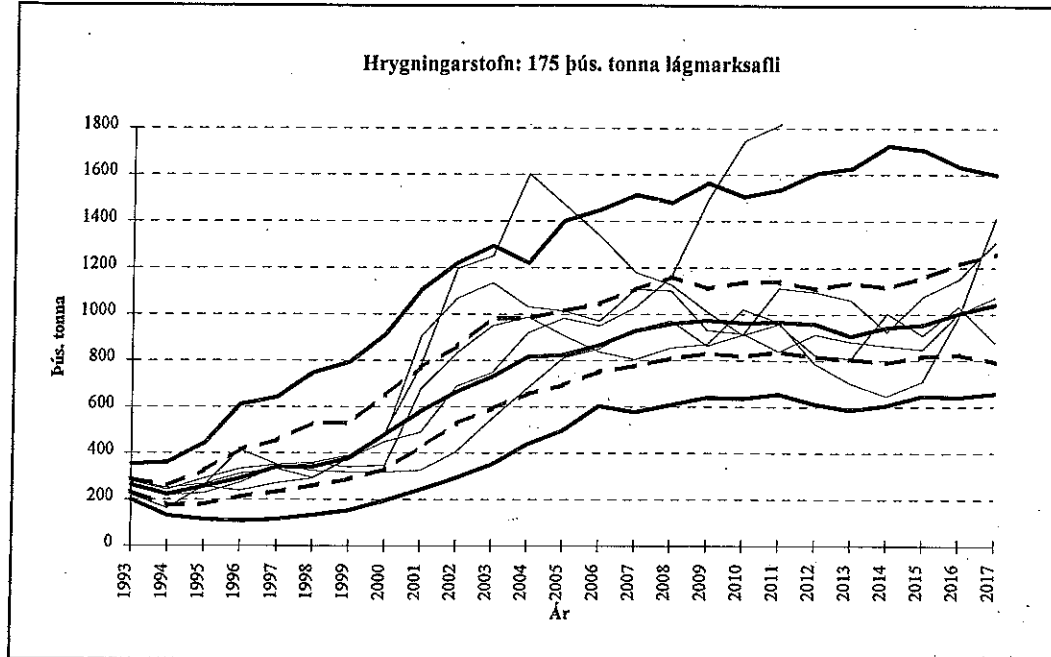
Á myndum 5.3, 5.4 og 5.5 er sýnd dreifing hrygningarstofnsins á hverju ári fyrir reglurnar þrjár. Á hverri mynd eru þrjár óslitnar gildar línur. Miðlínan sýnir miðgildi hrygningarstofns á hverju ári. Helmingur gilda liggur því neðan við þessa línu og helmingur ofan við. Fyrir neðan neðstu línuna liggja neðstu 5% af gildum stofnsins á hverju ári og fyrir ofan þá efstu liggja efstu 5%. Á hverri mynd eru einnig tvær slitróttar gildar línur. Neðan við þá neðri liggur fjórðungur gilda á hverju ári, en öfugt fyrir þá efri, þ.e.a.s. fjórðungur gilda liggur ofan við hana. Til að sýna hvernig sveiflur verða frá ári til árs eru einnig teiknaðir fimm tímaferlar úr hermireikningunum með grönnum línum. Á mynd 5.3 má sjá að ef 125 þús. tonna aflalágmarki er fylgt verður miðgildi hrygningarstofns um 500 þús. tonn árið 1999 og að stofninn nær að lokum jafnvægi rétt neðan við 1000 þús. tonna. Stofninn nær sér í öllum tilvikum á strik. Hið sama gildir í meginatriðum um 175 þús. tonna regluna (mynd 5.4), en þar á sér stað hrun í einu tilviki af 100 og stofninn er að jafnaði tveimur árum lengur að komast upp í hálfa milljón tonna. Þetta er þó háð forsendu um það samband nýliðunar og hrygningarstofns, sem er notað til að spá fyrir um nýliðun frá og með árinu 1996. Sé t.d. svokallað Ricker nýliðunarlíkan notað í stað nýliðunarlíkans Bevertons og Holts þá hækka líkur á hruni í 7%. Þessi líkön falla nánast jafnvel að gögnum, en Ricker líkanið fellur þó betur að mælingum sem eru nær í tíma. Einnig ber að minna á að ekki er tekið tillit til allrar óvissu sem er fyrir hendi í raunveruleikanum og því eru líkur á hruni sennilega vanmetnar.

Alger breyting verður á þegar 225 þús. tonna lágmarksafli er haldið til streitu (mynd 5.5). Þótt miðgildi stofnsins sé komið í um 800 þús. tonn undir lokin hrynur stofninn algerlega í 30% tilvika. Með öðrum orðum: um 30% líkur eru á hruni stofnsins ef þessari reglu er fylgt.

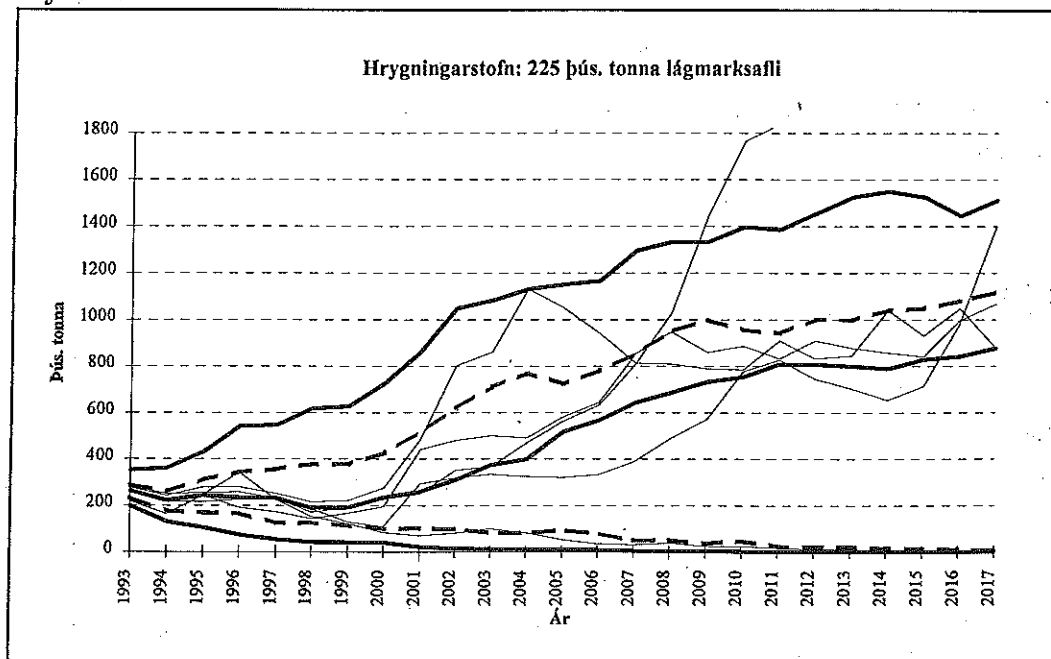
Mynd 5.3



Mynd 5.4



Mynd 5.5

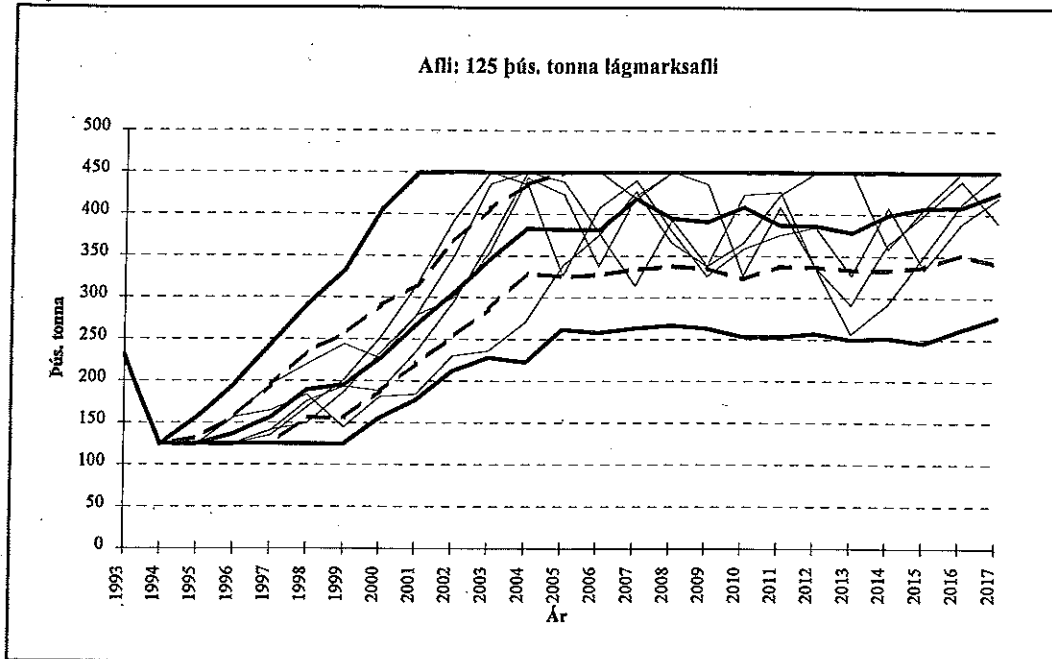


Á næstu þremur myndum sjást aflaferlarnir úr sömu hermireikningum og áður. Myndirnar eru teiknaðar á sama hátt og myndir 5.3-5.5. Á mynd 5.6 má sjá að 125 þús. tonna reglan gefur 250 þús. tonna afla árið 2001 í 50% tilvika. Afla samkvæmt 175 þús. tonna reglunni er kominn yfir 250 þús. tonn árið 2003 (mynd 5.7) og nær sér á strik í 99 tilvikum af 100. 225 þús. tonna reglan gefur yfir 250 þús. tonn í 50% tilvika árið 2009 (mynd 5.8). Þótt lágmarksafli sé 225 þús. tonn í þessu tilviki þá er þar gerð sú undantekning á að sókn (á mælikvarða fiskveiðidánarstuðuls) er takmörkuð. Þess vegna næst ekki 225 þús. tonna aflinn í öllum tilvikum, og í þriðjung tilvika hrynur aflur niður úr öllu valdi í samræmi við stærð stofnsins. Það þarf vart að taka fram að kostnaður við að ná

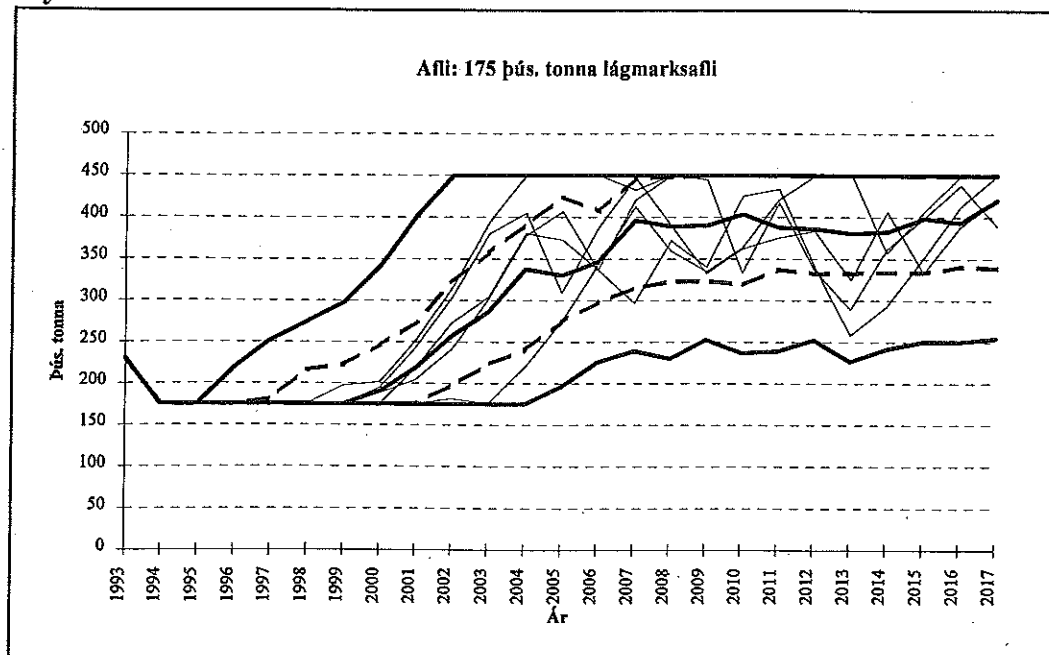
lágmarksaflanum vex jafnframt því sem hrygningarstofninn minnkar, og því verða veiðarnar mjög óhagkvæmar.

Helsti vankantur aflareglunnar virðist í fljótu bragði sá að hún leyfir talsvert miklar sveiflur. Meðaltölugildi breytinga í afla milli ára eftir að jafnvægi er náð er um 40 þús. tonn. Það er hins vegar nokkuð ljóst að stöðugri afli kostar meiri sveiflur í stofninum. Einhvern meðalveg verður því að þræða á milli stöðugleika í afla og stofni. Höfuðatriðið á þessu stigi er hins vegar það að með skynsamlegum aflaákvörðunum er hægt að viðhalda tiltölulega stöðugum stofni sem gefur af sér góðan afrakstur. Hver besta reglan er verður að bíða frekari athugana.

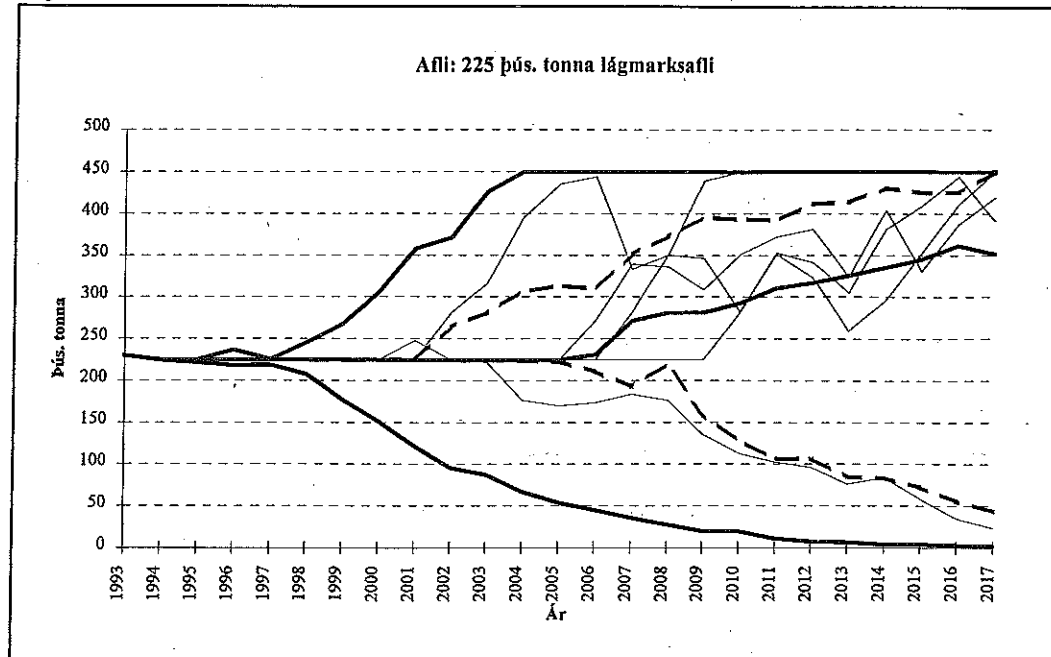
Mynd 5.6



Mynd 5.7



Mynd 5.8



5.3 Efnahagslegar niðurstöður

Haglíkaninu sem var lýst í 3. kafla var beitt til að reikna tekjur og kostnað vegna ferlanna sem koma út úr hermireikningunum. Enn skal minnt á að kostnaðurinn sem hér er metinn er þjóðhagslegur og tekjuskipting milli útgerðar og sjómanna látin liggja milli hluta. Í töflu 5.1 er sýnd dreifing á núvirtum tekjum, kostnaði og þjóðhagslegum hagnaði af veiðum og vinnslu fyrir tilvikin þrjú sem voru til umræðu hér að framan.

Tafla 5.1 Dreifing tekna, þjóðhagslegs kostnaðar og hagnaðar af þorskveiðum

Núvirði í milljörðum króna miðað við 5% afvöxtun

Lágmarksaflí-	Safnlíkur	Tekjur	Kostnaður	Hagnaður
125 þús. tonn	5%	346	171	148
	25%	389	189	186
	50%	410	199	206
	75%	433	208	230
	95%	453	225	260
Meðaltal		409	199	209
Staðalfrávik		33	16	36

<i>Lágmarksafli</i>	<i>Safnlíkur</i>	<i>Tekjur</i>	<i>Kostnaður</i>	<i>Hagnaður</i>
175 þús. tonn	5%	340	181	102
	25%	384	199	165
	50%	407	212	194
	75%	432	223	220
	95%	453	243	253
	<i>Meðaltal</i>	403	215	188
	<i>Staðalfrávik</i>	46	37	76
225 þús. tonn	5%	120	196	-454
	25%	213	223	-325
	50%	390	243	157
	75%	425	506	195
	95%	450	582	247
	<i>Meðaltal</i>	338	325	13
	<i>Staðalfrávik</i>	118	148	263

Í töflunni kemur t.d. fram að 71 milljarði króna að núvirði munar á meðaltali tekna í 125 þús. tonna leiðinni og 225 þús. tonna leiðinni. Meira munar hins vegar á kostnaðinum, eða 126 milljörðum, og 196 milljörðum króna munar að jafnaði á núvirði hagnaðar í leiðunum tveimur. Munur á breytileika er einnig mjög mikill því staðalfrávik hagnaðar er 36 milljarðar sé 125 þús. tonna leiðin farin, en 263 milljarðar sé 225 þús. tonna leiðin farin. Þarna er auðvitað um ýktar tölur að ræða því í reikningunum er látið sem veiðar haldi áfram löngu eftir að þær væru aflagðar í raunveruleikanum vegna óhagkvæmni.

Meðalhagnaður í 175 þús. tonna leiðinni er um 20 milljörðum lægri að núvirði en í 125 þús. tonna leiðinni og talsvert breytilegri, því staðalfrávikðið er 76 milljarðar. Í 225 þús. tonna leiðinni eru 25% líkur á meira en 325 milljarða tapi af veiðunum, en 95% líkur eru á hagnaði yfir 148 milljörðum í 125 þús. tonna leiðinni og hagnaði yfir 102 milljörðum í 175 þús. tonna leiðinni.

Það er því ljóst að 125 þús. tonna leiðin er best af þessum þremur kostum samkvæmt þessum reikningum því hún gefur ekki einungis hæsta, heldur einnig jafnasta hagnaðinn. Hins vegar gefur lágmarksafli, sem nemur 175 þús. tonnum, einnig góðan hagnað og því kann að vera réttlætanlegt að velja þá leið þegar tekið er tillit til annarra sjónarmiða.

Eins og sagði í 4. kafla kann að vera rétt að miða fremur við einhvers konar notagildismælikvarða en hagnað. Það er forvitnilegt að sjá hvort það breytir niðurstöðum að einhverju leyti. Eins og í kafla 5.1 var gert ráð fyrir að neysla sveiflaðist í réttu hlutfalli við kaupmátt útflutningstekna (þar sem dregin voru frá áætluð aðföng útflutningsgreina til að leiðrétta fyrir mismunandi framlagi í landsframleiðslu, t.d. milli álframleiðslu og þorskveiða). Þessi mælikvarði var reiknaður með nokkrum mismunandi gildum á áhættufælni (0-6) og afvöxtun (5-15%). Ef til vill má segja að eðlileg

gildi á áhættufælnistuðlinum séu 2-4, en á afvöxtunarstuðlinum 5%.

Niðurstöðurnar breytast ekki þótt neyslumælikvarðinn sé notaður. Röðin samkvæmt honum er því sú sama og þegar hagnaðarmælikvarðinn er notaður: 125 þús. tonna leiðin er í fyrsta sæti, 175 þús. tonna leiðin í öðru og 225 þús. tonna leiðin í því þriðja.

6. Þjóðhagsleg áhrif

Í köflunum hér á undan hefur verið fjallað um hugsanlegar leiðir til að efla þorsstofninn og nýta hann á hagkvæman hátt til langs tíma og hver væru líkleg áhrif hvernar leiðar á afkomu veiða og vinnslu. Hér verður reynt að gefa hugmynd um hverjar afleiðingarnar verða fyrir þjóðarbúið í heild.

Sömu veiðireglu og í kafla 5.2 var beitt í þessum framreikningum. Eins og þar voru skoðuð þrjú megintilvik um þorskafla á næstu árum, eftir því hvort 125, 175 eða 225 þúsund tonna afla var haldið til streitu. Að auki voru þrjú tilbrigði við hvert megintilvik: mið-, há- og lágdæmi. Í miðdæmunum var gert ráð fyrir að nýliðun yrði í samræmi við spár Hafrannsóknastofnunar fyrir árin 1992-1995 og notað samband nýliðunar og hrygningarstofns frá og með árinu 1996. Í lágdæmunum var gert ráð fyrir að nýliðun árin 1992-2001 yrði 23% lægri en spár gera ráð fyrir (þetta samsvarar 20% neðri vikmörkum fyrir meðalskekkju árána 1992-2001). Í hádæmunum var gert ráð fyrir að nýliðun þessi tíu ár yrði 31% betri en spárnar segja fyrir um (sem samsvarar 20% efri vikmörkum fyrir meðalskekkju árána 1992-2001). Í megindráttum má segja að þetta sé hliðstætt 25%, 50% og 75% mörkunum á myndum 5.3-5.8. Aflaferlarnir eru sýndir í töflu 6.1. Rétt er að benda á að veiðireglan styðst við áætlaðan hrygningarstofn að vori næsta árs á undan. Stofnstærð að vori 2006 yrði því notuð við ákvörðun um aflamark 2007. Aflamark í 225 þús. tonna leiðinni fyrir það ár yrði því um 275 þús. tonn í hádæminu.

Tafla 6.1 Aflaferlar með mismunandi lágmarksafla
Þúsundir tonna

Ár	Miðdæmi			Hádæmi			Lágdæmi		
1994	125	175	225	125	175	225	125	175	225
1995	125	175	225	125	175	225	125	175	225
1996	125	175	225	125	175	225	125	175	225
1997	126	175	225	133	175	225	125	175	225
1998	158	175	225	166	175	225	147	175	225
1999	197	175	225	208	175	225	184	175	225
2000	246	175	225	259	181	225	227	175	225
2001	296	192	225	324	227	225	266	175	222
2002	328	240	225	369	283	225	294	198	194
2003	347	287	225	391	354	225	312	240	188
2004	360	320	225	402	389	225	325	277	189
2005	367	340	225	402	398	225	336	306	187

Staða stofna vorið 2006 í þúsundum tonna

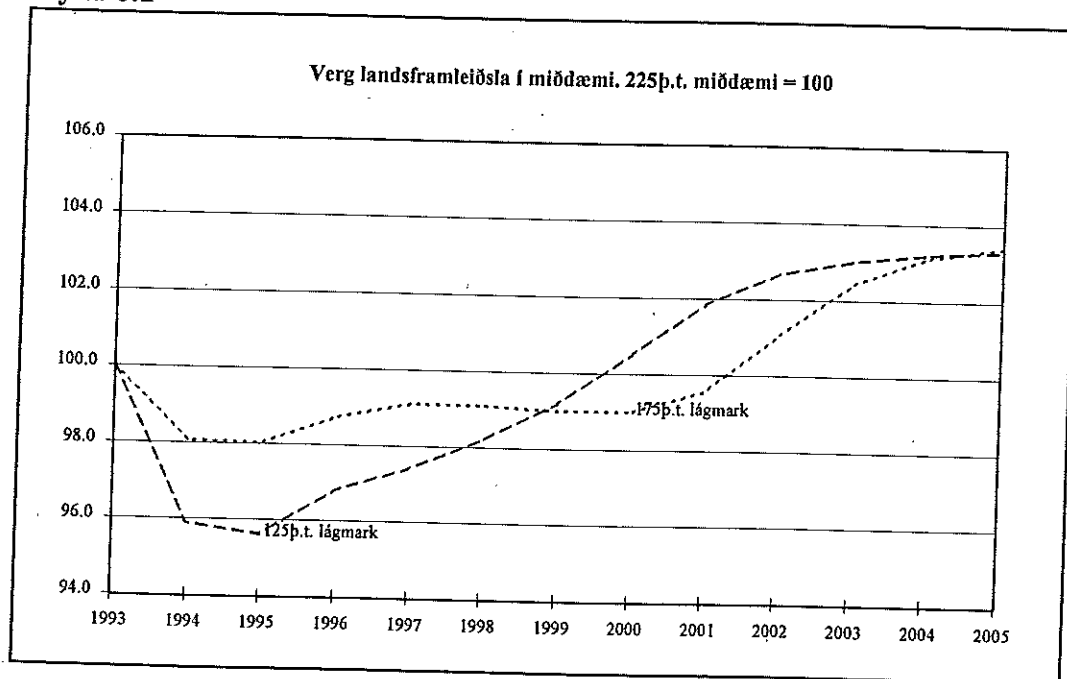
Hrygningarstofn	891	854	341	892	910	663	861	825	65
Veiðistofn	1797	1725	909	1838	1820	1406	1749	1676	335

Þjóðhagsleg áhrif hverrar leiðar eru metin með því að halda afla, öðrum en þorski, föstum frá 1994 og meta áhrif mismunandi þorskafla og kostnaðar við að sækja hann úr sjó á útflutningsframleiðslu, innflutning og viðskiptakjör. Flestum öðrum forsendum, t.d. um vöruútflutning annan en sjávarafurðir, ríkisútgjöld, gengi, vexti af erlendum lánum, var haldið föstum milli dæma. Eina undantekningin er sú að beinum sköttum á heimilín er breytt yfir allt tímabilið sem reikningarnir ná yfir (1994-2005) þannig að erlend skuldastaða, sem hlutfall af vergri landsframleiðslu (VLF), sé u.þ.b. sú sama í lokin í öllum dæmunum. Þetta er gert til að gera þau eins samanburðarhæf og kostur er. Haglíkan Þjóðhagsstofnunar var síðan notað til að vinna úr þessum reikniforsendum.

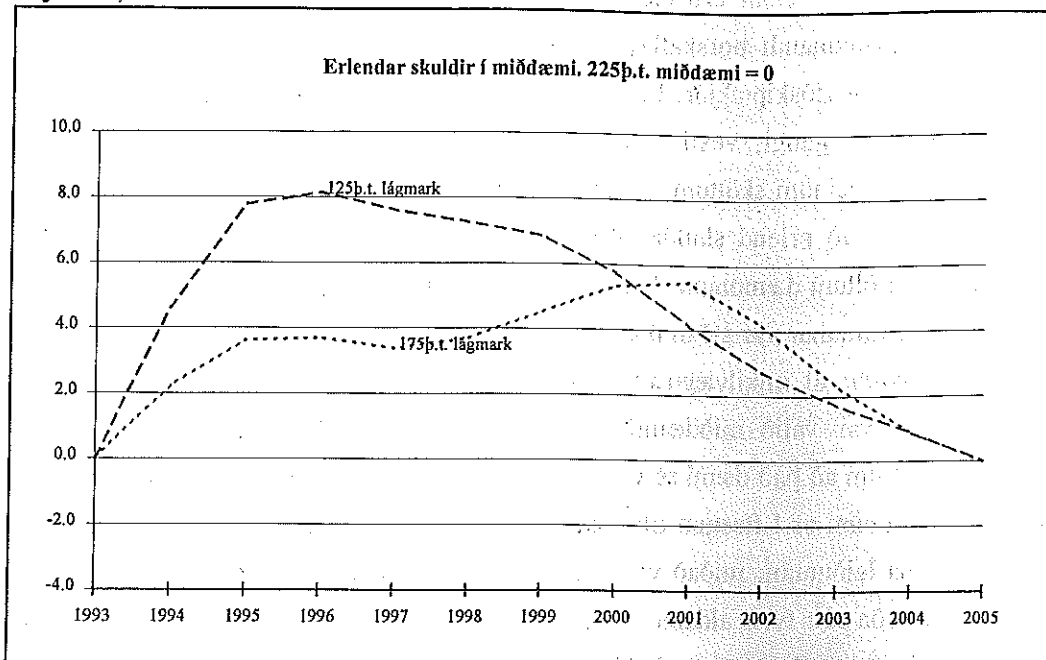
Hér á eftir eru myndir af mikilvægustu niðurstöðum. Þær eru sýndar sem frávik frá ákveðnu viðmiðunardæmi, sem var valið miðdæmið með 225 þús. tonna lágmarksafla. Í þessu felst að sjálfsögðu ekki ráðgjöf um að það dæmi sé vænlegur kostur, heldur er það aðeins til viðmiðunar.

Formið á niðurstöðunum er í flestum tilvikum hið sama: Landsframleiðslan tekur nokkra dýfu í 125 og 175 þús. tonna leiðunum, miðað við 225 þús. tonna miðdæmið, en hún er þó milduð með lántöku erlendis. Um eða rétt fyrir aldamót víxlást hins vegar staða ferlanna og samdráttarleiðirnar sigla fram úr 225 þús. tonna leiðinni og halda u.þ.b. 3% forskoti á hana. Í lágðæminu verða hins vegar þáttaskil þar sem 125 og 175 þús. tonna leiðirnar auka landsframleiðsluna jafnt og þétt, eftir dýfu fyrstu tvö árin, borið saman við stöðugan samdrátt í 225 þús. tonna lágðæminu. Munurinn á vergri landsframleiðslu milli 125 og 175 þús. tonna leiðanna annars vegar og 225 þús. tonna leiðarinnar hins vegar er orðinn 5% í lok reiknitímabilsins og fer vaxandi. Við bætist að miklu munar á stærð þorskstofnsins milli dæma í lokastöðunni.

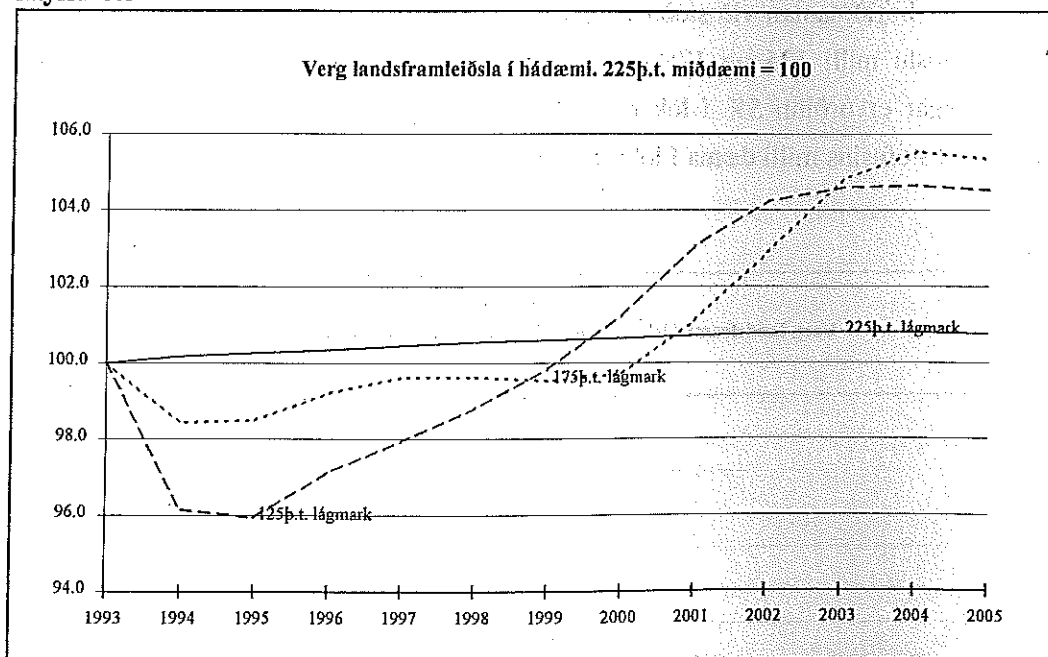
Mynd 6.1



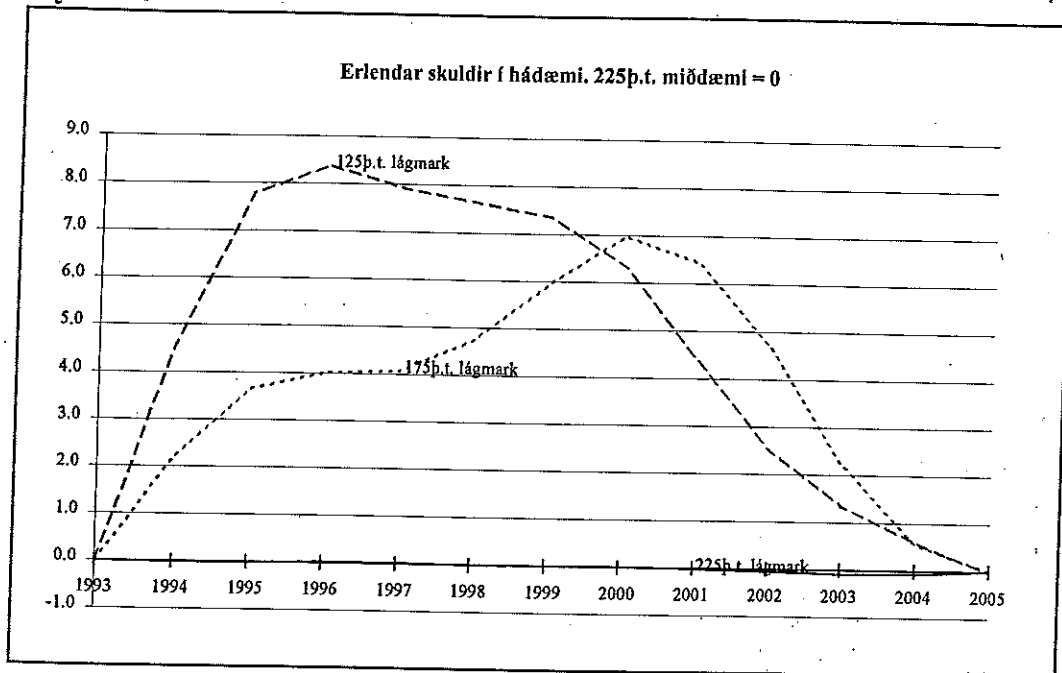
Mynd 6.2



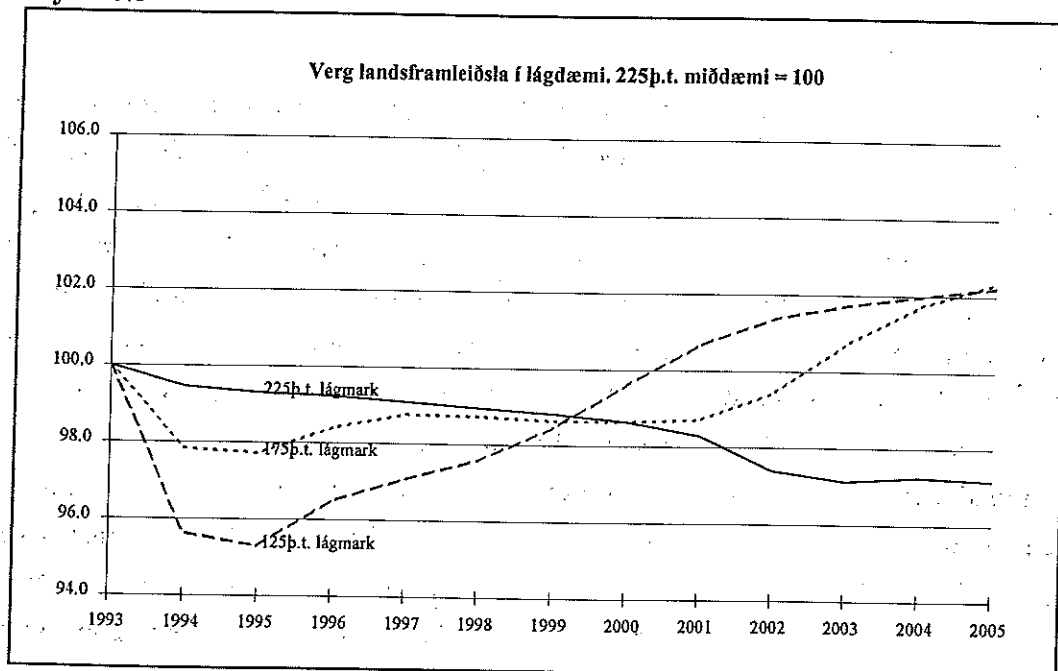
Mynd 6.3



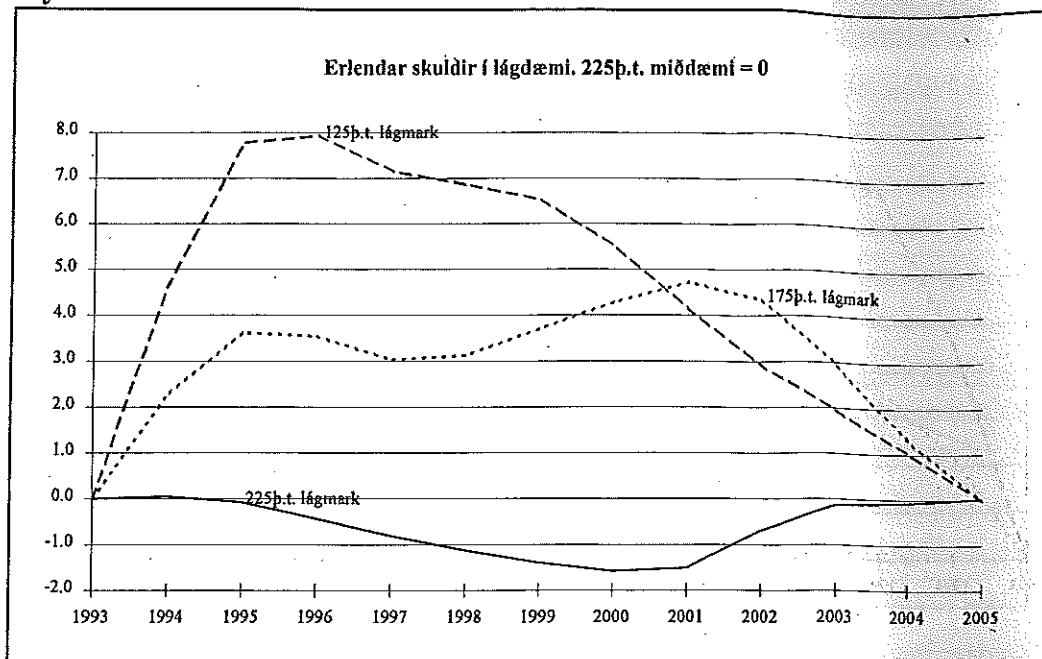
Mynd 6.4



Mynd 6.5



Mynd 6.6



7. Niðurstöður

Í köflunum hér á undan hefur verið gerð grein fyrir þeirri vinnu, sem vinnuhópurinn hefur lagt í þetta erfiða viðfangsefni: Hvernig er best að nýta þorsstofninn? Það er nokkuð ljóst að ekki er ýkja erfitt að komast að því hvernig nýta má stofn í góðu ástandi á besta, eða a.m.k. viðunandi, hátt. Þótt mismunandi mælikvarðar og aðferðir gefi mismunandi töluleg svör í þessu efni er meginatriðið það að frá efnahagslegum sjónarhóli er æskilegt að koma hrygningarstofninum upp í a.m.k. þrefalda eða fjórfalda núverandi stærð. Þetta fer einnig saman við líffræðileg sjónarmið þótt þar séu markmiðin að hluta önnur og viðunandi stofnstærð sé nokkru minni. Með því að draga úr eða auka afla eftir því sem stofninn minnkar eða vex má svo halda stærð hans innan æskilegra marka.

Erfiðasti hluti þessa viðfangsefnis er hins vegar að segja fyrir um hvernig á að efla stofn sem er kominn á mjög óhagkvæmt og líffræðilega varhugavert stig. Út frá hreinni hagnaðarhámörkun er svarið mjög einfalt. Stofninn ber að friða þar til hann er kominn í viðunandi stærð. Ástæðan sem liggur að baki þessu svari er líka einföld: "Vextir" af fiski í sjó eru að jafnaði mun hærri en bankavextir við núverandi stofnstærð.

Á þessari leið eru hins vegar mörg efnahagsleg og félagsleg vandkvæði sem erfitt er að setja í talnaform, þótt gerð hafi verið tilraun til þess hér á undan. Því er líklegt að rétta leiðin sé að veiða nokkurt magn á hverju ári, þó þannig að miklar líkur séu á vexti stofnsins. Hér að framan var sýnt að afli sem nemur 125 þús. tonnum á ári, eða minna, fullnægir þessari kröfu. Það er leið sem er mjög líkleg til að stækka stofninn og skila góðum hagnaði af veiðunum eftir nokkur ár. Með afla sem nemur 175 þús. tonnum á ári má ná svipuðum árangri í flestum tilvikum. Sú leið hefur þó þann annmarka að stofninn minnkar líklega fyrstu árin með þessari veiði og því eru niðurstöður mjög háðar forsendum um orsakasamband milli hrygningarstofns og nýliðunar.

Einnig voru færð rök fyrir því að núverandi heildarafli, u.þ.b. 225 þús. tonn á ári, leiði með verulegum líkum til hruns stofnsins verði honum haldið til streitu. Þessi leið kostar einnig mun meiri sóknarþunga heldur en hinar fyrri og hagnaður verður enginn að jafnaði. Að öllu samanlögðu er því ekki hægt að mæla með því að stefnt verði að 225 þús. tonna þorskafla á ári á næstu árum, hvort heldur rökin eru líffræðileg eða efnahagsleg.

Heimildir

- Anon. (1991). *Sjávarútvegur 1988-1989*, Þjóðhagsstofnun, Reykjavík.
- Anon. (1992). *Nytjastofnar sjávar og umhverfispættir 1992. Aflahorfur fiskveiðiárið 1992/1993*, fjölrít, Hafrannsóknastofnun, Reykjavík.
- Anon. (1993). *Þjóðarþúskapurinn. Framvindan 1992 og horfur 1993*, Þjóðhagsstofnun, Reykjavík.
- Björn Æ. Steinarsson og Gunnar Stefánsson (1991). An attempt to explain cod growth variability. ICES C.M. 1991/G:42 Fjölrit.
- Clark, C.W. (1976). *Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources*, John Wiley & Sons, New York.
- Friðrik Már Baldursson (1990). Einfalt íslenskt þjóðhagslíkan, *Fjármálatíðindi*, 37 (1).
- Guðmundur Guðmundsson (1992). Fiskveiðistjórnun, *Fjármálatíðindi*, 39 (2).
- Gunnar Stefánsson (1992). *Notes on the stock-dynamics and assessments of the Icelandic cod*. ICES C.M. 1992/G:71. Fjölrit.
- Gunnar Stefánsson og Ólafur K. Pálsson (1991). Um hrygningarstofna og nýliðun þorsks og síldar. Morgunblaðið, des. 1991.
- Hilborn, R. og Walter, C. (1991). *Harvest strategies and tactics*.
- Kjartan G. Magnússon, Gunnar Stefánsson (1989). A feedback strategy to regulate catches from a whale stock. *Rep.int. Whal. Commn.*, Special issue 11, 171-89.
- May, R.M., Beddington, J.R., Horwood, J.W. og Shepherd, J.G. (1978). Exploiting natural populations in an uncertain world. *Mathematical Biosciences*, 42, 219-252.
- Ragnar Árnason (1980). Tímatengd fiskihagfræði og hagkvæmasta nýting íslenska þorskstofnsins, *Fjármálatíðindi*, 27 (1).
- Ricker, W.R. (1954). Stock and recruitment J. Fish. Res. Bd. Canada 11 (5) 559-623
- Shepherd, J. G. (1982). A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries, and the construction of sustainable yield curves. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 40 (1), 67-75.
- Sigfús A. Schopka (1991). *The Greenland Cod at Iceland 1941-1990 and its impact on assessment*. NAFO SCR Doc. 91/102.
- Porkell Helgason og Michael Kenward (1985). *Estimation of Fishing Power with Relation to Exploited Biomass*, fjölrít, ICES.

Viðaukar

VI. Líffræðillíkan

Það líkan sem mest er notað til að lýsa veiðum á þorski og öðrum botnfiskum er Beverton-Holt árgangalíkanið. Í því er stofninn lýst sem samsettum úr ákveðnum fjölda aldurshópa. Hér er gert ráð fyrir að fiskur komi inn í stofninn við þriggja ára aldur og verði í hæsta lagi 14 ára, svo 12 aldurshópar eru í líkaninu. Fjöldi i ára gamalla fiska í upphafi árs y er táknaður með $N_{i,y}$. Fjöldi fiska í þessum sama árgangi við upphaf næsta árs er:

$$N_{i+1,y+1} = N_{i,y} \exp(-s_{i,y}F_y - M_{i,y}) \quad 3 \leq i \leq 13$$

$$N_{15,y} = 0$$

Þar sem F_y er veiðidánartala ársins y , $s_{i,y}$ er veiðimynstur eftir aldri og $M_{i,y}$ er náttúrlegur dánarstuðull hvers aldurshóps, sem hér er ætíð gert ráð fyrir að sé jafn 0,2 fyrir alla aldursflokka og öll ár. $N_{i,y} - N_{i+1,y+1}$ fiskar hafa því horfið úr árganginum á árinu y . Þeir skiptast milli veiði og náttúrlegra dánarorsaka í sömu hlutföllum og dánarstuðlarnir svo að fjöldi veiddra fiska úr árganginum á ári y er:

$$K_{i,y} = s_{i,y}F_y / (s_{i,y}F_y + M_{i,y}) \cdot (1 - \exp(-s_{i,y}F_y - M_{i,y}))N_{i,y}$$

og veiðin í þyngdareiningum alls á árinu y er:

$$Y_y = \sum_{i=3}^{14} w_{i,y} K_{i,y}$$

þar sem $w_{i,y}$ er meðalþyngd fiska af aldri i á ári y í afla. Veiðistofn samkvæmt venjulegri skilgreiningu (þ.e.a.s. lífmassi fiska 4-14 ára) í upphafi árs y er:

$$\bar{B}_y = \sum_{i=4}^{14} v_{i,y} N_{i,y}$$

en veiðistofn veginn með veiðimynstri er:

$$B_y = \sum_{i=3}^{14} v_{i,y} s_{i,y} N_{i,y}$$

þar sem $v_{i,y}$ er þyngd fiska af aldri i á ári y í sjó. Hér hefur verið gert ráð fyrir að $v_{i,y} = w_{i,y}$. Hrygningarstofn á hrygningartíma er:

$$S_y = \sum_{i=3}^{14} u_{i,y} p_{i,y} N_{i,y} \exp(-s_{i,y} F_y f_i - M_{i,y} m_i)$$

þar sem $u_{i,y}$ er þyngd fiska af aldri i á ári y á hrygningartíma, $p_{i,y}$ er hlutfall kynþroska fiska af aldri i á ári y , f_i er hlutfall veiði úr aldursflokki i fram að hrygningu af heildarveiði ársins, og m_i er hlutfall náttúrlegs dauða í aldursflokki i fram að hrygningu af náttúrlegum afföllum ársins.

Líkaninu er lokað með því að gera ráð fyrir nýliðunarsambandi, þ.e.a.s. að fjöldi þriggja ára fiska í upphafi árs sé fall af hrygningarstofninum þremur árum áður:

$$N_{3,y} = R(S_{y-3})$$

Hér var notað Beverton-Holt fallform á nýliðunarfallinu R , þ.e.a.s.:

$$R(S) = \alpha S / (1 + S / k)$$

Þar sem α og k eru jákvæðir stuðlar. Nýliðun áranna 1993-1995 er þó samkvæmt spá Haf-rannsóknastofnunar, sem er eftirfarandi:

Tafla V.1 Nýliðun 1993-1995

Milljónir einstaklinga

Ár	Nýliðun
1993	137
1994	73
1995	130

Langtímagildi stuðla í reikningum án óvissu voru sem segir í töflu V.2:

Tafla V.2 Langtímagildi stuðla í reikningum án óvissu.

Aldur	M	p	w	u	s	f	m	N
3	0.2	0.02	1.27	0.95	0.07	0.09	0.25	146.43
4	0.2	0.09	1.80	1.51	0.33	0.18	0.25	119.75
5	0.2	0.30	2.53	2.32	0.60	0.25	0.25	62.57
6	0.2	0.58	3.51	3.41	0.86	0.30	0.25	32.53
7	0.2	0.82	4.66	4.69	1.09	0.38	0.25	8.75
8	0.2	0.91	6.09	6.15	1.15	0.44	0.25	5.35
9	0.2	0.95	7.78	7.79	1.15	0.48	0.25	4.16
10	0.2	0.97	9.61	9.65	1.15	0.48	0.25	1.03
11	0.2	0.99	11.37	11.72	1.15	0.48	0.25	0.14
12	0.2	0.97	13.09	13.24	1.15	0.48	0.25	0.03
13	0.2	0.99	14.60	14.28	1.15	0.48	0.25	0.02
14	0.2	1.00	16.32	15.87	1.15	0.48	0.25	0.01

Gildin í dálkinum lengst til hægri eru fjöldi fiska í milljónum í hverjum árgangi í upphafi árs 1993. Meðalþyngdir (í kg), kynþroskahlutföll og veiðimynstur eru meðaltalsgildi áranna 1984-1993. Þessum stuðlum var haldið föstum milli ára frá árinu 1997.

Gildi stuðla í nýliðunarfallinu voru:

$$\alpha = 2,50$$

$$k = 98,4$$

Fallið gefur spá um nýliðun í milljónum einstaklinga.

Í hermireikningunum með óvissu var gert ráð fyrir að mældur hrygningarstofn væri á forminu

$$S \cdot \exp(0,15X - 0,15^2 / 2),$$

þ.e.a.s. jafn raunverulegum hrygningarstofni með 15% hlutfallslegri skekkju (X táknar hér slembistærð úr staðlaðri normaldreifingu, gert er ráð fyrir að slíkar slembistærðir séu óháðar milli formúla og ára). Hliðstætt þessu var nýliðunarsambandið margfaldað með slembistærð á forminu

$$\exp(0,35X - 0,35^2 / 2).$$

Fjöldi í hverjum árgangi í upphafi (ársbyrjun 1993) var á forminu

$$\bar{N}_{1,93} \cdot \exp(0,15X - 0,15^2 / 2)$$

(sama X fyrir alla aldurshópa) þar sem $\bar{N}_{1,93}$ eru gildin í dálkinum lengst til hægri í töflu V.2. Hvað þyngdir og kynþroskahlutföll varðar þá var upphafsstaðan árið 1993 eftirfarandi:

Tafla V.3 Kynþroski og meðalþyngdir árið 1993

Aldur	p	w	u
3	0.04	1.27	0.95
4	0.16	1.88	1.51
5	0.39	2.63	2.42
6	0.62	3.62	3.49
7	0.93	4.65	4.77
8	0.97	6.14	6.20
9	0.95	7.78	7.79
10	1.00	9.61	9.65
11	1.00	11.37	11.72
12	1.00	13.09	13.24
13	1.00	14.60	14.28
14	1.00	16.32	15.87

Síðan var vektor af mismunum milli ára valinn af handahófi úr þýði árána 1983-1992, óháð fyrir þyngdir og kynþroskahlutföll, og bætt við upphafsstöðuna. Þannig fékkst hermun á meðalþyngdum og -hlutföllum ársins 1994. Þetta var síðan endurtekið til að fá hermun á tölum ársins 1995 og svo koll af kolli. Ef kynþroskahlutfall kom út stærra en einn var það lækkað í einn.

V2. Hagfræðilíkan

Líkanið tekur til þorskveiða og -vinnslu.

Verð:
$$P_t = P_0 \cdot ((T_0 + Q_t) / (T_0 + Q_0))^{-1/\epsilon}$$

Par sem

P_t er verð þorskafurða á ári t í kr./kg af hráefni.

P_0 er verð þorskafurða á árinu 1992 sem er áætlað 110 kr./kg.

Q_0 er þorskafli á árinu 1992 (í þús. tonna af óslægðum fiski) sem var 268 þús. tonn.

Q_t er þorskafli á ári t .

T_0 er heildarframboð annarra (á hefðbundnum mörkuðum). Þessi stærð er áætluð 1500 tonn.

ϵ er verðteygni eftirspurnar eftir þorski. Þessi stærð er lauslega áætluð jafnt og 2 með hliðsjón af niðurstöðum úr hagmælingum.

Sóknarvísitala:
$$E_t = \lambda \cdot Q_t \cdot (B_0 / B_t)^\alpha$$

Par sem

B_t er veiðistofn veginn með veiðanleika í þús. tonna. (Sjá nánari skilgreiningu í viðauka V1 hér fyrir framan).

B_0 er veiðistofn veginn með veiðanleika í byrjun, þ.e. árið 1992. Þessi stærð er áætluð 438 þús. tonn.

α er teygni afla á sóknareiningu m.t.t. B_t . Þessi stærð er lauslega áætluð 0,7.

λ er fasti sem ræðst af þeirri einingu sem sóknin er mæld í. Hér er gildið á λ sett jafnt og 1,52.

Kostnaður veiða:
$$C_t = c \cdot E_t$$

Par sem c er kostnaður á sóknareiningu. Þessi kostnaður er settur 46,8.

Hagnaður (=hagnaður veiða) í milljónum króna:
$$\Pi_t = \gamma \cdot P_t \cdot Q_t - C_t$$

Par sem γ er hlutfall þess verðs sem útgerð fær af heildarverði. Þetta hlutfall er sett jafnt og 0,618.

Innflutt aðföng í milljónum króna: $M_t = m \cdot C_t + n \cdot Q_t$

Þar sem

m er hlutfall innfluttra aðfanga í kostnaði veiða (þ.m.t. stuðningsgreina). Þetta hlutfall er hér 0,4.

n er stærð sem ræðst af hlutfalli innfluttra aðfanga í kostnaði vinnslu (þ.m.t. stuðningsgreina). Þessi stærð er hér 11,44.

Innlent vinnsluvirði: $V_t = P_t \cdot Q_t - M_t$

Framlag til landsframleiðslu að teknu tilliti til sveiflu- og áhættufælni (Nytjafall):

$$U_t = ((X^0 - M^0 + V_t)^{1-\sigma} - 1) / (1-\sigma)$$

Þar sem $X^0 - M^0$ er innlent vinnsluvirði annarra útflutningsgreina (þ.m.t. annar sjávarvöruútflutningur) á byrjunarárinu 1992. Þessi stærð er hér áætluð 45 milljarðar.

σ er hlutfallsleg áhættufælni. (Fallið breytist í $\ln(\)$ ef $\sigma = 1$).