

Verkefnaskýrsla Rf
27 - 06



Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins

Október 2006

Ákvarðanataka og bestun í sjávarútvegi

Runólfur Guðmundsson
Sveinn Margeirsson
Sigurjón Arason
Páll Jensson



Titill / Title		Ákvarðanataka og bestun í sjávarútvegi	
Höfundar / Authors		Runólfur Guðmundsson ¹ , Sveinn Margeirsson, Sigurjón Arason og Páll Jensson ² ¹ Meistaranevni ² Prófessor við H.Í.	
Skýrsla Rf / IFL report	27 - 06	Útgáfudagur / Date:	Október 2006
Verknr. / project no.	1578		
Styrktaraðilar / funding: AVS og Rannsóknasjóður Rannís			
Ágrip á íslensku:	Greind voru gögn úr verkefninu <i>Vinnsluspá þorskafla</i> og útbúið bestunarlíkan til að auðvelda stjórn sjávarútvegsfyrirtækja. Gerðar voru 120 mismunandi keyrslur á bestunarlíkaninu til að kanna áhrif ýmissa þátta á hagnað íslensks sjávarútvegsfyrirtækis. Gagnasafn innihélt tæplega 5.000 mælingar á þorski. Áhersla var lögð á að greina annars vegar áhrif veiðisvæðis og hins vegar árstíma á flakanýtingu, los og hringorma. Hafsvæðinu í kringum Ísland var skipt í 13 veiðisvæði og árinu í ársfjórðunga. Fyrsti ársfjórðungur hófst í desember. Töluverður munur reyndist vera á flakanýtingu á milli einstakra veiðisvæða og tímabila. Sömu sögu er að segja af losi og hringormum. Þróað var fjölvarnings flæðis bestunarlíkan (e. <i>Multicommodity flow network</i>). Bestunarlíkanið er línulegt og byggir á gagnagreiningunni. Þar sem gögn lágu ekki fyrir, var leitað til aðila sem vel þekkja til í íslenskum sjávarútvegi varðandi mat á þeim stikum sem á vantaði. Sett var upp sértilvik fyrir sjávarútvegsfyrirtæki sem rekur eina fiskvinnslu á Grundarfirði og gerir út einn togbát. Skoðað var hvort hagkvæmt væri að senda togbátinn austur fyrir Ísland eða fiska fyrir vestan, nálægt fiskvinnslunni. Niðurstaðan var sú að hagkvæmara væri að veiða fiskinn nærri fiskvinnslunni. Verðmæti einstakra veiðisvæða reyndist vera mismunandi fyrir fyrirtækið. Áhrif kvótaleiguverðs á hagnað var skoðað. Ef leiguverðið er undir krítísku gildi er hagkvæmara að veiða fiskinn en að leigja frá sér kvótann. Afurðaverð hafði mikil áhrif á hagnað fyrirtækisins en áhrif afkasta í fiskvinnslunni voru ekki eins mikil. Reynt var að meta áhrif mismunandi aflasamsetningar. Hagnaður fyrirtækisins jókst hægt með auknum afla en féll mjög hratt ef aflinn minnkaði frá upprunalegu gildi. Með bestunarlíkaninu er hægt að fá mat á hversu mikið er hægt að greiða fyrir leigukvóta. Verkefnið var samstarfsverkefni Rf, Háskóla Íslands og eftirfarandi fyrirtækja: Samherja hf, Guðmundar Runólfssonar hf, Vísis hf og FISK Seafood hf.		
Lykilorð á íslensku:	Þorskur, bestunarlíkan, hagnaður, flakanýting, los, hringormar		



Summary in English:

Data from the project *Cod processing forecast* were analysed and a multicommodity flow network model developed to assist managers of fisheries and fish processing companies. The model was used over 120 times to analyze the effect of different factors on the return of an Icelandic fisheries and processing company.

The data set contained over 5000 measurements on cod. The year was partitioned into 4 quarters and the Icelandic fishing grounds into 13 subareas in order to find seasonal and spatial difference. Substantial difference was found in fillet yield, nematodes and gaping between different quarters and subareas.

A specific scenario was analysed. The focus of the scenario was on one fisheries- and processing company, based in West-Iceland. The company had one trawler and could catch all around Iceland. It was found most profitable for the company to catch close to the processing, instead of catching farther away and transport the catch overland. Different catching areas had different value for the company.

Quota price, quota leasing price, product price, throughput in processing and size of catch were among other factors whose effect on return were analysed.

English keywords:

Cod, optimization model, return, fillet yield, gaping, nematodes

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
2	Fræði	3
2.1	Aðgerðarannsóknir í sjávarútvegi	6
2.2	Rekstrarbestun.....	8
2.3	Upplýsingakerfi skipstjóra	9
2.3.1	Veiðispá.	9
3	Gögn.....	11
3.1	Gagnasöfnun í verkefninu.....	11
3.2	Gögn hjá sjávarútvegsfyrirtækjum.....	15
3.3	Hagnýting gagna	16
4	Forsendur bestunarlíkans	18
4.1	Flakanýting þorsks	18
4.2	Nýting annarra tegunda en þorsks.....	22
4.3	Hringormahlutfall	22
4.4	Los.....	28
4.5	Holdafar	31
4.6	Afli	33
4.7	Rekstrarforsendur.....	34
4.7.1	Kvótaforsendur.	35
4.7.2	Aflaverðmæti	36
4.7.3	Rekstur frystihúss.....	37
4.7.4	Afköst fiskvinnslu.....	38
5	Bestunarlíkan	39
5.1	Markfall.....	40
5.1.1	Tekjur sjávarútvegsfyrirtækja	40
5.1.2	Gjöld sjávarútvegsfyrirtækisins	41
5.2	Ákvörðunarbreytur.....	43
5.3	Skorður.....	43
6	Stærðfræðileg framsetning á bestunarlíkani	45
6.1	Vísar.....	45
6.2	Ákvörðunarbreytur.....	46
6.3	Stíkar	47
6.4	Markfall.....	48
6.5	Skorður.....	48
7	Niðurstöður bestunarlíkans og umræður.....	51
7.1	Samanburður á höfnum.....	52
7.2	Kvótaleiga	54
7.3	Leiguverð á þorskkvóta.....	55

7.4	Leiguverð á ýsukvóta.....	56
7.5	Afurðaverð.....	57
7.6	Afköst í fiskvinnslu.....	58
7.7	Aflasamsetning	59
7.8	Útflutningsálag.....	60
7.9	Lokun svæða.....	61
7.10	Takmörk á kvótaleigu	61
7.11	Útgerð án fiskvinnslu.....	62
7.12	Kaup og aflahlutir	62
7.13	Fallgildi.....	63
7.14	Skuggaverð	65
7.15	Uppruni og afdrif afla	66
8	Samantekt.....	68
9	Lokaorð	69
9.1	Aflaspá og veiðihlutfall.....	69
9.2	Endurnýjun gagnagrunns	69
9.3	Rekjanleiki	70
9.4	Afurðaverð og önnur rekstrargögn.....	70
9.5	Næstu skref	70
10	Heimildaskrá.....	71
	Viðauki 1 – Samband hringorma og afkasta.....	75
	Viðauki 2 – MPL kóði	76
	Viðauki 3 – Tegundatilfærslur	81

Myndir

Mynd 3.1. Hér má sjá sjónrænt þéttleika mælinga. Á lóðréttu ásnúnum eru númer (220-768) þeirra reita þar sem mælingar hafa verið skráðar. Á láréttu ásnúnum eru vikur 1 til 52. Á bakvið hvern svartan kassa er 1 til 53 mælingar.	13
Mynd 3.2. Ísland og hafið í umhverfis. Á þessari mynd má sjá reitina sem hver mæling er skráð á. Einnig hefur hafinu umhverfis Ísland verið skipt í 13 svæði.	14
Mynd 3.3. Söfnun gagna hjá sjávarútvegsfyrirtæki í dag.	15
Mynd 3.4. Gögn hagnýtt á sjálfvirkan hátt.	16
Mynd 4.1. Flakanýting [%] á þorski á tímabili eitt, desember til febrúar fyrir árin 2001 til 2005.	18
Mynd 4.2. Flakanýting þorsks [%] umhverfis Ísland á tímabili tvö, mars, apríl og maí fyrir árin 2001 til og með 2005.	19
Mynd 4.3. Flakanýting þorsks [%] umhverfis Ísland á tímabili þrjú, júní, júlí, ágúst fyrir árin 2001 til og með 2005.	20
Mynd 4.4. Flakanýting þorsks [%] á tímabili fjögur, september, október og nóvember fyrir árin 2001 til og með 2005.	21
Mynd 4.5. Fjöldi hringorma í hverju kg af þorskflökum [fj hringorma/kg flaka] á fyrsta tímabili, desember, janúar og febrúar fyrir árin 2001 til og með 2005.	24
Mynd 4.6. Fjöldi hringorma í hverju kg af þorskflökum [fj hringorma/kg flaka] á öðru tímabili, mars, apríl og maí fyrir árin 2001 til og með 2005.	25
Mynd 4.7. Fjöldi hringorma í hverju kg af þorskflökum [fj hringorma/kg flaka] á þriðja tímabili, júní, júlí og ágúst fyrir árin 2001 til og með 2005.	26
Mynd 4.8. Fjöldi hringorma í hverju kg af þorskholdi [fj hringorma/kg flaka] á fjórða tímabili september, október og nóvember fyrir árin 2001 til og með 2005.	27
Mynd 4.9. Fjöldi losbletta á kg þorsks eftir svæðum fyrir fyrsta tímabilið desember, janúar og febrúar frá árinu 2001 til og með 2005.	29
Mynd 4.10. Fjöldi losbletta á kg þorsks eftir svæðum fyrir annað tímabil mars, apríl og maí frá árinu 2001 til og með 2005.	30
Mynd 4.11. Fjöldi losbletta á kg þorsks eftir svæðum fyrir þriðja tímabil júní, júlí og ágúst fyrir árin 2001 til og með 2005.	30

Mynd 4.12. Fjöldi losbletta á kg þorsks eftir svæðum fyrir fjórða tímabil september, október og desember frá árinu 2001 til og með 2005.	31
Mynd 4.13. Flakanýting þorsks sem fall af holdstuðli. Fyrir öll tímabil og öll veiðisvæði á árunum 2001 til og með 2005. $R^2 = 0,0372$	32
Mynd 4.14. Samband afkasta í fiskvinnslu og fjölda hringorma í flökum. Hver lína á grafinu er afköst miðað við ormalaust hráefni fyrir mismunandi afköst.	38
Mynd 5.1. Netlíkan fyrir virðisþéttu íslensk sjávarútvegsfyrirtækis með útgerð og fiskvinnslu.	39
Mynd 7.1. Hafsvæðinu skipt upp í 13 svæði (A1 til A13). Sjá má hafnirnar tvær Grundarfjörð (A) og Hornafjörð (B). Staðsetning fiskvinnslunnar (F) er líka sýnd.	51
Mynd 7.2. Hagnaður sem fall af breytingu á leiguverði sem gefið er í kafla 4.	54
Mynd 7.3. Hagnaður fyrirtækisins sem fall af leiguverði á þorskkvóta [kr/kg].	55
Mynd 7.4. Samband hagnaðar og leiguverðs á ýsukvóta.	56
Mynd 7.5. Hagnaður sem fall af hlutfallslegri breytingu á afurðaverði.	57
Mynd 7.6. Hagnaður fyrirtækisins sem fall af breytingu á afköstum [%].	58
Mynd 7.7. Hagnaður [millj. kr] sem fall af meðaltals breytingu á afla. Hver punktur er niðurstaða úr einni keyrslu.	60
Mynd 7.8. Hagnaður ef einungis viðkomandi veiðisvæði er opið. Fyrstu 13 súlurnar eru fyrir einstök veiðisvæði, veiðisvæði 12 er verðmætast en hagkvæmast er samt að hafa aðgang að þeim öllum eins og sést á súlunni þegar öll veiðisvæðin eru opin.	61
Mynd 7.9. Hagnaður fyrirtækisins sem fall af kaupum og aflahlutum á skipinu (heil lína). Heildarlaunakostnaður skipsins sem fall af launahlutfalli (brotin lína).	63

Töflur

Tafla 3.1. Skipting ársins upp í fjögur tímabil og lengd hvers tímabils.....	14
Tafla 4.1. Flakanýting þorsks [%] á árunum 2001 til og með 2005, fyrir öll svæði og tímabil. Þau gildi sem eru stjörnumerkt eru meðaltöl nærliggjandi tímabila.....	19
Tafla 4.2. Flakanýting fyrir ýsu, ufsa, karfa og steinbít. Ekki er gert ráð fyrir að hægt sé að vinna þykkvalúru, skarkola eða keilu í fiskvinnslunni.	22
Tafla 4.3. Fjöldi hringorma í hverju kg þorskholds fyrir hvert veiðisvæði og hverja árstíð. Þau gildi sem eru merkt með * þar vantaði mælingar og stjörnumerkt gildi meðaltal frá nærliggjandi tímabilum. Mælingar eru fyrir árin 2001 til og með 2005.....	23
Tafla 4.4. Fjöldi losbletta í þorskflökum fyrir svæðin 13 og allar árstíðirnar. * merktu gildin vantar og eru þau meðaltöl af nærliggjandi tímabilum fyrir árin 2001 til og með 2005.....	28
Tafla 4.5. Holdafar þorsks eftir veiðisvæðum og tímabilum. Gildi með * er ekki þekkt, en er meðaltal nærliggjandi tímabila á sama svæði. Mælingar fyrir árin 2001 til og með 2005.....	33
Tafla 4.6. Grunnaflasamsetning fyrir Helga SH í bestunarlíkani. Þorskur U er undirmál, Þorskur V er vinnslustærð og þorskur S er stór þorskur.....	33
Tafla 4.7. Fjarlægðastuðlar frá Grundarfirði og Höfn í Hornafirði á mismunandi veiðisvæði.....	34
Tafla 4.8. Aflagjöld fyrir helstu hafnir á Íslandi í % af aflaverðmæti. (Siglingastofnun 2006)	35
Tafla 4.9. Upplýsingar um kvótaforsendur. Fyrsti dálkurinn er fisktegund. Leiguverð er kostnaður við leigu á 1 kg af kvóta í viðkomandi tegund. Útflutningsálag er kvótaálag vegna útflutnings á óunnum sjávarafli. Þorskígildisstuðlar eru verðmætastuðlar fyrir viðkomandi tegund. Tilfærsludálkurinn er hámark þess sem má flytja í viðkomandi tegund, hlutfallið miðast við úthlutaðan kvóta. Undirmál sýnir hve mikil afláttur er á kvóta fyrir undirmálsfisk. Kvóta dálkurinn er sá kvóti sem skipið á í hverri tegund.....	36

Tafla 4.10. Hráefnisverð á mismunandi fisktegundum. Öll verð í kr/kg.	37
Tafla 4.11. Skilaverð fyrir mismunandi afurðir af þorski kr/kg.	37
Tafla 4.12. Afköst [kg afurða/manntíma] í fiskvinnslu miðað við ormlaust hráefni (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006).	38
Tafla 5.1. Skipting tekna hjá íslensku sjávarútvegsfyrirtæki.....	41
Tafla 5.2. Kostnaður við rekstur útgerðar og fiskvinnslu (Ársreikningur Guðmundar Runólfssonar 2003).	41
Tafla 6.1. Vísar líkansins	45
Tafla 6.2. Ákvörðunarbreytur líkansins	46
Tafla 6.3. Stíkar líkansins	47
Tafla 7.1. Niðurstöður bestunar miðað við fiskvinnslu staðsetta á Grundarfirði. Dálkurinn tímabil sýnir númer tímabils, veiðisvæði sýnir hvar fiskurinn er veiddur (sjá mynd 7.1.). Fjöldi daga segir til um hve lengi skipið er á veiðum á umræddu tímabili og dálkurinn höfn sýnir hvar aflanum er landað. Skuggaverð sýnir breytingu á hagnaði ef hámarks fjöldi daga á tilteknu tímabili er aukinn um 1 dag.....	53
Tafla 7.2. Niðurstæða bestunar miðað við að fiskvinnslan væri staðsett á Hornafirði. Tímabil númer tímabils, veiðisvæði sýnir hvar fiskurinn er veiddur (sjá mynd 7.1.). Fjöldi daga segir til um hve lengi skipið er á veiðum á umræddu tímabili og höfn sýnir hvar aflanum er landað. Skuggaverð sýnir breytingu á hagnaði ef hámarks fjöldi daga á tilteknu tímabili er aukinn um 1 dag.....	53
Tafla 7.3. Breyting á væntum afla.	59
Tafla 7.4. Kvótaleiga hvers fiskiflokks til og frá fyrirtækinu [kg] annars vegar þegar takmörk eru á hve mikið hægt er að leigja til og frá fyrirtækinu og hins vegar ef engin takmörk eru sett á hve mikið er hægt að leigja af kvóta.....	62
Tafla 7.5. Fallgildi (e. <i>Reduced cost</i>) fyrir tilfærslur í og úr einstökum fiskiflokkum.	64
Tafla 7.6. Fallgildi fyrir kvótaleigu til og frá fyrirtækinu í einstökum fiskiflokkum.	64
Tafla 7.7. Skuggaverð ásamt leiguverði á kvóta fyrir alla fiskiflokkana og mismunur á þeim.	65

Tafla 7.8. Skuggaverð fyrir hámarks og lágmarks fjölda daga á sjó fyrir öll fjögur tímabilin.....	66
Tafla 7.9. Afli eftir veiðisvæðum og tímabili	66
Tafla 7.10. Dreifing á veiddum afla á milli erlends markaðar, innlends markaðar og eigin fiskvinnslu	67
Tafla 7.11. Afurðaskiptin eftir fiskiflokkum.....	67

1 Inngangur

Mikilvægi fiskveiða við Ísland verður seint ofmetið og veiðar og vinnsla sjávarafla eru nátengd sjálfstæðisbaráttu og fullveldi Íslendinga. Þrátt fyrir mikla grósku í öðrum atvinnuvegum er sjávarútvegur enn mikilvægur fyrir Íslendinga. Reynt hefur verið að meta áhrif sjávarútvegs sem grunnatvinnuveg fyrir Íslendinga. Hugsanleg áhrif sjávarútvegs á landsframleiðsluna með margfeldisáhrifum eru 30% (Ragnar Árnason 2004).

Í dag eru bestunarlíkön ekki notuð við daglegan rekstur sjávarútvegsfyrirtækja. Einungis er notast við þekkingu og reynslu starfsmanna við einstaka ákvarðanir. Í þessari ritgerð er sett fram bestunarlíkan þar sem reynt er að hámarka hagnað sjávarútvegsfyrirtækis sem rekur fiskvinnslu og útgerð.

Veiðikvóti er helsta eign hvers íslensks sjávarútvegsfyrirtækis (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Íslensk sjávarútvegsfyrirtæki hafa fyrir löngu gert sér grein fyrir því að miklu skiptir að gera sem mest úr þeim kvóta sem fyrirtækin hafa yfir að ráða.. Mikið kapp hefur því verið lagt í að auka verðmæti sjávaraflans á undanförunum árum og hafa margar rannsóknir verið gerðar í þessu skyni. Margir þættir hafa áhrif verðmæti sjávarafla. Aflabótarverkefni Rúnars Birgissonar og fleiri aðila (1996) á vegum Rf sýndi fram á mikilvægi meðhöndlunar og frágangs fisk til þess að stuðla að meiri gæðum. Rannsóknir Sólveigar Ingólfssdóttur (1996) sýndu að árstíðarbundinn breytileiki er í þorskhaldi. Í meistaraverkefni Sveins Margeirssonar (2003) var sýnt fram á verulegan breytileika í flakanýtingu, losi og fjölda hringorma í holdi þorsks eftir árstíðum og veiðisvæðum. Brynjólfur Eyjólfsson o.fl. (2001) komust að því að samspil væri á milli holdafars þorsks og flakanýtingar.

Breyting hefur átt sér stað á matvælamarkaði í helstu viðskiptalöndum Íslendinga á sl. misserum. Dregið hefur úr mikilvægi frystra sjávarafurða en aukning verið í útflutningi á ferskum fiski, þar sem hærra verð yfirleitt fæst fyrir ferskt hráefni samaborið við fryst (Sigurjón Arason 2003, Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Ein ástæða fyrir þessari þróun er meiri

eftirspurn eftir ferskum tilbúnum fiskréttum. Mörg framsækin sjávarútvegsfyrirtæki hafa verið í fararbroddi fyrir nýsköpun í sjávarútvegi. Næsta skref sem hægt er að stíga í þessu ferli er stýring á eðliseiginleikum þeirra afurða sem fyrirtækin geta markaðssett.

Verkefnið *Vinnsluspá þorskafla* hefur verið í gangi síðan 2001 og í því hafa verið rannsakaðir margir þeirra þátta sem talið er að hafi áhrif á nýtingu, gæði og eðliseiginleika þorsks. Í verkefninu, sem byggt hefur á aðferðafræðum um rekjanleika, hefur verið safnað gögnum um þorsk í hafinu við Ísland, af helstu veiðisvæðum landsins á öllum árstímum (Sveinn Margeirsson 2003).

Markmiðið með þessu meistaraverkefni var að greina gögn úr *Vinnsluspá þorskafla* og sýna hvernig hægt væri að nota gögnin til að auka framleiðni og hagnað sjávarútvegsfyrirtækja. Einnig var stefnt að því að gera frumgerð líkans sem sýndi á einfaldan hátt hvernig hægt væri að nota þessi gögn og aðferðafræði til að stýra veiðum eftir væntum gæða- og eðliseiginleikum þorsks, jafnframt því að koma með tillögur hvað gera ætti við aflann.

Ritgerðin skiptist í fjóra hluta. Fyrsti hlutinn fjallar um hvað hefur verið gert áður og hvað má læra af því. Annar hlutinn er gagnagreining þar sem gögnin eru kynnt og breytileiki í fiskinum er sýndur. Þriðji hlutinn er kynning á bestunarlíkani sem byggir á rekstrargögnum ásamt mælingum á eiginleikum fisks, til þess að hámarka arðsemi sjávarútvegsfyrirtækisins. Fjórti hlutinn er keyrslur og notkun á bestunarlíkaninu til þess að sýna hluta af þeim spurningum sem hægt er að svara með líkaninu.

2 Fræði

Fjöldi þátta hefur áhrif á rekstur sjávarútvegsfyrirtækja og val á veiðisvæði er meðal þeirra þátta sem stjórnendur útgerða og vinnslu geta haft áhrif á með beinum hætti. Aðrir þættir sem stjórnendur geta haft áhrif á með beinum hætti eru m.a:

- Hvenær fiskur er veiddur
- Dreifing og sala aflans
- Veitt magn
- Kvótaleiga
- Tegundatilfærslur
- Afurðasamsetning
- Val á veiðiskipum
- Togtími
- Aldur hráefnis
- Löndunarhöfn
- Veiðarfæri
- Aflameðhöndlun

Skipta má þeim þáttum í tvennt sem útgerðaraðili hefur ekki stjórn á. Annars vegar er um að ræða umhverfisþætti og hins vegar er um að ræða rekstrarþætti. Helstu umhverfisþættir eru m.a:

- Veður
- Flakanýting fisks
- Fjöldi hringorma
- Blóðblettir
- Los
- Vatnsheldni
- Vatnsinnihald
- Próteininnihald
- Sýrustig fiskvöðvans
- Drip

Helstu rekstrarþættir eru m.a:

- Launakostnaður
- Olíukostnaður
- Veiðarfærakostnaður
- Ískostnaður
- Viðhaldskostnaður
- Trygging skips
- Löndunarkostnaður
- Afurðahlutfall
- Afurðaverð

Ljóst má vera að aðstæður í hafinu eru breytingum háðar. Þekkt hefur verið innan sjávarútvegsfyrirtækja að ákveðin svæði geta gefið verri nýtingu og verið með meiri hringormasýkingu heldur en önnur svæði (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Sveinn Margeirsson o.fl. (2003) sýndu að margir þættir hafa áhrif á flakanýtingu. Sveinn gerði líkan fyrir flakanýtingu á tímabilinu

31. ágúst 2002 til 27. maí 2003 og í líkaninu er notast við 21 breytu til þess að spá fyrir um flakanýtingu þorsks.

Tvær gerðir hringorma hafa áhrif í fiskvinnslu, annars vegar selormur og hins vegar hvalormur. Selormur hefur sel sem lokahýsil og fisktegundir eins og t.d. þorsk sem millihýsil. Hvalormur hefur hval sem lokahýsil og líkt og í tilfelli selorms þá eru fisktegundir millihýslar (Björn Dagbjartsson 1973). Nokkur vandamál eru samfara hringormi í fiskholdi. Helst er að nefna að lifandi hvalormur veldur verulegum magakveisum fyrir þann sem borðar hann. Þrátt fyrir að hringormar séu skaðlausir neytendum í flestum tilfellum¹ þá valda þeir verulegum viðbjóði við neyslu á fiski. Mjög brýnt er því að selja fisk án hringorms til þess að eyðileggja ekki fyrir neytendum sem eru viðkvæmir gagnvart hringormum. Margar aðferðir hafa verið prófaðar á Íslandi til þess að losna við hringorm úr fiskholdinu, en enn sem komið er hefur enginn aðferð leyst af hólmi hefðbundna snyrtingu á ljósaborði.

Los er almenn sundurlausn vöðva, að mestu án sýnilegra og ákveðinna sprungna á sérstökum svæðum. Helsta skýring á losi í fiski er almennt lítið collagen í vöðvum fiska miðað við kjöt. Einnig er lítið af því utan um vöðvaþræði. Fiskur er því almennt mjúkur í sér og einnig mjúkur eftir suðu. Collagen í fiski er mun viðkvæmara gagnvart suðu heldur en collagen í kjötvöðvum og lítið er af þvertengslum í því samanborið við kjöt. Los er mjög breytilegt eftir árstíma, næringarástandi og stærð fiskins (Jónas Bjarnason 1998). Skilgreining á losi í þessu verkefni er einföld. Eitt los er 16 cm² af sundurlausu fiskholdi sem ekki nýtist í bitavinnslu (Sveinn Margeirsson 2003).

Rannsóknir hafa sýnt að verulegar breytingar eiga sér stað í áferð og efnasamsetningu þorskholds eftir árstíma (Sólveig Ingólfssdóttir 1996). Prótein og fita í þorski minnkar eftir því sem líður á veturinn, en vatnsinnihald í fiskholdinu eykst á sama tíma. Á sumrin færast ástandið í fyrra horf. Þessar breytingar eru meðal annars tengdar hrygningu annars vegar og fæðu þorsksins hins vegar (Sólveig Ingólfssdóttir 1996). Ekki er tekið tillit til þessara breytinga þegar fiskur er seldur nú til dags. Í framtíðinni er hugsanlega möguleiki á að markaðssetja fisk með tilteknu próteininnihaldi.

¹ Hringormar lifa ekki af frystingu eða suðu.

2.1 Aðgerðarannsóknir í sjávarútvegi

Fyrsta yfirgripsmikla notkun á aðgerðarannsóknum í íslenskum sjávarútvegi var gerð árið 1966 og var samvinnuverkefni íslenskra og danskra aðila. Verkefnið snerist um gerð hermunarlíkans á veiðum og löndun á síld (Snjólfur Ólafsson 1995).

Árið 1969 var gerð tilraun til notkunar á aðgerðarannsóknum til þess að rannsaka útgerð á togskipi við Ísland. Reynt var að fá samanburð á rekstrarafkomu ýmissa stærða og gerða af togskipum (Helgi Sigvaldsson o.fl. 1969). Eitt umfjöllunarefni skýrslunnar stenst fyllilega tímans tönn, en það er ákvörðun um val á fiskimiðum og markmið skipsstjórans. Sett voru fram þrjú markmið fyrir skipstjóran:

1. Skipstjóri vill fá sem mestan afla.
2. Skipstjóri leitast við að ná sem mestu aflaverðmæti
3. Skipstjóri stefnir að því að afkoma skipsins verði sem best.

Íslenskir sjómenn fá laun í hlutfalli við aflaverðmæti. Eðlilegast er því fyrir skipstjóran að velja markmið tvö. Markmið tvö tryggir hins vegar ekki sjávarútvegsfyrirtækinu sem bestri afkomu.

Eftir 1970 tóku nokkrir einstaklingar að gera líkön fyrir fiskveiðar og stærð veiðistofna. Ekki var horft til reksturs einstakra fyrirtækja (Snjólfur Ólafsson 1995). Allt til dagsins í dag hefur verið notast við aðgerðagreiningu og tölfræði við mat á stofnstærð og veiðipóli íslenskra nytjastofna (Þorkell Helgason og Snjólfur Ólafsson 1988).

Nokkur íslensk verkefni á sviði aðgerðarannsókna hafa snúið að rekstri sjávarútvegsfyrirtækja. Dæmi um slíkt verkefni er frá árinu 1988 þegar unnið var verkefni um daglega framleiðslustjórnun frystihúss í Reykjavík og snéri að afurðasamsetningu frystihússins. Auk þess fékkst með verkefninu hve marga

starfsmenn þurfti til starfa og niðurröðun þeirra innan frystihússins (Páll Jensson 1988).

Árið 1994 var gert yfirgripsmikið hermunarlíkan fyrir íslenska fiskveiðiflotann. Hermunarlíkanið tók á bæði líffræðilegum og rekstrarlegum þáttum við fiskveiðar og -vinnslu og var samvinnuverkefni milli íslenskra og norskra vísindamanna. Hermunarlíkanið var hugsað sem tæki fyrir stjórnendur sjávarútvegsfyrirtækja til að meta áhrif mismunandi stjórnunarstefna á fyrirtæki þeirra. Aðrir mögulegir notendur voru líka opinberir starfsmenn sem báru ábyrgð á breytingum í fiskveiðistjórnunarkerfum. Meðal þeirra þátta sem líkanið tók til var hermun á stærð einstakra fiskstofna, kvótakerfis með framseljanlegum kvóta og áhrif ákvarðanatöku fyrir einstök fyrirtæki. Í hermunarlíkaninu var línuleg bestun sem hámarkaði hagnað einstakra sjávarútvegsfyrirtækja (Wallace o.fl. 1994).

Torbjørn Digernes (1982) notaði í doktorsritgerð sinni hugtakið tímagildi til þess að ákvarða hagkvæmustu sókn fyrir skip. Í ritgerð Digernes sagði að markmið eiganda hvers skips væri að hámarka rekstrarhagnað. Jaðartímakostnaðurinn átti að tákna hvernig viðbótartími yki rekstrarhagnaðinn. Spurningin væri hvort ætti að sigla hraðar á fiskimiðin og nýta tímann sem þannig sparaðist til veiða. Hið eina sem breyttist með auknum siglingahraða væri olíureikningur, sem hækkaði. Ekki voru bein tengsl á milli útgerðar og fiskvinnslu í ritgerðinni heldur var horft á rekstur fyrir ákveðið veiðiskip.

Eldon Gunn og Harvey H. Millar (1990) hermdu rekstur útgerðar. Fyrirtækið sem þeir hermdu fyrir, gerði út 40 togara og rak níu fiskvinnslur. Gunn og Millar sýndu fram á að hægt væri að ná meiri hagnaði með betri stýringu, en fyrirtækið hafði gert í raunveruleikanum.

Sabah U. Randhawa og Einar T. Bjarnason (1992) blönduðu saman línulegri bestun og hermun fyrir sjávarútvegsfyrirtæki. Randhawa og Bjarnason hermdu útgerð á togara og gerðu línulegt bestunarlíkan sem hámarkaði hagnað fyrirtækisins. Bestunarlíkan þeirra notaðist við niðurstöður hermunarinnar til að finna út vinnuafslþörf, birgðastöðu og framleiðsluskipulag. Niðurstöður verkefnis þeirra sýndu, að hægt var að nota brjóstvitsaðferðir (e.

Heuristics) og bestunarlíkön til að bæta ákvarðanatöku í framleiðsluskipulagningu sjávar-útvegsfyrirtækis.

Hasan og Raffensperger (2006) settu fram bestunarlíkan sem leysir röðunarverkefni (e. *Scheduling*). Þar var útgerðarmynstur togara fengið út með bestun. Röðunarverkefnið er ekki fullkomlega línulegt og því er að hluta notast við tvíkostabreytur (e. *Binary variables*).

2.2 Rekstrarbestun

Árið 1999 var sett á markaðinn bestunarforrit fyrir sjávarfyrirtæki. Nokkur sjávarútvegsfyrirtæki tóku upp þetta forrit sem fyrirtækið Bestun og ráðgjöf gerði. Samkvæmt Páli Jenssyni og Hálfdáni Gunnarssyni (2000) var erfitt að meta beinan fjárhagslegan ávinning af notkun forritsins. Hins vegar sögðu þeir að reynsla þeirra sem notuðu forritið hafi verið mjög góð og að það hafi hjálpað við ákvarðanatöku. Guðmundur Smári Guðmundsson (1999) sagði að með forritinu væri mjög fljótlegt að vinna rekstraráætlanir og að með forritinu fengist auk þess góð yfirsýn yfir rekstur fyrirtækisins.

Helsta nýjungin við bestunarforritið frá Bestun og ráðgjöf var að aldrei áður hafði komið fram íslenskt bestunarforrit sem tók til svo margra áhrifaþátta á rekstur sjávarútvegsfyrirtækja. Forritið var talið notendavænt og traustvekjandi. Forritið leitaðist við að hámarka hagnað, sem var skilgreindur sem margfeldi af framlegð á einingu og fjölda eininga, að frádregnum kostnaði. Mikilvægasta ákvörðunarbreytan í forritinu var fjöldi daga sem skip var á veiðum á ákveðnu veiðisvæði. Auk þess var m.a. gert ráð fyrir að hægt væri að leigja kvóta til og frá fyrirtækinu og kaupa og selja fisk á markaði (Páll Jensson og Hálfdán Gunnarsson 2000).

Á forritinu voru tveir áberandi gallar. Sá fyrri var að allar upplýsingar varð að skrá inn handvirkt. Notandi forritsins þurfti að reikna út allan kostnað og áætla veitt magn á hverju veiðisvæði. Erfitt og tímafrekt var að breyta þeim forsendum sem komnar voru inn í líkanið. Annar galli við rekstrarbestunina var að ekkert var gert til þess að spá fyrir um fiskveiði en í sjávarútvegi er það flökt í hráefnisöflun sem veldur vandamáli við

val á réttri ákvörðun (Páll Jensson 1988). Rekstrarbestunin „sendi“ skipin á veiðar á þeim veiðisvæðum sem voru skilgreind af notanda forritsins. Þar sem notandi forritsins hafði ekki reynslu af öllum mögulegum veiðisvæðum endurspegluðu þessi veiðisvæði einungis brot af mögulegum veiðisvæðum.

2.3 Upplýsingakerfi skipstjóra

Kristján Guðni Bjarnason (1997) gerði tilraun til að búa til aflaspá. Aflaspánni var ætlað að auðvelda skipstjórum ákvörðun við val á fiskimiðum. Þetta verkefni var fyrsta tilraun til að nýta þann einstæða gagnagrunn sem hefur orðið til hjá Hafrannsóknastofnun, til aðstoðar við val á veiðisvæðum. Í verkefninu voru möguleikar á smíði hagkvæmrar aflaspár taldir vera fyrir hendi, en hætta varð verkefninu vegna deilna um eignarhald á gagnagrunninum. Niðurstaða verkefnisins var að þau gögn sem Hafrannsóknastofnun hefur yfir að ráða varðandi afla á undanförunum áratugum, gætu reynst mjög gagnleg fyrir íslenska skipstjóra.

2.3.1 Veiðispá.

Í Japan er áratugahefð fyrir útgáfu á veiðispám fyrir sjómenn. Yfirvöld í Japan reka veiðistofu í líkingu við íslensku veðurstofuna. Japanska veiðistofan ber nafnið *The Japan Fisheries information Service Center*. Japanska veiðistofan gefur annars vegar út langtímaspá og hins vegar skammtímaspá. Við gerð á langtímaspám er tekið tillit til breytileika í haffræðilegum skilyrðum. Þetta eru breytingar á sjávarhita, straumum, eðlisþyngd sjávar, seltu og fleiri þáttum. Lengd langtímaspáa er oftast tveir til þrír mánuðir og jafnvel mun lengri. Skammtímaspár eru þannig úr garði gerðar að þeim er ætlað að spá fyrir um líklegustu breytingar á hegðun fisksins næstu daga þar á eftir. Þessar spár eru ekki einungis fyrir sjómenn, heldur nota yfirvöld þessar spár til þess fylgjast með viðgangi fiskstofna. Einnig nota markaðsaðilar þessar spár til þess að fylgjast með breytingum á framboði á fiskmörkuðum. Skammtímaspár Japanana þykja mjög góðar, að meðaltali eru 60 - 70% spáa í fullkomnu samræmi við rauntölur, 20 - 30% þykja ágætari og 10-20% eru ónothæfar (Kristján Guðni Bjarnason 1997).

Þær upplýsingar, sem notast er við gerð þessara spáa, koma frá mörgum aðilum. Yfirvöld fylgjast með lönduðum afla, þau hafa samband við útgerðir, sjómenn, fiskkaupmenn og aðra aðila sem meðhöndla fiskinn. Einnig er notast við flugvélar og rannsóknaskip. Upplýsingar um haffræðileg skilyrði koma frá gervitunglum og fleiri aðilum sem afla þeirra gagna sem nota þarf (Kristján Guðni Bjarnason 1997).

3 Gögn

Í þessum kafla er fjallað um þau gögn sem safnað er hjá íslenskum sjávarútvegsfyrirtækjum. Fyrsti undirkafla fjallar um gagnasöfnun í verkefninu *Vinnsluspá þorskafla*. Í öðrum undirkafla er sjónum beint að því hvernig gagnasöfnun er almennt háttað í dag. Þriðji undirkafla fjallar um það með hvaða hætti gagnasöfnun og flæði gagna þyrfti að vera til tryggja virkni bestunarlíkans.

3.1 Gagnasöfnun í verkefninu

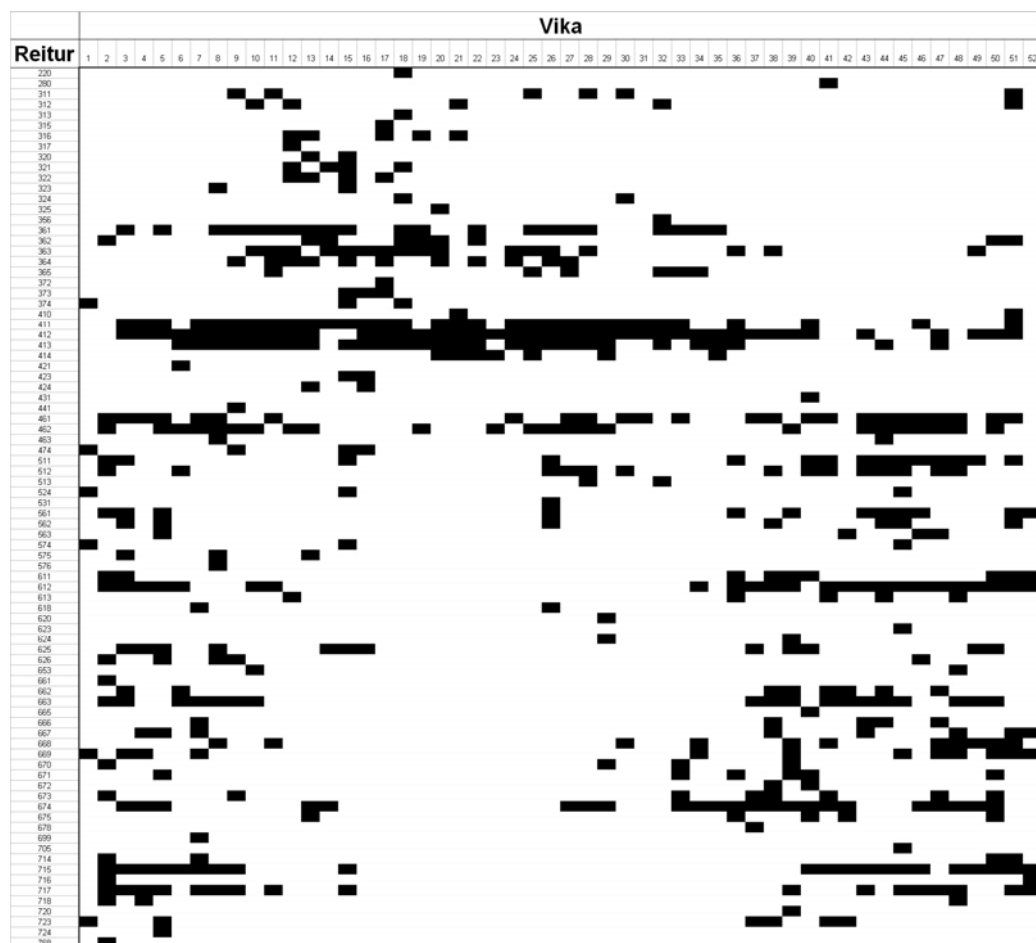
Frá árinu 2001 hefur Sveinn Margeirsson, í samstarfi við Samherja, Guðmund Runólfsson, Vísi, FISK og Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, unnið að söfnun og greiningu á gæðabáttum og eðliseiginleikum þorsks. Yfir 5.000 mælingar hafa verið gerðar og enn þann dag í dag er verið að safna meiri upplýsingum um eðlisþætti þorsks. Í hverri mælingu er skráð:

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| • Heiti skips | • Þyngd í kari [kg] |
| • Dagsetning | • Aldur hráefnis [dagar] |
| • Númer hols | • Hlutfall hauss [%] |
| • Staðsetning [reitur] | • Þyngd fisks [kg] |
| • Lengd hols [mín] | • Lengd fisks [kg] |
| • Stærð hols [fj kara] | • Fjöldi hringorma [stk] |
| • Dýpi byrjun hols [faðmar] | • Fjöldi blóðbletta [stk] |
| • Dýpi enda hols [faðmar] | • Fjöldi holdroðabletta [stk] |
| • Hitastig þegar hol byrjar [°C] | • Fjöldi losbletta [stk] |
| • Hitastig þegar hol endar [°C] | • Flakanýting [%] |

Sýnt hefur verið fram á að margvísleg tengsl eru á milli margra af þessum breytum. Meðal annars hefur verið lengi þekkt að haushlutfall hefur neikvæð áhrif á flakanýtingu (Brynjólfur Eyjólfsson ofl. 2001, Sveinn Margeirsson 2003).

Í þessari ritgerð verður fyrst og fremst horft til helstu gæðaeiginleika þorsks. Þeir eru flakanýting, los og hlutfall hringorma. Hluti af verkefninu er gerð bestunarlíkans og því eru gögnin greind út frá þeim þáttum sem hægt er að stjórna, sérstaklega veiðisvæði og hvenær ársins fiskurinn er veiddur.

Við úrvinnslu var einungis notast við gögn frá Samherja og Guðmundi Runólfssyni. Fjöldi mælinga er 4.797. Það kann að hljóma eins og mikið magn af mælingum, en til samanburðar má nefna að íslenska efnahagslögsagan spannar 758 þúsund km² en það gerir um 0,006 mælingar á km². Ef einungis er horft til þeirra reita (mynd 3.2) sem mælingar eru skráðar á, þá eru mælingarnar skráðar á 112 mismunandi reiti eða tæplega 43 mælingar á hvern reit að meðaltali. Ef árinu er skipt upp eftir mánuðum þá eru einungis 3,6 mælingar á hvern reit fyrir hvern mánuð. Eins og má sjá á mynd 3.1 vantar töluvert af mælingum fyrir suma reiti.

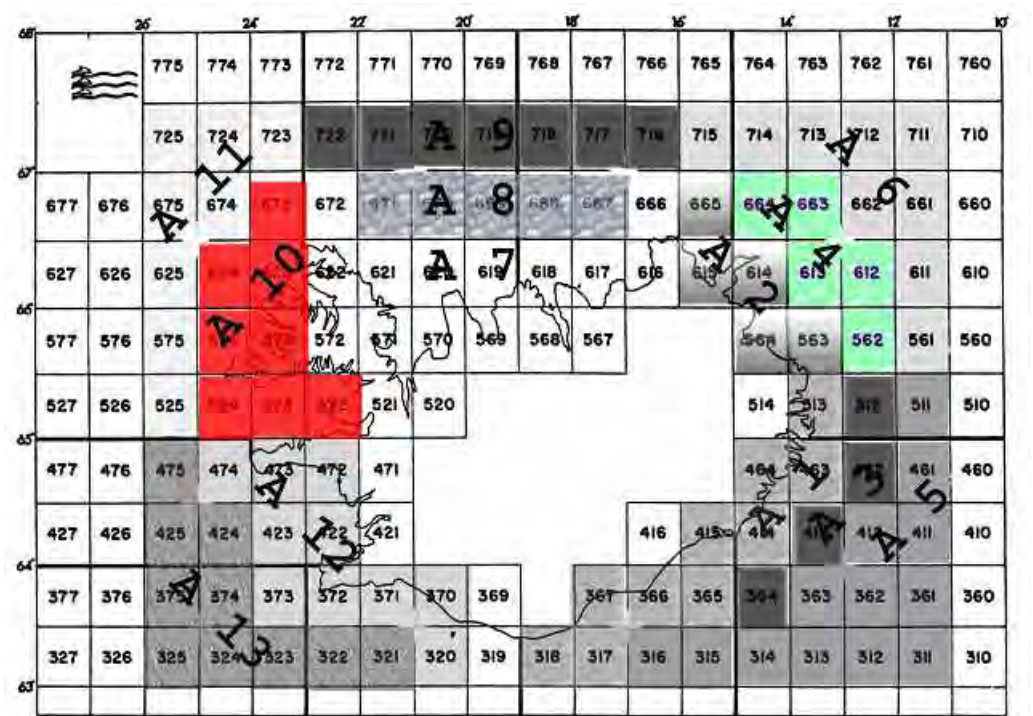


Mynd 3.1. Hér má sjá sjónrænt þéttleika mælinga. Á lóðréttu ásnum eru númer (220-768) þeirra reita þar sem mælingar hafa verið skráðar. Á láréttu ásnum eru vikur 1 til 52. Á bakvið hvern svartan kassa er 1 til 53 mælingar.

Færa má rök fyrir því að gagnaskortur komi ekki að sök, þrátt fyrir að mælingar vanti fyrir ákveðna reiti á ákveðnum árstímum. Helstu rökin fyrir því eru að skipstjórar veiða væntanlega þar sem fiskurinn er í veiðanlegu magni á hverjum tímapunkti. Í gegnum árin hafa íslenskir skipstjórar aflað sér þekkingar á hvar

fiskurinn er í veiðanlegu magni á hverjum árstíma og mælingarnar endurspeglar því hvar fiskurinn er veiddur á hverju tímabili.

Til að auðvelda úrvinnslu var hafsvæðinu skipt í 13 mismunandi svæði eins og má sjá á mynd 3.2. Skipting svæðanna tók mið af landshlutum og fjarlægð frá landi. Ekki var gerð tilraun til að meta hvort einstakir reitir væru frábrugðnir svæðinu sem þeir tilheyra. Allar mælingar hvers svæðis voru settar saman og reiknuð út meðaltöl fyrir flakanýtingu þorsks, los og fjölda hringorma á hverju svæði.



Mynd 3.2. Ísland og hafið í umhverfis. Á þessari mynd má sjá reitina sem hver mæling er skráð á. Einnig hefur hafinu umhverfis Ísland verið skipt í 13 svæði.

Árinu var skipt í fjögur tímabil eins og má sjá í töflu 3.1. Reynt var að velja tímabilin þannig að eiginleikar fisks væru sambærilegir innan tímabilsins. Tímabil eitt má kalla vetur. Tímabil tvö er vor og þá er hrygningartími þorsks og hitastig fer hækkandi. Á tímabili þrjú er sumar á Íslandi og hitastig sem hæst. Kalla mætti tímabil fjögur haust, þar sem hitastig fer kólnandi á nýjan leik.

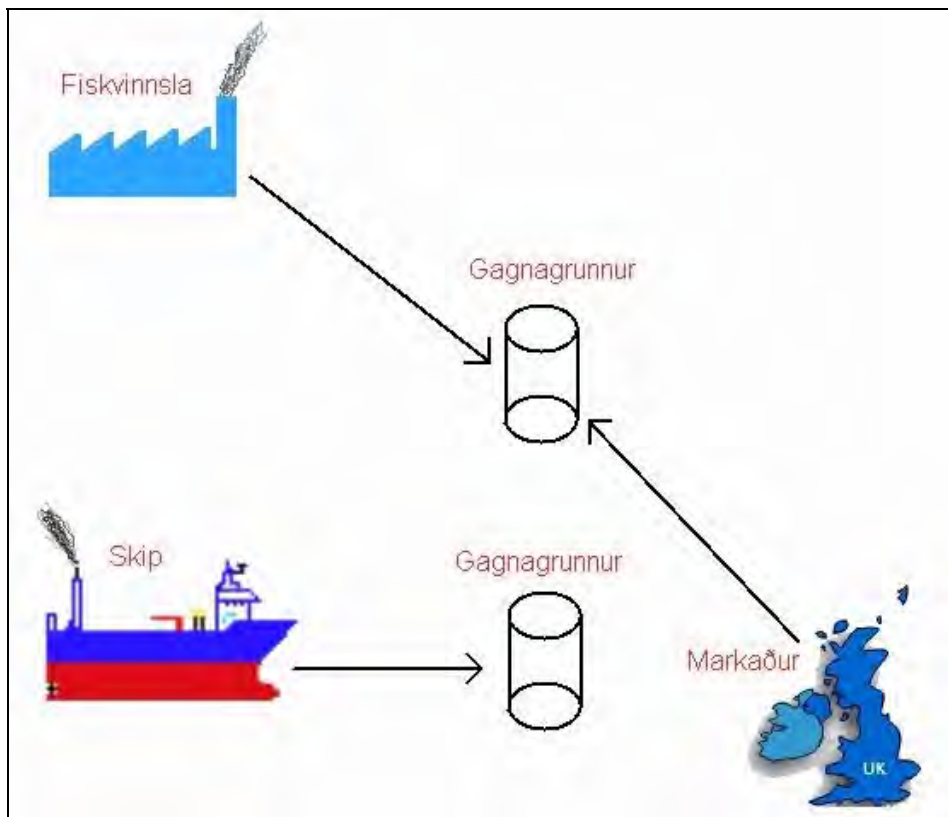
Tafla 3.1. Skipting ársins upp í fjögur tímabil og lengd hvers tímabils.

Tímabil 1	Tímabil 2	Tímabil 3	Tímabil 4
Desember	Mars	Júní	September
Janúar	Apríl	Júlí	Október

Febrúar	Maí	Ágúst	Nóvember
90 dagar	92 dagar	92 dagar	91 dagar

3.2 Gögn hjá sjávarútvegsfyrirtækjum

Í dag safna sjávarútvegsfyrirtæki miklu magni gagna. Þessum gögnum er safnað í einn eða fleiri gagnagrunna á sambærilegan hátt og sýnt er með mynd 3.3. Öll sjávarútvegsfyrirtæki halda bókhald þar sem upplýsingum um afurðaverð, markaðsverð, tekjur og gjöld er haldið til hags. Vegna krafna um rekjanleika og innra eftirlit hjá fyrirtækjunum er haldið gæðabókhald, þar sem uppruni hráefnis er skráður. Þau fyrirtæki sem hafa nýjustu gerðir flæðilína, skrá auk þess upplýsingar um afköst, afurðaflokkaskiptingu, gæði og nýtingu (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006).



Mynd 3.3. Söfnun gagna hjá sjávarútvegsfyrirtæki í dag.

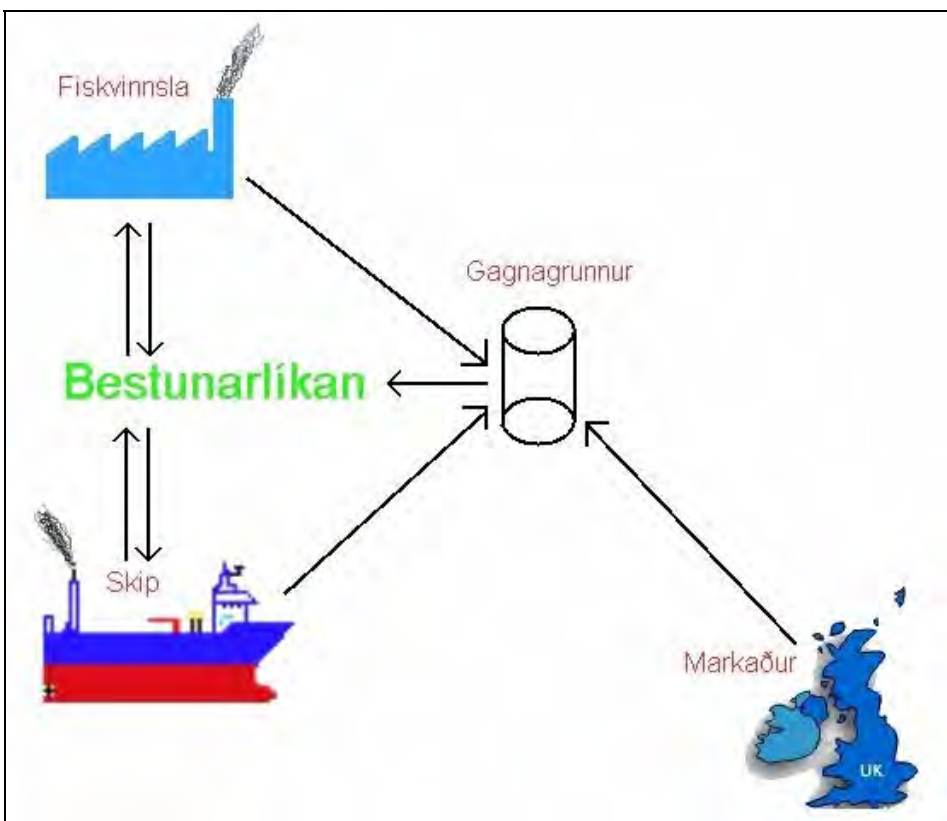
Fiskiskipum sem veiða við Ísland er skylt að halda afladagbók (Sjávarútvegsráðuneytið 2006). Í afladagbókina skal skrá:

1. Nafn skips, skipanúmer og kallmerki
2. Veiðarfæri, gerð og stærð
3. Staðarákvörðun (breidd og lengd) og tíma þegar veiðarfæri er sett í sjó
4. Afla eftir magni og tegundum
5. Veiðidag
6. Löndunarhöfn

Auk þessara lögbundnu atriða er að auki hægt að skrá aðra þætti s.s. ölduhæð og vindstyrk. Með tilkomu rafrænna afladagbóka hafa möguleikar á nýtingu þessara upplýsinga aukist til muna. Hægt er að senda gögn um veiðar í land áður en aflanum er landað og þannig auðvelda vinnslustjóra skipulagningu á vinnslu aflans.

3.3 Hagnýting gagna

Gögnum sem sjávarútvegsfyrirtæki safna má skipta í tvo flokka. Annar flokkurinn er rekstrargögn. Hinn flokkurinn eru þau gögn sem tengjast eiginleikum þess fisks sem er veiddur og unninn er af fyrirtækinu. Ef nýta á þau gögn sem er safnað þarf hugbúnað. Slíkur hugbúnaður gæti annað hvort verið greiningarhugbúnaður eða bestunarlíkan. Bestunarlíkan er í eðli sínu bæði stýri- og greiningartæki og því hentugt til nýtingar gagnanna.



Mynd 3.4. Gögn hagnýtt á sjálfvirkan hátt.

Eins og áður hefur komið fram er safnað miklu magni gagna í hverju sjávarútvegsfyrirtæki, bæði hjá skipum og fiskvinnslu. Öllum þessum gögnum

er safnað saman í marga gagnagrunna án tengsla þar á milli. Lítið samband er á milli útgerðar og fiskvinnslu, fyrir utan helstu upplýsingar um aflabrögð er upplýsingastreymi frá skipum til fiskvinnslu oft á tíðum lítið sem ekkert.

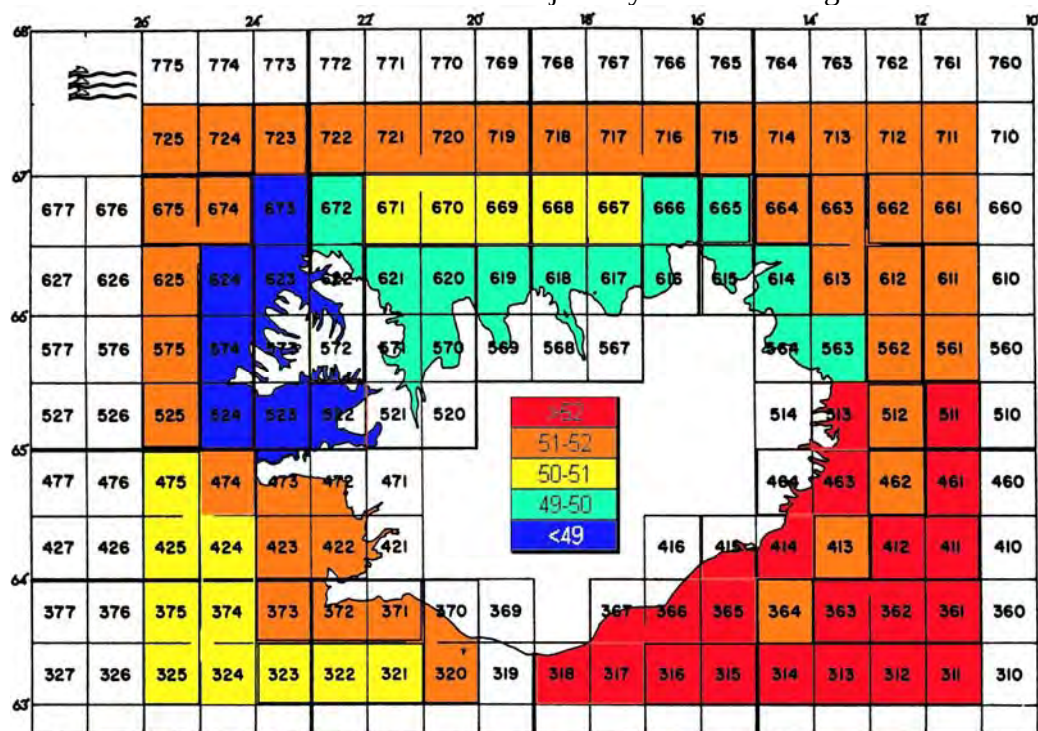
Til að stýra sjávarútvegsfyrirtækjum á markvissari hátt er þörf á samtengingu á milli útgerðar og fiskvinnslu. Á mynd 3.4. er sýnt hvernig tengja mætti gögn frá skip annars vegar og fiskvinnslu hins vegar í einn gagnagrunn. Bestunarlíkan er tengt gagnagrunninum og sér um að „matreiða“ gögnin handa þeim sem þau þurfa.

4 Forsendur bestunarlíkans

Í þessum kafla er forsendum bestunarlíkans gerð skil. Forsendur bestunarlíkansins byggja á niðurstöðum gagnagreiningar. Gagnagreiningin skiptist annars vegar í greiningu rekstrargagna og hins vegar í greiningu á eðliseiginleikum þorsks.

4.1 Flakanýting þorsks

Flakanýting þorsks var borin saman milli veiðisvæða og fyrir mismunandi tímabil. Niðurstöður samanburðarins má sjá á myndum 4.1 til og með 4.4.

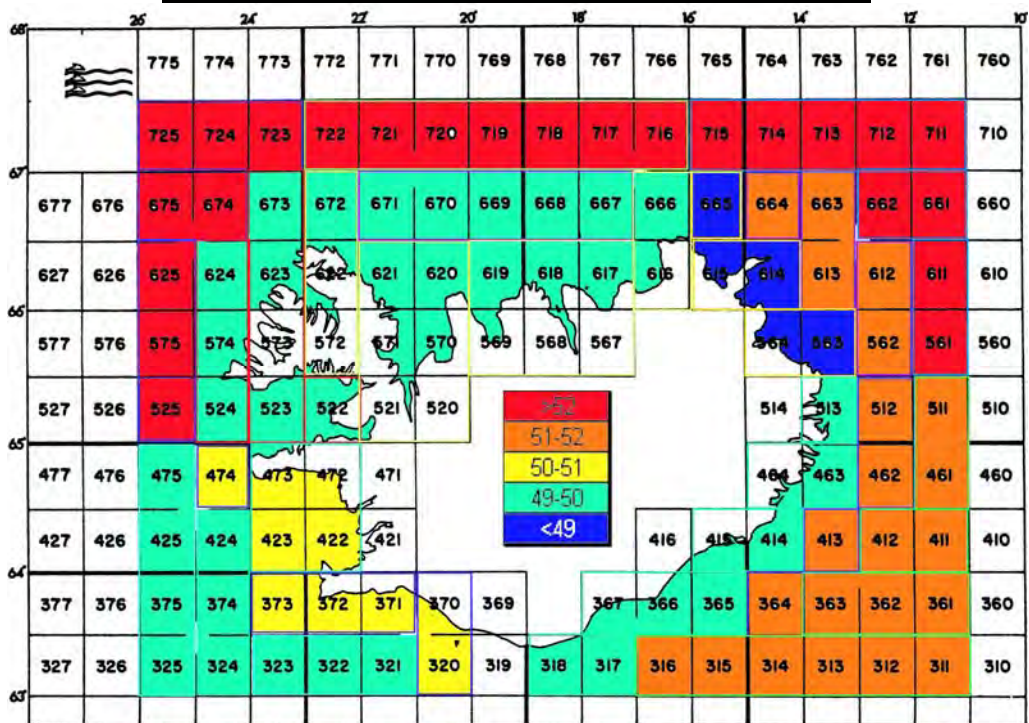


Mynd 4.1. Flakanýting [%] á þorski á tímabili eitt, desember til febrúar fyrir árin 2001 til 2005.

Á mynd 4.1 má sjá að flakanýtingin er töluvert betri fyrir austan Ísland heldur en fyrir vestan Ísland. Flakanýtingin er sérstaklega slæm í Breiðafirði og á grunnslóð út af Vestfjörðum eða 48,5%. Flakanýtingin er best á svæði 1, úti fyrir Suðausturlandi eða 52,9%.

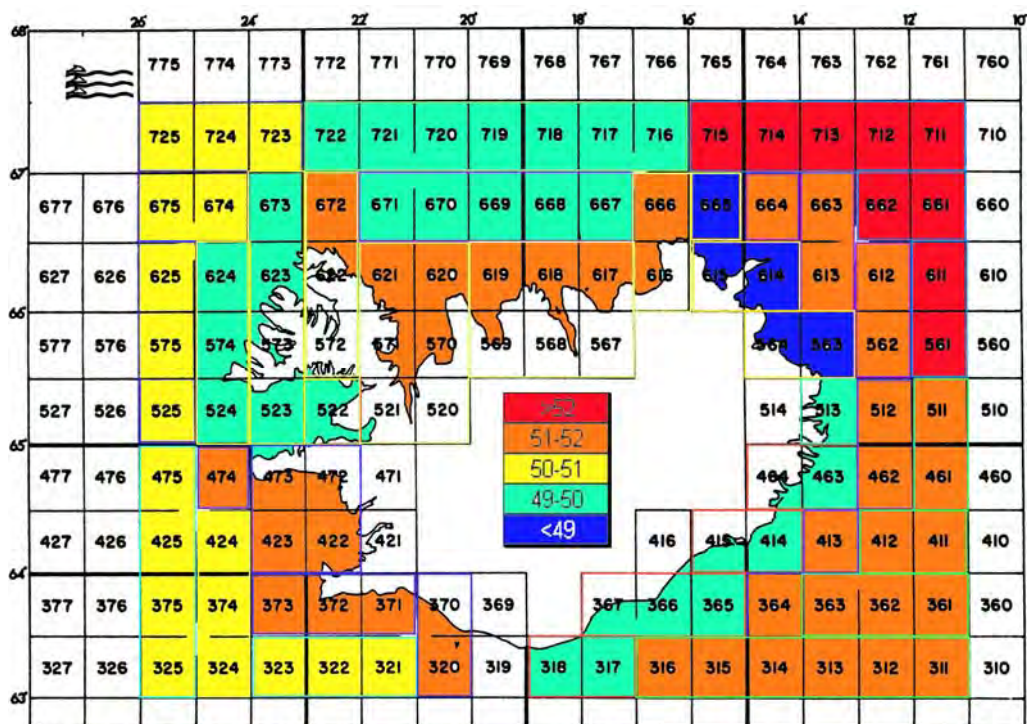
Tafla 4.1. Flakanýting þorsks [%] á árunum 2001 til og með 2005, fyrir öll svæði og tímabil. Þau gildi sem eru stöðruð eru meðaltöl nærliggjandi tímabila.

Veðisvæði	Tímabil 1	Tímabil 2	Tímabil 3	Tímabil 4
1	52,9	49,9	49,7	53,9
2	49,2	46,2	49,0*	51,8
3	51,8	51,1	51,5	51,9
4	51,2	51,0	51,1	51,8
5	52,1	51,9	51,6	50,8
6	51,8	52,7	53,0	51,8
7	49,6	49,3	51,0	51,3
8	50,2	49,8*	49,3	50,9
9	51,1	53,5	49,5	50,5
10	48,6	49,8	49,5	48,5
11	51,9	52,3	50,1	50,5
12	51,7	50,5	51,1*	51,1*
13	50,6	49,5	50,5	50,0*



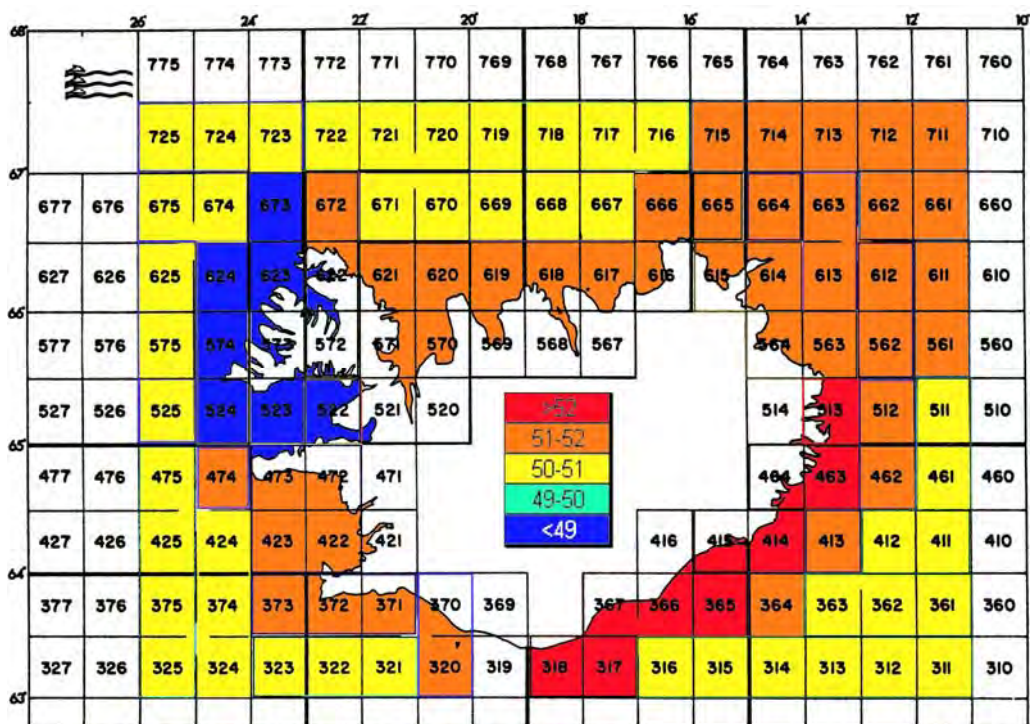
Mynd 4.2. Flakanýting þorsks [%] umhverfis Ísland á tímabili tvö, mars, apríl og maí fyrir árin 2001 til og með 2005.

Töluverð breyting hefur orðið á flakanýtingunni frá tímabili eitt, eins og sjá má á mynd 4.2, samanborið við mynd 4.1. Svæði tvö er með verstu flakanýtinguna 46,2% og lækkar um 3% á milli tímabila. Svæði sex gefur bestu flakanýtingu eða 53,5%. Svæði eitt, sem var með bestu flakanýtinguna á tímabili eitt, hefur lækkað niður í 49,9%.



Mynd 4.3. Flakanýting þorsks [%] umhverfis Ísland á tímabili þrjú, júní, júlí, ágúst fyrir árin 2001 til og með 2005.

Á mynd 4.3 er sýnd flakanýting þorsks á tímabilinu júní, júlí og ágúst. Svæði tvö er með verstu flakanýtinguna eða tæp 49%, þess ber þó að geta að ekki er um mælingu að ræða, heldur er þetta meðaltal frá tímabili tvö og fjögur. Svæði sex er með bestu nýtinguna, 53,9%. Flakanýtingin á svæði 11 hefur lækkað um rúm 2%.



Mynd 4.4. Flakanýting þorsks [%] á tímabili fjögur, september, október og nóvember fyrir árin 2001 til og með 2005.

Flakanýting fyrir tímabil fjögur, þ.e. september, október og nóvember, er sýnd á mynd 4.4 fyrir árin 2001 til og með 2005. Á tímabili fjögur er svæði 10 með verstu flakanýtinguna eða 48,5%. Svæði eitt er með bestu flakanýtingu eða 53,9%.

Á myndum 4.1 til 4.4 eru einungis birt meðaltöl flakanýtingar en breytileiki er nokkur innan hvers svæðis. Sýnt hefur verið að holdastuðull breytist á milli ára og því er ljóst að þessar mælingar muni úreldast (Sigurjón Arason 2003). Það þarf því að endurnýja gögnin og viðhalda á næstu árum til þess að sjávarútvegsfyrirtæki geti nýtt þau til að stýra fiskveiðum sínum. Þegar þessar myndir eru skoðaðar þá má sjá að breytingin á flakanýtingunni er töluverð á milli svæða. Ekki er til ein skýring á þessum mikla mun, en hugsanlega er ein skýringin loðnugöngur (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Loðna er aðalfæða þorsks og hefur mikil áhrif á vöxt og viðgang þorskstofnsins.

4.2 Nýting annarra tegunda en þorsks

Sambærilegar mælingar og eru sýndar í kafla 4.1 hafa ekki verið gerðar fyrir aðrar fisktegundir en þorsk. Eftir sem áður er nauðsynlegt að halda þeim inni í bestunarlíkaninu, því ljóst er að stór hluti tekna fiskvinnslufyrirtækja koma frá öðrum fisktegundum. Sjö aðrar fisktegundir verða inni í bestunarlíkaninu, ásamt þremur stærðarflokkum af þorski. Þetta eru ýsa, ufsi, karfi, steinbítur, þykkvalúra, skarkoli og keila. Afla- og rekstargögn miðast við útgerð á Helga SH 135, en þessar tegundir eru uppistaða í afla hans. Þar sem ekki hefur verið rannsakaður breytileiki í flakanýtingu fyrir þessar fisktegundir þá er gengið út frá meðaltalstölum úr rekstri Guðmundar Runólfssonar fyrir þessar fisktegundir, ásamt upplýsingum frá fræðsluveitu Rannsóknastofnunar fiskiðnaðarins og reglugerðar nr. 240 frá árinu 2006 um grunnstuðla við mælingar á vinnslunýtingu.

Ekki er gert ráð fyrir að nýting annarra fisktegunda en þorsks breytist eftir veiðisvæðum né eftir árstíma þar sem þær breytingar eru ekki þekktar. Þegar frekari gagna verður aflað í framtíðinni er nauðsynlegt að mæla flakanýtingu fyrir þær fisktegundir sem unnar eru í þeim fiskvinnslum sem notast við bestunarforritið. Í töflu 4.2 má sjá þau gildi sem notuð eru í bestunarlíkaninu. Þessi gildi eru fyrir öll veiðisvæðin og öll tímabilin.

Tafla 4.2. Flakanýting fyrir ýsu, ufsa, karfa og steinbít. Ekki er gert ráð fyrir að hægt sé að vinna þykkvalúru, skarkola eða keilu í fiskvinnslunni.

Fisktegund	Nýting
Ýsa	46 %
Ufsi	59 %
Karfi	35 %
Steinbítur	30 %
Þykkvalúra	-
Skarkoli	-
Keila	-

4.3 Hringormahlutfall

Fyrir fiskvinnslu er kostnaður vegna hringorma tvenns konar. Í fyrsta lagi veldur hringormur minni afköstum þar sem töluverðan tíma tekur að hringormahreinsa fiskinn. Hins vegar er það lægri nýting vegna þess að þegar hringormur er skorinn úr fiskholdinu þá fylgir alltaf eitthvað af fiskholdi með.

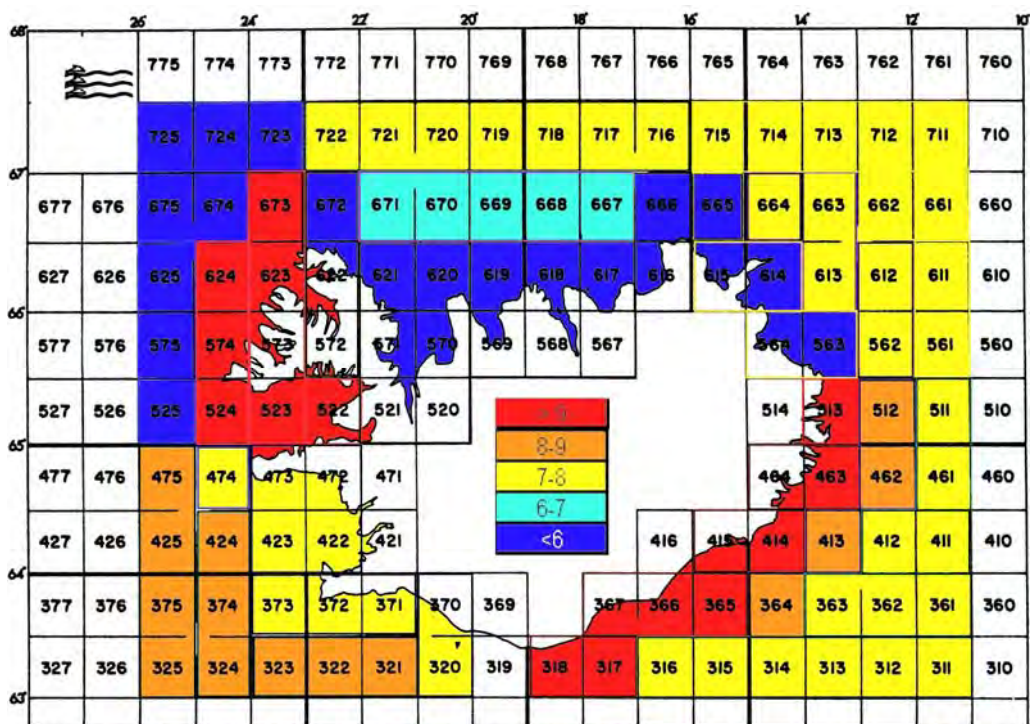
Í bestunarlíkaninu hefur ormur einungis áhrif á afköst í fiskvinnslunni. Að meðaltali tekur það 4,2 sekúndur í snyrtingu að ná einum ormi úr þorskflaki

(Bragi Bergsveinsson og Björn Haukur Pálsson 1986). Samkvæmt tímamælingu frá Braga Bergsveinssyni hjá Samtökum fiskvinnslustöðvanna er hlutfall ormasnyrtingar 12,9% af heildarsnyrtitíma og þá er ormahreinsun í kringum 5% af heildarvinnslutíma hjá hefðbundnu frystihúsi með 16 manna snyrtilínu og 40 manna starfsliði. Því væri hægt að auka afköstinn að meðaltal um 5% miðað við ormalaust hráefni. Með jöfnu 4.1 á blaðsíðu 35 má sjá samband á milli afkasta miðað við hráefni með og án hringorma.

Tafla 4.3. Fjöldi hringorma í hverju kg þorskhólds fyrir hvert veiðisvæði og hverja árstíð. Þau gildi sem eru merkt með * þar vantaði mælingar og stjörnumerkt gildi meðaltal frá nærliggjandi tímabilum. Mælingar eru fyrir árin 2001 til og með 2005

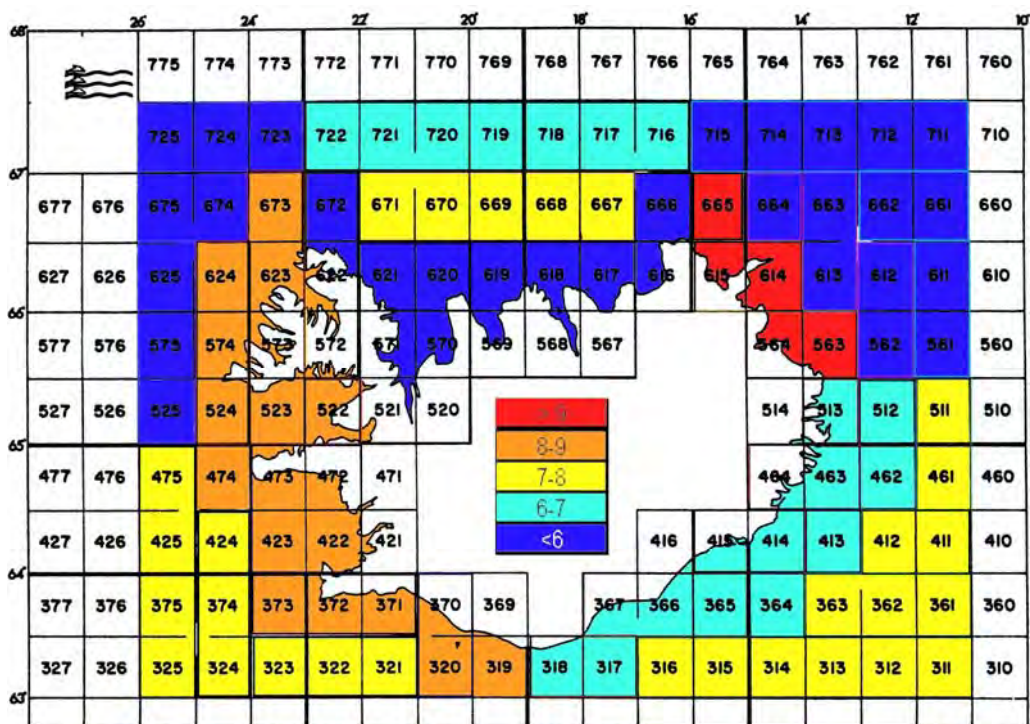
<i>Veiðisvæði</i>	<i>Tímabil 1</i>	<i>Tímabil 2</i>	<i>Tímabil 3</i>	<i>Tímabil 4</i>
1	11,5	6,6	7,5	5,8
2	4,8	15,8	12,1*	8,4
3	8,2	6,6	6,6	8,4
4	7,3	4,8	7,8	8,9
5	7,9	7,3	7,8	7,0
6	7,5	5,0	7,4	9,3
7	4,7	3,3	7,8	6,6
8	6,7	7,1*	7,4	6,9
9	7,2	6,1	5,5	9,7
10	9,4	8,2	6,6	8,7
11	5,9	5,3	6,4	7,1
12	7,4	8,4	7,9*	7,9*
13	8,5	7,1	3,8	6,4*

Á myndum 4.5, 4.6, 4.7 og 4.8 er sýnd hvernig fjöldi hringorma í flökum þorsks er breytilegt milli veiðisvæða og tímabila.



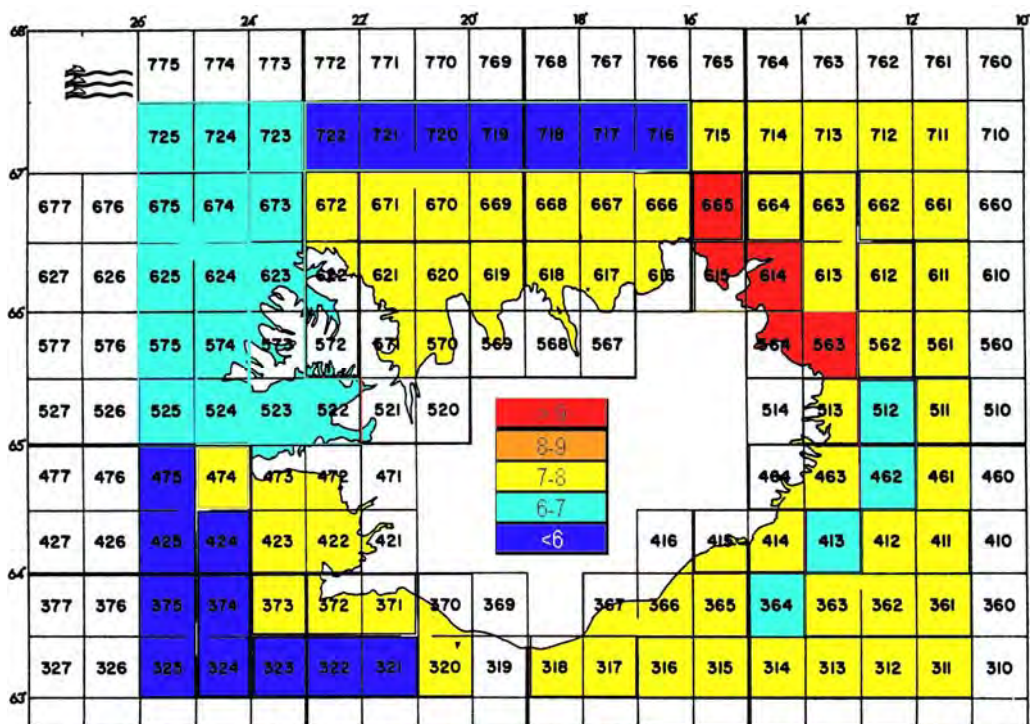
Mynd 4.5. Fjöldi hringorma í hverju kg af þorsklökum [fj hringorma/kg flaka] á fyrsta tímabili, desember, janúar og febrúar fyrir árin 2001 til og með 2005.

Á mynd 4.5 er sýnt hvernig fjöldi hringorma í þorsklökum er breytilegur á milli svæði fyrir fyrsta tímabilið, sem er frá desember til febrúar. Innan sjávarútvegsins hefur verið talið að meira sé um hringorm í fiski nær landi heldur en fjær (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Þegar mynd 4.5 er skoðuð má sjá að fjöldi hringorma í þorsklökum eykst með fjarlægð frá landi suðaustan við Ísland og svo aftur fyrir norðvestan Ísland.



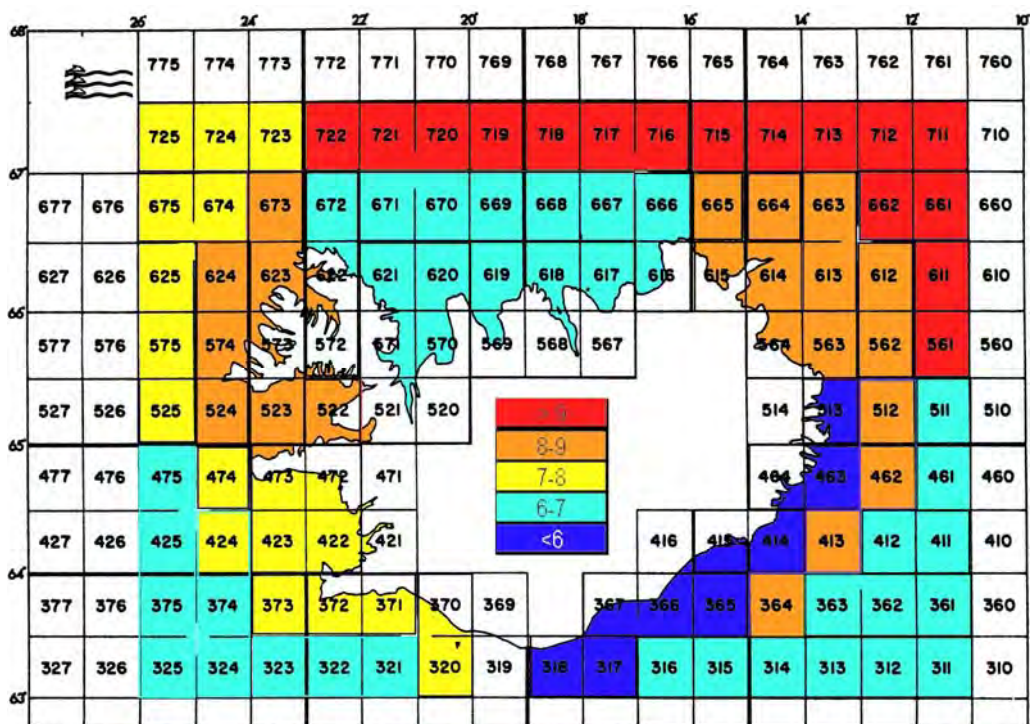
Mynd 4.6. Fjöldi hringorma í hverju kg af þorsklökum [fj hringorma/kg flaka] á öðru tímabili, mars, apríl og maí fyrir árin 2001 til og með 2005.

Á mynd 4.6 er sýnt hvernig fjöldi hringorma í þorskhaldi er fyrir einstök veiðisvæði fyrir tímabilið mars, apríl og maí. Fjöldi hringorma hefur staðið í stað eða minnkar innan hvers svæðis frá tímabili eitt, að svæði tvö undanskildu. Á svæði tvö hefur fjöldi hringorma í þorskhaldi aukist úr 4,8 í 15,8.



Mynd 4.7. Fjöldi hringorma í hverju kg af þorskflökum [fj hringorma/kg flaka] á þriðja tímabili, júní, júlí og ágúst fyrir árin 2001 til og með 2005.

Á mynd 4.7 má sjá hvernig fjöldi hringorma í þorskholdi er á tímabilinu júní til ágúst. Á þessu tímabili er svæði tvö með mestan fjölda af hringormum í þorskholdi. Ekki eru til mælingar fyrir svæði tvö á þessu tímabili, þetta er meðaltal af fjölda hringorma í þorskholdi af tímabilum eitt og þrjú frá svæði tvö.



Mynd 4.8. Fjöldi hringorma í hverju kg af þorskhaldi [fj hringorma/kg flaka] á fjórða tímabili september, október og nóvember fyrir árin 2001 til og með 2005.

Á mynd 4.8 má sjá fjölda hringorma í þorskhaldi fyrir tímabilið september til nóvember. Það má sjá að úti fyrir Suðausturlandi var fjöldi hringorma í þorskhaldi lægri nær landi heldur en fjær landi.

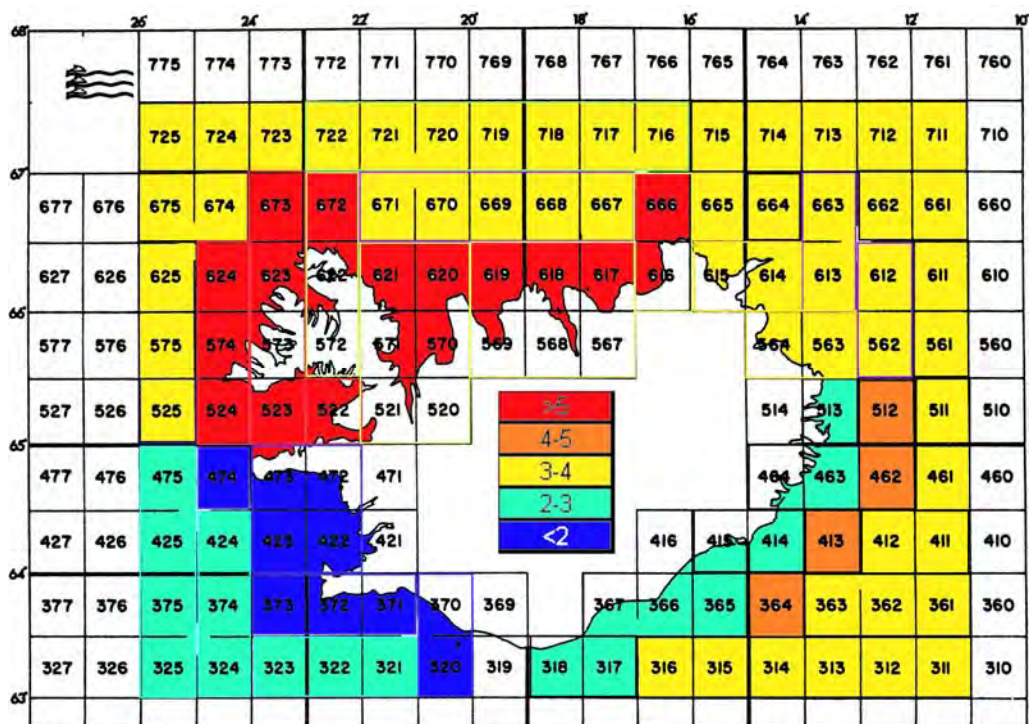
4.4 Los

Á sambærilegan hátt og fyrir flakanýtingu og hringorma var los greint eftir veiðisvæðum og árstímum. Myndir 4.9 til og með 4.12 auk töflu 4.4 sýna niðurstöðurnar.

Tafla 4.4. Fjöldi losbletta í þorsklökum fyrir svæðin 13 og allar árstíðirnar. * merktu gildin vantar og eru þau meðaltöl af nærliggjandi tímabilum fyrir árin 2001 til og með 2005.

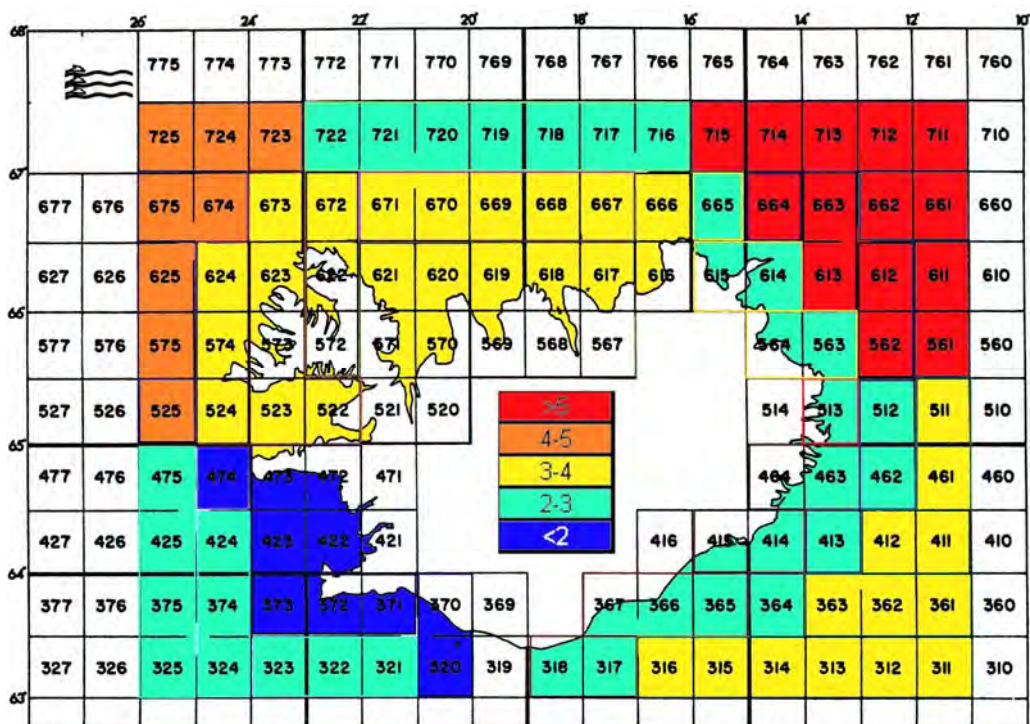
<i>Veiðisvæði</i>	<i>Tímabil 1</i>	<i>Tímabil 2</i>	<i>Tímabil 3</i>	<i>Tímabil 4</i>
1	2,8	2,5	3,7	0,6
2	3,2	2,9	2,1*	1,3
3	4,3	2,7	3,6	2,4
4	3,6	5,6	3,4	2,5
5	3,2	3,2	4,4	3,2
6	3,5	5,0	2,7	2,7
7	7,8	3,9	3,2	1,8
8	3,9	3,9*	3,9	4,9
9	3,9	2,6	2,9	3,7
10	6,1	3,6	4,2	4,0
11	4,0	4,3	4,4	6,8
12	2,0	1,9	1,9*	1,9*
13	2,4	2,1	4,5	3,3*

Gerð var línuleg aðhvarfsgreining til þess að finna áhrif loss á afurðaskiptingu og nýtingu í afurðaflokka. Samkvæmt aðhvarfsgreiningunni hefur los neikvæð áhrif á hlutfall dýrari afurða. Í bestunarlíkaninu er gert ráð fyrir fimm afurðarflokkum. Los hefur áhrif á nýtingu í hverjum flokki fyrir sig. Í fyrsta afurðarflokki lækkar afurðanýtingin um 0,47% fyrir hvern losblett. Í öðrum afurðarflokki lækkar nýtingin um 0,4% fyrir hvern losblett. Í þriðja afurðaflokki lækkar nýtingin um 0,25% og um 0,15% í fjórða afurðaflokki. Gert var ráð fyrir að fimmti afurðarflokkurinn sé blokk og los hefur ekki áhrif á afurðanýtingu í blokk.

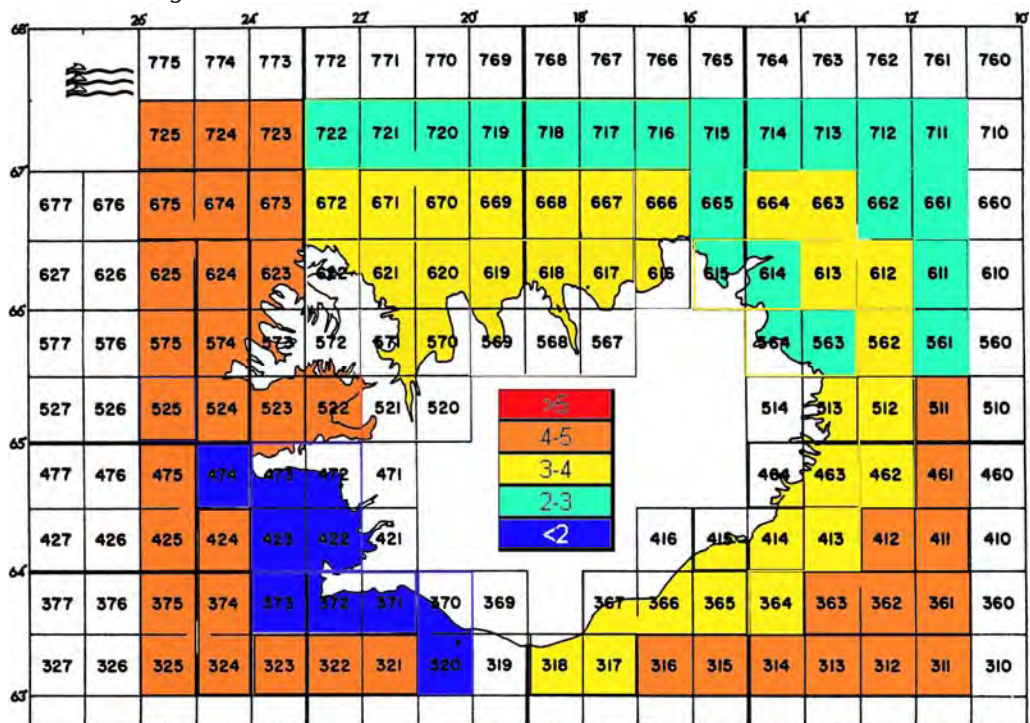


Mynd 4.9. Fjöldi losbletta á kg þorsks eftir svæðum fyrir fyrsta tímabilið desember, janúar og febrúar frá árinu 2001 til og með 2005.

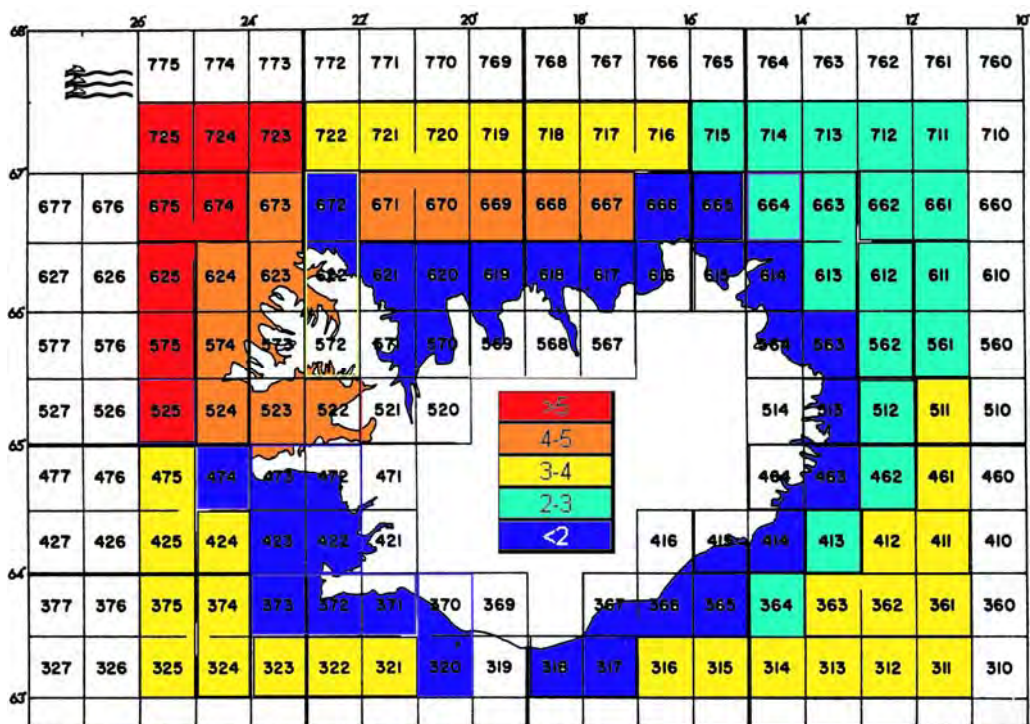
Þegar mynd 4.9 er skoðuð má sjá að los er áberandi minnst í Faxaflóa og kringum Reykjanes. Los er hæst á Breiðafirði, út af Vestfjörðum og fyrir norðan Ísland.



Mynd 4.10. Fjöldi losbletta á kg þorsks eftir svæðum fyrir annað tímabil mars, apríl og maí frá árinu 2001 til og með 2005.



Mynd 4.11. Fjöldi losbletta á kg þorsks eftir svæðum fyrir þriðja tímabil júní, júlí og ágúst fyrir árin 2001 til og með 2005.



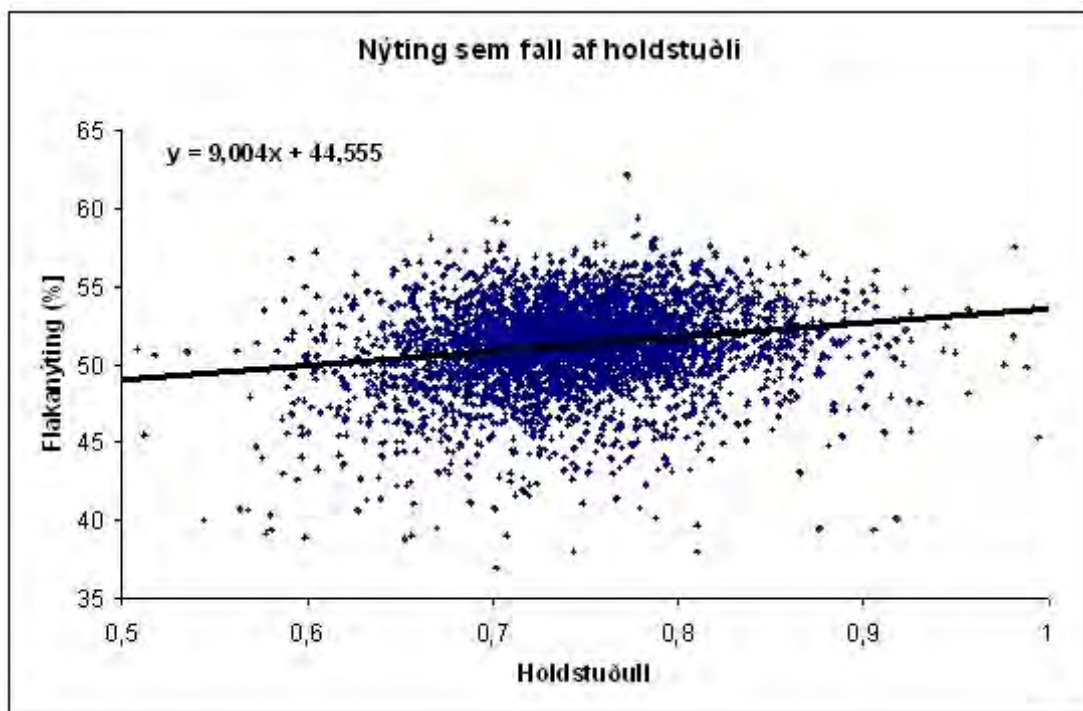
Mynd 4.12. Fjöldi losbletta á kg þorsks eftir svæðum fyrir fjórða tímabil september, október og desember frá árinu 2001 til og með 2005.

Ef myndir 4.9 til og með 4.12 eru bornar saman má sjá að töluverð breyting er á losi í þorski á milli tímabila. Þessar niðurstöður koma því heim og saman við aðrar rannsóknir sem hafa verið gerðar á losi í íslenskum þorski, þ.e. að það er töluverður breytileiki eftir árstíðum (Jónas Bjarnason 1998, Sveinn Margeirsson 2003).

4.5 Holdafar

Samkvæmt Sigurjóni Arasyni (2003) eykst afurðaverðmæti þorsks með betra holdafari, þar sem hlutfall dýrari afurða eykst með betra holdafari. Með auknum holdstuðli² eykst flakanýtingin (Brynjólfur Eyjólfsson o.fl. 2001). Samband holdstuðuls og flakanýtingar má sjá á mynd 4.13. Niðurstaða þeirra myndar er í þokkalegu samræmi við niðurstöður Brynjólfs og félaga. Flakanýtingin eykst um 0,9% við 0,1 aukningu á holdastuðli. Samkvæmt líkani Brynjólfs þá hækkar flakanýtingin um 1,34% fyrir hverja 0,1 aukningu á holdastuðli.

² Holdstuðull (C) er mælikvarði á holdafar fisks. $C = \frac{\text{þyngd}}{\text{lengd}^3}$



Mynd 4.13. Flakanyting þorsks sem fall af holdstuðli. Fyrir öll tímabil og öll veiðisvæði á árunum 2001 til og með 2005. $R^2 = 0,0372$.

Ákveðið var að nota holdafar ekki í bestunarlíkaninu, þar sem mælingar á flakanytingu voru fyrir hendi. Áhugavert gæti verið að bæta við próteinhlutfalli inn í bestunarlíkanið ef hægt væri að selja fisk með háu próteininnihaldi á herra verði. Einnig skiptir vatnsinnihald miklu máli, t.d. við söltun þorsks. Þar er eftir miklu að slægjast, því verkunarnýting á þorski er lægri eftir því sem vatnsinnihaldið er herra (Sigurjón Arason 2003). Þessir þættir voru þó ekki teknir í bestunarlíkanið en hafa ætti þá í huga við endurskoðun þess í framtíðinni.

Tafla 4.5. Holdafar þorsks eftir veiðisvæðum og tímabilum. Gildi með * er ekki þekkt, en er meðaltal nærliggjandi tímabila á sama svæði. Mælingar fyrir árin 2001 til og með 2005.

<i>Veiðisvæði</i>	<i>Tímabil 1</i>	<i>Tímabil 2</i>	<i>Tímabil 3</i>	<i>Tímabil 4</i>
1	0,7	0,8	0,8	0,8
2	0,8	0,8	0,8	0,8
3	0,8	0,7	0,7	0,8
4	0,7	0,8	0,8	0,8
5	0,8	0,7	0,7	0,7
6	0,8	0,7	0,7	0,7
7	0,8	0,8	0,7	0,8
8	0,7	0,7	0,7	0,9
9	0,8	0,8	0,8	0,7
10	0,8	0,8	0,8*	0,8
11	0,7	0,8	0,7	0,7
12	0,8	0,7	0,8	0,8
13	0,7	0,7	0,8	0,8

4.6 Afli

Til að halda bestunarlíkaninu línulegu var þörf á að skipta hverri fisktegund í fiskiflokka. Með því að skipta hverri fisktegund í fiskiflokka er hægt að taka tillit til mismunandi stærðar fisksins. Verðmæti fisks og afköst í fiskvinnslu eru háð stærð fisksins. Í þessu meistaraverkefni er þorski skipt í þrjá fiskiflokka undirmál, vinnslufisk og stóran fisk. Aðrar fisktegundir innihalda einungis einn fiskiflokk.

Afli og aflasamsetning fyrir Helga SH 135 voru fengin úr bókhaldsgögnum frá Guðmundi Runólfssyni og af vef Fiskistofu. Þar sem Helgi stundar veiðar á takmörkuðu veiðisvæði voru gögn um afla og aflasamsetningu fyrir önnur veiðisvæði ekki fyrir hendi. Gert var ráð fyrir að veiðin sé sú sama fyrir öll veiðisvæði og tímabil eins og sýnt er í töflu 4.6.

Tafla 4.6. Grunnaflasamsetning fyrir Helga SH í bestunarlíkani. Þorskur U er undirmál, Þorskur V er vinnslustærð og þorskur S er stór þorskur.

<i>Fiskiflokkur</i>	<i>Væntur afli (kg/dag.)</i>
Þorskur U	1.000
Þorskur V	3.500
Þorskur S	2.800
Ýsa	1.010
Ufsi	200
Karfi	1.000
Steinbítur	1.000
Þykkvalúra	100
Skarkoli	200
Keila	50

Fjarlægðarstuðlar voru útbúnir til að leiðrétta fyrir fjarlægð löndunarhafnar frá veiðisvæðum. Ákveðið var að skipta stuðlunum í þrjá flokka og var hverju svæði gefinn stuðull út frá sjónrænu mati. Í töflu 4.7 eru stuðlar sýndir fyrir Grundarfjarðarhöfn og Hornafjarðarhöfn.

Tafla 4.7. Fjarlægðastuðlar frá Grundarfirði og Höfn í Hornafirði á mismunandi veiðisvæði.

<i>Veiðisvæði</i>	<i>Grundarfj.</i>	<i>Hornarfj.</i>
1	2	1
2	2	1
3	2	1
4	2	1
5	2	1
6	2	1
7	1,5	1,5
8	1,5	1,5
9	1,5	1,5
10	1	2
11	1	2
12	1	2
13	1	2

Afli á dag fæst með því að deila grunnaflasamsetningunni (tafla 4.6) með fjarlægðastuðlinum (tafla 4.7). Ef fiskiskip fer á veiðar á svæði eitt frá Grundarfirði verður aflinn á sóknareiningu helmingur af grunnaflanum. Ef hann landar aflanum á Höfn í Hornafirði þá verður aflinn sá sami og grunnaflinn þar sem stuðullinn er einn fyrir Hornafjörð.

4.7 Rekstrarforsendur

Töluverður kostnaður er samfara því að gera út skip. Í þessari ritgerð er útgerðarkostnaðurinn flokkaður í fernt. Fyrst skal telja kostnað sem breytist með veiddu magni. Dæmi um slíkan kostnað er löndunarkostnaður, útflutnings- og sölukostnaður. Því næst er hlutfallslegur kostnaður sem breytist með aflaverðmæti, s.s. aflahlutir og hafnargjöld. Í þriðja lagi er það kostnaður sem er í hlutfalli við úthald (úthaldskostnaður), s.s. brennsluolía, smurolía, veiðarfæri, viðhald, póstur, sími, hreinlætis- og rekstarvörur. Að lokum er það fastur kostnaður, s.s. þróunarsjóður og váttryggingar. Nánari útlistun á gjöldum og tekjum fyrirtækisins má sjá á blaðsíðum 37-39.

Fyrir Helga SH nemur úthaldskostnaðurinn 226.147 kr/dag. Í bestunarlíkaninu er gert ráð fyrir að úthaldskostnaður geti verið breytilegur eftir veiðisvæðum og árstíma. Þar sem ekki var hægt að meta úthaldskostnaðinn fyrir hvert veiðisvæði og tímabil út frá fyrirliggjandi gögnum var ákveðið að láta úthaldskostnaðinn vera þann sama fyrir öll tímabil og veiðisvæði.

Kaup og aflahlutir fara eftir kjarasamningum. Skiptahluturinn er breytilegur eftir verði á olíu á heimsmarkaðsverði. Í bestunarlíkaninu er áætlað að fyrir bát eins og Helga nemi þessi kostnaður 33,7% af aflaverðmæti.

Þegar fiskur er seldur á markaði verður að borga sölu- og umboðslaun. Samkvæmt ársreikningi Guðmundar Runólfssonar nemur kostnaðurinn 4 kr/kg ef fiskur er seldur á innlendum markaði. Hins vegar er kostnaðurinn töluvert hærri þegar fiskurinn er seldur á erlendum markaði eða 40 kr/kg.

Nokkur samkeppni er á milli hafna og eru aflagjöld ekki allstaðar þau sömu. Sem dæmi má nefna að aflagjöld á Grundarfirði eru 1,28% af tekjum skips á meðan þau eru 1,60% á Hornafirði (Siglingastofnun 2006). Tekið var tillit til þessa munar við gerð bestunarlíkansins.

Tafla 4.8. Aflagjöld fyrir helstu hafnir á Íslandi í % af aflaverðmæti. (Siglingastofnun 2006)

<i>Höfn</i>	<i>Aflagjald</i>	<i>Höfn</i>	<i>Aflagjald</i>
Fjarðabyggð	1,28%	Ísafjörður	1,40%
Grindavík	1,28%	Bolungarvík	1,60%
Grundarfjörður	1,28%	Djúpivogur	1,60%
Hafnarfjörður	1,28%	Hornafjörður	1,60%
Hafnas. Eyjaf.	1,28%	Húsavík	1,60%
Reykjaneshöfn	1,28%	Skagafjörður	1,60%
Siglufjörður	1,28%	Skagatrönd	1,60%
Vestmannaeyjar	1,28%	Snæfellsbær	1,60%
Þorlákshöfn	1,28%	Tálknafjörður	1,60%
Faxaflóahafnir	1,30%	Vesturbyggð	1,60%

4.7.1 Kvótaforsendur.

Í töflu 4.9 má sjá mismunandi leiguverð á kvóta. Leiguverðið er mjög breytilegt á milli tegunda, frá 150 kr/kg fyrir þorsk niður í 15 kr/kg fyrir karfa (www.kvotathing.is, www.fmis.is 2006).

Ef óunninn fiskur er fluttur á markað erlendis er lagt útflutningsálag á fiskinn sem nemur 10% af kvótanum, þ.e. ef 1 kg af þorski er flutt á markað í Bretlandi þá dregst 1,1 kg af kvóta skipsins.

Í íslenska kvótakerfinu er leyfilegt að færa kvóta á milli tegunda upp að vissu marki. Í dálkinum *tilfærsla* í töflu 4.9 má sjá hámarks tilfærslu í viðkomandi tegund. Að auki má heildartilfærsla viðkomandi skips ekki vera hærri en 5% af úthlutuðum aflaheimildum (Alþingi 2006).

Tafla 4.9. Upplýsingar um kvótaforsendur. Fyrsti dálkurinn er fisktegund. Leiguverð er kostnaður við leigu á 1 kg af kvóta í viðkomandi tegund. Útflutningsálag er kvótaálag vegna útflutnings á óunnum sjávarafli. Þorskígildisstuðlar eru verðmætastuðlar fyrir viðkomandi tegund. Tilfærsludálkurinn er hámark þess sem má flytja í viðkomandi tegund, hlutfallið miðast við úthlutaðan kvóta. Undirmál sýnir hve mikil afláttur er á kvóta fyrir undirmálsfisk. Kvóta dálkurinn er sá kvóti sem skipið á í hverri tegund.

Tegund	Leiguverð	Útflutnings Þorskígildis-				
		-álag	stuðlar	Tilfærsla	Undirmál	Kvóti [kg]
Þorskur	150 kr/kg	10%	1,00	0,0%	50%	474.849
Ýsa	44 kr/kg	10%	0,75	2,0%	50%	451.333
Ufsi	15 kr/kg	10%	0,37	2,0%	50%	513.900
Karfi	20 kr/kg	10%	0,54	2,0%	50%	363.363
Steinbítur	50 kr/kg	10%	0,68	2,0%	50%	19.489
Þykkvalúra	122 kr/kg	10%	1,55	5,0%	50%	15.676
Skarkoli	115 kr/kg	10%	1,29	5,0%	50%	34.311
Keila	26 kr/kg	10%	0,35	5,0%	50%	635

4.7.2 Aflaverðmæti

Í töflu 4.10 má sjá þau verð sem bátarnir fá fyrir aflann. Ekki er um skilaverð að ræða heldur á eftir að draga sölu- og markaðskostnað frá þeim fiski sem fer á markað. Öll verð eru fengin úr bókhaldsgögnum frá Guðmundi Runólfssyni. Þar sem ekki reyndist unnt að meta árstíðarbundinn mun á hráefnisverði út frá gögnunum var ákveðið að láta sama hráefnisverð gilda fyrir öll tímabilin. Niðurstaða Ellerts Bergs Guðjónssonar (2006) styður þessa ákvörðun. Ellert fann ekki marktækan árstíðarbundinn mun á fiskverði á helstu markaðssvæðum Íslendinga.

Tafla 4.10. Hráefnisverð á mismunandi fisktegundum. Öll verð í kr/kg.

Tegund	Eigin vinnsla	Innanlands markaður				Erlendur markaður			
	Öll tímabil	T 1	T 2	T 3	T 4	T 1	T 2	T 3	T 4
Þorskur U	80	90	90	90	90	200	200	200	200
Þorskur V	120	167	167	167	167	250	250	250	250
Þorskur S	150	200	200	200	200	290	290	290	290
Ýsa	80	150	150	150	150	190	190	190	190
Ufsi	50	62	62	62	62	80	80	80	80
Karfi	65	95	95	95	95	100	100	100	100
Steinbítur	80	125	125	125	125	170	170	170	170
Þykkvalúra	187	260	260	260	260	330	330	330	330
Skarkoli	146	162	162	162	162	200	200	200	200
Keila	60	67	67	67	67	100	100	100	100

4.7.3 Rekstur frystihúss

Kostnaður við rekstur fiskvinnslu samanstendur af hráefniskostnaði, launakostnaði, öðrum breytilegum kostnaði og föstum kostnaði. Samkvæmt ársreikningi Guðmundar Runólfssonar er breytilegur kostnaður við fiskvinnslu 15 kr/kg fyrir utan hráefni og laun. Hráefnið er keypt af eigin skipum á sama verði og gefið er upp í töflu 4.10. Hægt er að vinna í fiskvinnslunni bæði í dagvinnu og yfirvinnu. Meðaltalskostnaður við hvern unninn tíma í dagvinnu er 1500 kr/klst en 2000 kr/klst fyrir hvern unninn tíma í yfirvinnu. Fastur kostnaður er 15.000.000 kr á ári.

Flutningskostnaður á hvert kg af fiski frá Höfn í Hornafirði til Grundarfjarðar er 13 kr/kg. (Ásgeir Ragnarsson 2006)

Í bestunarlíkaninu er ekki gert ráð fyrir mismunandi afurðaverði eftir afurðaflokkum fyrir aðrar fisktegundir en þorsk. Aðrar tegundir en þorskur, ýsa og karfi hafa ekki verið unnar í frystihúsi Guðmundar Runólfssonar og var því ekki hægt að lesa afurðarverð þessara tegunda út úr gögnum. Í líkaninu er gert ráð fyrir að afurðarverð fyrir ýsu sé 320 kr/kg, ufsa 210 kr/kg, karfa 400 kr/kg, steinbít 480 kr/kg (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Ekki er gert ráð fyrir þeim möguleika að vinna þykkvalúru, skarkola eða keilu.

Tafla 4.11. Skilaverð fyrir mismunandi afurðir af þorski kr/kg.

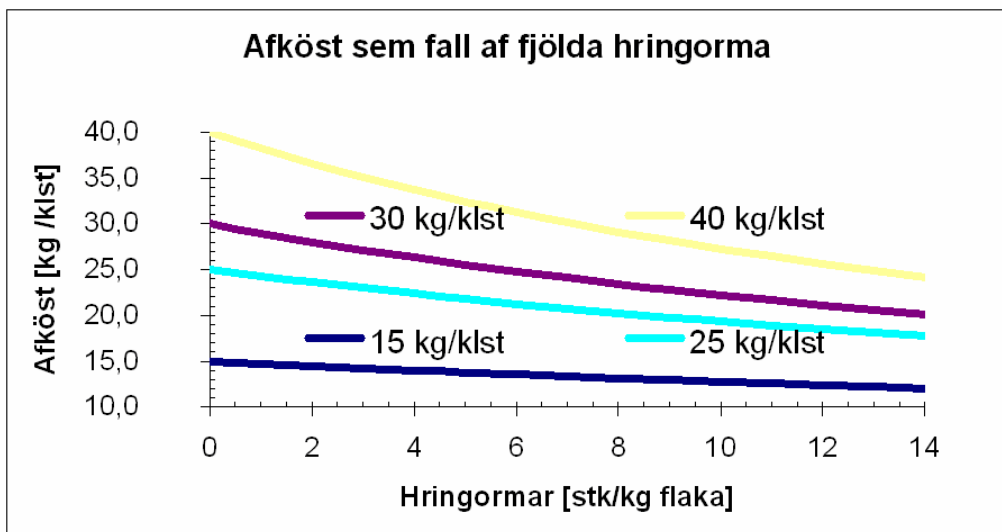
Afurð	Þorskur U	Þorskur V	Þorskur S
Afurð 1	495	495	495
Afurð 2	450	450	450
Afurð 3	420	420	420
Afurð 4	400	400	400
Afurð 5	380	380	380

4.7.4 Afköst fiskvinnslu

Afköst í fiskvinnslu eru mjög mismunandi á milli fisktegunda. Sem dæmi má nefna að afköst í ufsavinnslu er á milli 60-70 kg af afurðum á manntíma á meðan afköst í ýsuvinnslu eru í kringum 25 kg/manntíma. Í töflu 4.12 er hægt að sjá afköst í fiskvinnslu hjá Guðmundi Runólfssyni fyrir fisk án hringorma. Áhrif hringorma á afköst í þorskvinnslu má fá með jöfnu 4.1. Útleiðslu á jöfnunni má sjá í viðauka 1.

$$A_{\text{ormar}} = \frac{A_E}{\left(1 + \frac{A_E \cdot t_{\text{ormar}} \cdot F}{3600}\right)} \quad (4.1)$$

Jafna 4.1. Afköst í fiskvinnslu [kg afurða/manntíma] að teknu tilliti til fjölda orma í hráefni. A_{ormur} er afköst fyrir hráefni með ormi í. A_E er afköst miðað við hringormalaust hráefni. F er fjöldi orma í kg hráefnis. t_{ormar} er sá tími sem það tekur starfsmann að fjarlægja einn orm úr fiskholdinu [sek], 3600 er fjöldi sekúndna í klukkustund.



Mynd 4.14. Samband afkasta í fiskvinnslu og fjölda hringorma í flökum. Hver lína á grafinu er afköst miðað við ormalaust hráefni fyrir mismunandi afköst.

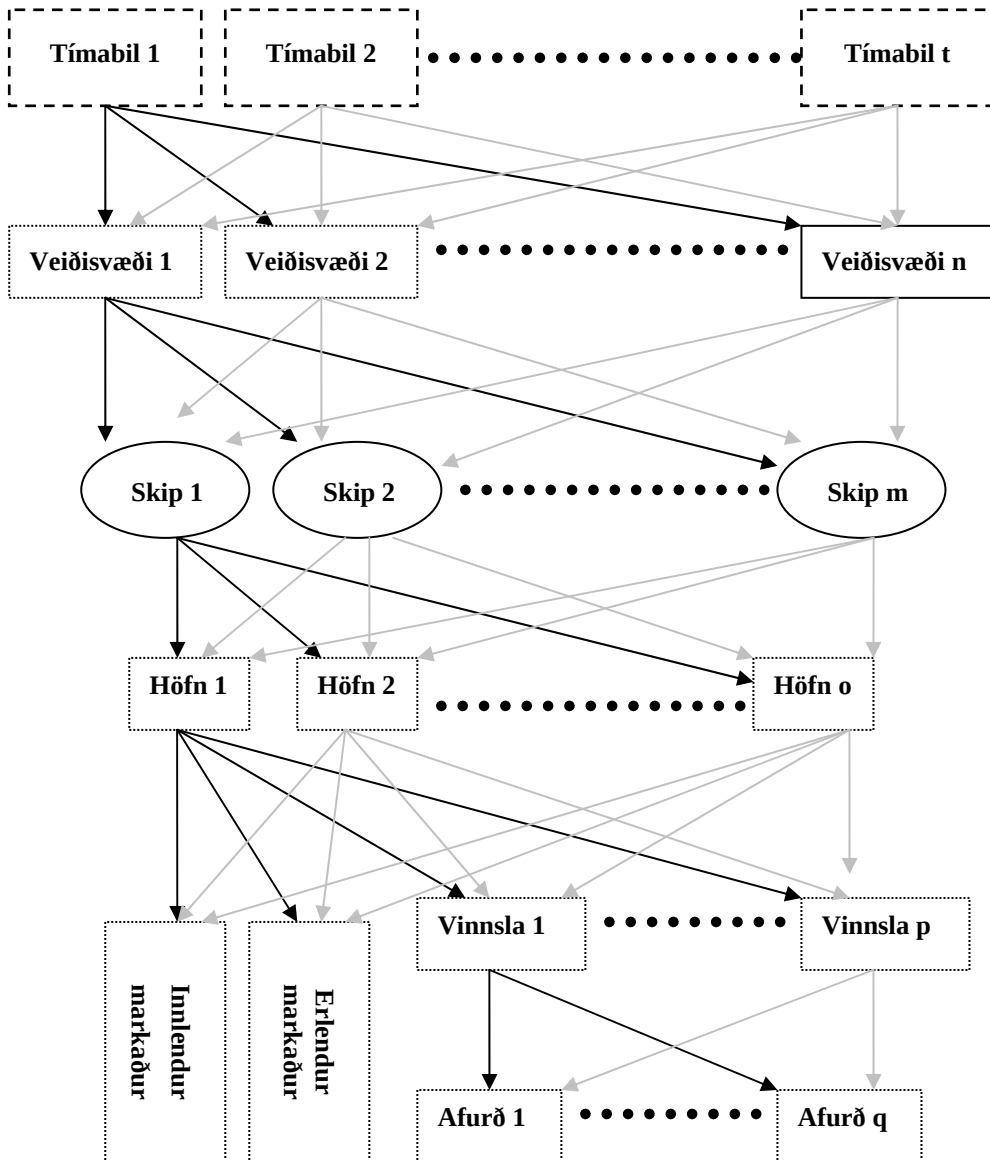
Samkvæmt mælingum er $t_{\text{ormar}} = 4,2$ sek. (Bragi Bergsveinsson, Björn Haukur Pálsson 2006).

Tafla 4.12. Afköst [kg afurða/manntíma] í fiskvinnslu miðað við ormalaust hráefni (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006).

Afurð afl.	Þorskur U	Þorskur V	Þorskur S	Ýsa	Ufsi	Karfi	Steinbítur
1	21,5	27,4	53,4	25	65	33	25
2	22,6	28,8	56,1	25	65	33	25
3	23,7	30,2	58,9	25	65	33	25
4	24,9	31,7	61,8	25	65	33	25
5	26,1	34,3	66,8	25	65	33	25

5 Bestunarlíkan

Einfalt er að setja virðiskeðju sjávarútvegsfyrirtækis fram sem netlíkan. Á mynd 5.1 má sjá netlíkan fyrir dæmigert íslenskt sjávarútvegsfyrirtæki sem gerir út ferskfisksbáta og rekur fiskvinnslur.



Mynd 5.1. Netlíkan fyrir virðiskeðju íslensk sjávarútvegsfyrirtækis með útgerð og fiskvinnslu.

Það sem skilur þessa framsetningu frá hefðbundinni framsetningu (Hjördís Sigursteinsdóttir 2002) er að bætt er inn nýjum hlekkjum sem mætti kalla árstíðir og veiðisvæði. Ástæðan fyrir þessari framsetningu er sú að eiginleikar fisks breytast eftir árstíma, veiðisvæðum, meðhöndlun og flutningum (Þórður Bogason 1995, Valdimar Ingi Gunnarsson 2001, Sigurjón Arason 2003).

Bestunarlíkanið sem er notað er fjölvarnings flæðis líkan³. Eiginleikar fisksins breytast eftir því hvaða leið hann fer í gegnum netlíkanið. Fleiri en einn fiskiflokkur flæðir í gegnum netlíkanið á sama tíma. Halda verður til haga hvernig eiginleikar fisksins breytast, þegar hann flæðir í gegnum netlíkanið. Þetta er gert með því að gefa hverjum hnútpunkti í netlíkaninu ákveðinn vísí (e. *index*). Tímabil fá vísinn t , veiðisvæðin fá v , skipin fá vísinn s , hafnirnar fá vísinn h , fiskmarkaðir og fiskvinnslur fá vísinn r og afurðirnar sem fiskvinnslan framleiða fá vísinn a . Fiskiflokkarnir fá vísinn f . Það að eiginleiki fisksins breytist og fleiri en ein tegund flæða í gegnum netlíkanið á sama tíma gerir vandamálið að fjölvarnings flæðis verkefni (Ronald L. Rardin 1997). Eina þekkta lausn fyrir þessa gerð verkefna er línuleg bestun (wikipedia.com 2006).

5.1 Markfall

Við lausn á bestunarvandamáli ræður framsetning þess hvernig lausnarrými kemur til með að vera. Í þessari ritgerð verður reynt að hámarka hagnað sjávarútvegsfyrirtækis. Hagnaður sjávarútvegsfyrirtækis er tekjur útgerðar og fiskvinnslu að frádregnum gjöldum útgerðar og fiskvinnslu. Hér að neðan er nánari útlitun á tekjum og gjöldum sjávarútvegsfyrirtækja.

5.1.1 Tekjur sjávarútvegsfyrirtækja

Tekjum sjávarútvegsfyrirtækis má skipta í tvennt. Annars vegar eru það tekjur sem útgerðin aflar og hins vegar eru það þær tekjur sem fiskvinnslan aflar. Tekjur útgerðarinnar koma til vegna selds afla og leigðs kvóta. Hægt er að selja fisk af skipum fyrirtækisins á þrjá mismunandi staði: Innlendan markað, erlendan markað eða í eigin fiskvinnslu. Í bestunarlíkaninu er hægt að taka tillit til breytilegs fiskverðs eftir fiskiflokkum og eftir mismunandi árstímum. Ástæðan fyrir sundurgreiningu á innlendum og erlendum fiskmarkaði er sú að útflutningsálag er lagt á fisk, sem er sendur óunninn á erlendan fiskmarkað. Töluverður munur er á kostnaði við að senda fisk á erlendan fiskmarkað miðað við innlendan fiskmarkað. Íslenska kvótakerfið leyfir frjálst framsal á úthlutaðum aflaheimildum (Alþingi 2006). Sjávarútvegsfyrirtækið getur því leigt frá sér úthlutaðar aflaheimildir.

³ Fjölvarnings flæðis verkefnið er netkerfi með mörgum vörum sem flæða í gegnum netkerfið á sama tíma. Enskt hugtak er multi-commodity flow problem.

Tekjur fiskvinnslunnar koma til vegna sölu á framleiddum afurðum. Magn afurða er jafnt margfeldi þess hráefnis sem fiskvinnslan kaupir og afurðanýtingar.

Tafla 5.1. Skipting tekna hjá íslensku sjávarútvegsfyrirtæki

<i>Tekjur sjávarútvegsfyrirtækis</i>	
<i>Útgerð</i>	<i>Fiskvinnsla</i>
• Seldur afli - o Innlendur fiskmarkaður - o Erlendur fiskmarkaður - o Eigin fiskvinnsla • Kvótaleiga	• Afurðasala

5.1.2 Gjöld sjávarútvegsfyrirtækisins

Líkt og fyrir tekjurnar skiptast gjöld á milli útgerðar og vinnslu. Í töflu 5.2 má sjá yfirlit yfir helstu kostnaðarliði sjávarútvegsfyrirtækis.

Tafla 5.2. Kostnaður við rekstur útgerðar og fiskvinnslu (Ársreikningur Guðmundar Runólfssonar 2003).

<i>Kostnaðarliðir sjávarútvegsfyrirtækis</i>	
<i>Útgerð</i>	<i>Fiskvinnsla</i>
• Breytilegur kostnaður - o Brennsluolía - o Smurolía - o Veiðarfæri - o Viðhald - o Hreinlætisvörur - o Rekstrarvörur - o Póstur og sími - o O.fl. • Laun og launatengd gjöld • Aflaggjöld • Löndunarkostnaður • Sölu- og markaðsgjöld • Kvótaleiga • Umsýslugjöld vegna kvótaleigu • Fastur kostnaður - o Tryggingar - o Þróunarsjóður - o Stjórnunarkostnaður - o O.fl.	• Vinnulaun • Yfirvinnulaun • Hráefniskaup • Flutningskostnaður • Breytilegur kostnaður - o Umbúðir - o Rafmagn - o Hreinlætisvörur - o Póstur og sími - o Vatnsskattur - o Ammoníak - o Ýmislegt annað. • Fastur kostnaður - o Tryggingar - o Stjórnunarkostnaður - o O.fl.

Hægt er að skipta gjöldum útgerðar í nokkrar tegundir. Fyrst má nefna gjöld sem breytast eftir sókn. Dæmi um slík gjöld eru brennsluolía, veiðarfæri, viðhald, hreinlætis- og rekstrarvörur, póstur, sími o.fl. Önnur tegund af gjöldum eru gjöld sem breytast eftir aflaverðmætum. Dæmi um slík gjöld eru laun og aflagjöld. Í þriðja lagi má nefna kostnað sem breytist eftir lönduðu magni. Dæmi um slíkan kostnað eru löndunarkostnaður, sölu- og markaðskostnaður. Fjórtða tegundin er kostnaður vegna kvótaleigu. Þegar kvóti er leigður til skipsins þarf að greiða fyrir kvótann. Ef kvóti er leigður frá skipinu þarf að greiða kvótamiðlara umsýsluþóknun. Fimmta tegundin er fastur kostnaður. Dæmi um slíkan kostnað eru tryggingar, kostnaður við yfirstjórn og þróunarsjóður sjávarútvegsins.

Gjöld fiskvinnslunnar felast í meginatriðum í launum, hráefniskostnaði, flutningskostnaði, breytilegum kostnaði og föstum kostnaði. Í bestunarlíkaninu er gerður greinarmunur á dagvinnu- og yfirvinnulaunum. Kaupa þarf hráefni til fiskvinnslunnar. Ef aflanum er landað í fjarlægri höfn þarf að flytja fiskinn í fiskvinnsluna og fiskvinnslan þarf að greiða fyrir flutninginn. Breytilegur kostnaður er annar kostnaður sem fellur til við fiskvinnsluna, s.s. umbúðir, rafmagn, hreinlætisvörur o.fl. Fastur kostnaður fiskvinnslunnar saman stendur m.a. af tryggingum og stjórnunarkostnaði.

5.2 Ákvörðunarbreytur

Helstu ákvörðunarbreyturnar fyrir fiskvinnsluna eru þrjár. Tvær ákvörðunarbreytur eru notaðar til að ákvarða fjölda unninna stunda í fiskvinnslunni. Gerður er greinarmunur á hvort unnið er í dagvinnu eða yfirvinnu, þar sem kostnaður við yfirvinnu er meiri. Þriðja ákvörðunarbreytan, sem er notuð í fiskvinnslunni, er framleitt magn afurða. Afurðirnar eru sundurgreindar eftir fiskiflokkum og afurðaflokkum.

Margar mismunandi ákvarðanabreytur eru notaðar til að stýra veiðiskipum. Í bestunarlíkaninu er skipum stjórnað eftir fjölda daga sem skip er að veiðum á hverju veiðisvæði fyrir hvert tímabil og eftir því í hvaða höfn skipið landar aflanum. Þegar aflinn er kominn að landi eru nýjar ákvarðanabreytur notaðar til að dreifa aflanum á fiskmarkað eða í fiskvinnslu. Ákvörðunarbreytur eru notaðar til þess að leigja kvóta til og frá fyrirtækinu og í tegundatilfærslur.

5.3 Skorður

Skorður í bestunarlíkönum eru notaðar til þess að afmarka lausnarrýmið. Lausn sem er fyrir utan lausnarrýmið er óleyfileg lausn. Óleyfilegar lausnir eru annað hvort ekki til eða brot á lögum og reglum sem þarf að framfylgja.

Kvóta eru settar stífar skorður. Kvótaskorðunum er skipt niður á einstaka fiskiflokka. Fyrir hvern fiskiflokk er jafnvægi í kvótanum, þ.e. kvóti inn í hvern fiskiflokk er jafn og kvóti úr hverjum fiskiflokk. Kvóti sem kemur inn í hvern fiskiflokk getur komið frá þremur stöðum. Í fyrsta lagi er það sá kvóti sem fyrirtækinu er úthlutað. Í öðru lagi er það kvóti sem er leigður til fyrirtækisins og í þriðja lagi er það kvóti sem er fluttur í viðkomandi fiskiflokk úr öðrum fiskiflokkum. Kvótinn getur farið úr hverjum fiskiflokki á þrjá vegu. Í fyrsta lagi með kvótanotkun vegna fisksins sem er veiddur, í öðru lagi ef kvóti er leigður frá fyrirtækinu og í þriðja lagi ef kvóti er fluttur úr viðkomandi fiskiflokki með tegundatilfærslu.

Tegundatilfærsla í þorskígildum í tiltekna fisktegund er jöfn og þorskígildin sem eru flutt úr öðrum tegundum. Samkvæmt reglugerð er sett hámark á tilfærslu í einstaka tegundir og einnig er hámarkstilfærslur fyrir einstaka útgerð 5% af úthlutuðum þorskígildum (kvotathing.is 2006).

Miklu skiptir fyrir sjávarútvegsfyrirtæki að samfella sé í rekstri þeirra. Til þess að fá út raunhæfan rekstur eru skorður sem skylda veiðiskipin til að vera að lágmarki ákveðið marga daga á sjó. Til þess að tryggja að bestunarlíkanið leigi

ekki allan kvótann af skipunum er notuð skorða sem tryggir að skipin veiði að lágmarki vissst hlutfall af úthlutuðum kvóta.

Síðustu skorðurnar í líkaninu snúast um jafnvægi í flæði um hnútpunkta. Bestunarlíkanið er sett upp sem netlíkan og eru skorður notaðar til að sjá um að flæði um hnútpunkta netkerfisins sé í jafnvægi. Veitt magn af hverju skipi er fjöldi daga á veiðum margfaldaður með væntum afla. Magn afurða, sem er framleitt í fiskvinnslunni, er jafnt og margfeldi nýtingar og þess hráefnis sem unnið er úr. Unnar stundir í fiskvinnslunni eru jafnar og magn afurða deilt með afköstum.

6 Stærðfræðileg framsetning á bestunarlíkani

Í þessum kafla er bestunarlíkanið sett fram á stærðfræðilegan hátt. Í kafla 6.1 eru vísar líkansins skilgreindir, notaðir eru átta mismunandi vísar. Í kafla 6.2 eru ákvörðunarbreytur líkansins skilgreindar, tólf ákvörðunarbreytur eru notaðar. Kafla 6.3 fjallar um skilgreiningu stika líkansins, 34 stikar eru notaðir í líkaninu. Í kafla 6.4 er markfall líkansins sýnt og í kafla 6.5 eru skorður líkansins settar fram.

6.1 Vísar

Tafla 6.1. Vísar líkansins

Vísar	Skilgreining
<i>v</i>	Veiðisvæði umhverfis Ísland – Hafinu er skipt í 13 svæði eins og sjá má á mynd 3.2.
<i>s</i>	Veiðiskip - Í þessu verkefni er einungis gert ráð fyrir einu skipi.
<i>h</i>	Löndunarhöfn – Val er á milli þess að landa á Grundarfirði eða Hornafirði.
<i>r</i>	Dreifing á afla frá hverri höfn – Annað hvort er fiskurinn seldur á innlendum markaði, erlendum markaði eða í eigin fiskvinnslu.
<i>a</i>	Afurðaflokkur – Fyrir hvern fiskiflokk er val um 5 mismunandi afurðaflokka
<i>t</i>	Tímabil – árinu er skipt upp í fjögur tímabil eins og sjá má í töflu 4.1.
<i>f</i>	Fiskiflokkur – Hægt er að hafa marga flokka fyrir hverja fisktegund. Þorski er skipt í þrjá flokka en aðrar tegundir innihalda einn fiskiflokk.
<i>g</i>	Fisktegundir sem eru í kvóta.

6.2 Ákvörðunarbreytur

Tafla 6.2. Ákvörðunarbreytur líkansins

Breytur	Skilgreining
Y_{vshtf}	Magn af fiski úr fiskiflokki f veiddum af skipi s á veiðisvæði v á tímabili t og landað í höfn h [kg].
Z_{vshrtf}	Magn af fiski úr fiskiflokki f veiddum af skipi s á veiðisvæði v á tímabili t , landað í höfn h og sendur í dreifingu r [kg].
$Q_{vshratf}$	Magn af fiski úr fiskiflokki f veiddum af skipi s á veiðisvæði v á tímabili t , landað í höfn h , sendur í dreifingu r og fer í framleiðslu afurðar a [kg].
U_{af}	Magn af afurð a framleiddum úr fiskiflokki f [kg].
$Tinn_f$	Magn af kvóta flutt til fyrirtækis af fiskiflokki f [kg].
Tut_f	Magn af kvóta flutt frá fyrirtæki af fiskiflokki f [kg].
$Winn_f$	Magn af kvóta leigt til fyrirtækis af fiskiflokki f [kg].
Wut_f	Magn af kvóta leigt frá fyrirtæki af fiskiflokki f [kg].
$Dagar_{vsth}$	Dagar notaðir af skipi s til veiða á svæði v á tímabili t . Aflaum er landað í höfn h [dagar].
$DagV_{rt}$	Fjöldi klukkustunda notaðar í fiskvinnslu r á tímabili t [klst].
$YfirV_{rt}$	Fjöldi klukkustunda í yfirvinnu notaðar í fiskvinnslu r á tímabili t [klst].
K_f	Gervibreyta notuð við kvótaútreikninga.

6.3 Stikar

Tafla 6.3. Stikar líkansins

Stikar	Skilgreining
E_{vshft}	Væntur afli úr fiskiflokki f á veiðisvæði v fyrir skip s sem landar í höfn h á tímabili t [kg/dagar].
$Dmax_{st}$	Hámarks fjöldi daga skips s á veiðum á tímabili t [dagar].
$Dmin_{st}$	Lágmarks fjöldi daga skips s á veiðum á tímabili t [dagar].
DV_{rt}	Hámarks fjöldi daga til umráða í fiskvinnslu r á tímabili t [dagar].
KV_f	Úthlutaður kvóti af fiskiflokki f [kg].
$KVinn_f$	Hámark leigt til fyrirtækis af kvóta af fiskiflokki f [kg].
$KVut_f$	Hámark leigt frá fyrirtæki af kvóta af fiskiflokki f [kg].
$FiskV_{frt}$	Hráefnisverð fyrir fiskiflokk f á stað r fyrir tímabil t [kr/kg].
$LeiguV_f$	Leiguverð á kvóta fyrir fiskiflokk f [kr/kg].
UTA_f	Útflutningsálag á kvóta af fiskiflokki f [%].
$Hlutfall$	Lágmarks hlutfall veitt af úthlutuðum kvóta [%].
BK_{vshft}	Breytilegur kostnaður við veiðar á veiðisvæði v fyrir skip s landað í höfn h á tímabili t [kr/dag].
HK_s	Hlutfallslegur kostnaður skips s [%].
FK_s	Fastur kostnaður fyrir skip s [kr].
LK_h	Kostnaður við löndun í höfn h [kr/kg].
LHK_h	Hlutfallslegur kostnaður við löndun í höfn h [%].
MK_r	Sölu-kostnaður á dreifingarstað r [kr/kg].
THS_f	Þorsgildisstuðlar fyrir fiskiflokk f .
THB_f	Hámarks tilfærsla í fiskiflokk f [%].
$THmax$	Hámarks tilfærsla hjá fyrirtæki [%].
SK	Þóknun þegar kvóti er leigður frá fyrirtæki [%].
FLK_{hr}	Flutningskostnaður frá höfn h til dreifistaðar r [kr/kg].
SS_{af}	Lágmarks framleiðsla af afurð a af fiskiflokki f [kg].
BKV_{laun}	Meðaltals kostnaður vegna unninna stunda í fiskvinnslu [kr/klst].
BKV_{yfir}	Meðaltals kostnaður vegna yfirvinnustunda í fiskvinnslu [kr/klst].
$Menn$	Fjöldi starfsmanna í fiskvinnslu
VDV_{rt}	Fjöldi daga í fiskvinnslu r á tímabili t [dagar].
Vtd	Fjöldi tíma á dag í dagvinnu [klst].
Vty	Hámarks fjöldi tíma sem eru unnir daglega í yfirvinnu [klst].
BKV_{af}	Breytilegur kostnaður við framleiðslu á afurð a af fiskiflokki f [kr/kg].
FKV_r	Fastur kostnaður fiskvinnslu r [kr].
AV_{af}	Skilaverð á afurð a af fiskiflokki f [kr(kg)].
$\eta_{vshratf}$	Nýting á afurð a fyrir fiskiflokk f , veiddum á veiðisvæði v af skipi s , landað í höfn h og unnum í fiskvinnslu r á tímabili t [%].
AFK_{vartf}	Afkastageta fyrir afurð a af fiskiflokki f í fiskvinnslu r veiddum á veiðisvæði v á tímabili t [kg/klst].

6.4 Markfall

Hámarka á hagnað. Hagnaður er tekjur útgerðar og fiskvinnslu að frádregnum gjöldum útgerðar og fiskvinnslu. Tekjur útgerðar má sjá með jöfnu 6.1

$$\sum_s \sum_v \sum_h \sum_r \sum_t \sum_f FiskV_{f_{rt}} Z_{vshrtf} + \sum_f Wut_f LeiguV_f \quad (6.1)$$

Tekjur fiskvinnslunnar koma til vegna afurðasölu (jafna 6.2).

$$\sum_a \sum_f U_{af} AV_{af} \quad (6.2)$$

Gjöld útgerðarinnar má sjá í jöfnu 6.3.

$$\begin{aligned} & \sum_v \sum_s \sum_t \sum_h BK_{vsth} Dagar_{vsth} + \sum_v \sum_s \sum_h \sum_r \sum_t \sum_f HK_s FiskV_{f_{rt}} Z_{vshrtf} + \sum_s FK_s \\ & + \sum_v \sum_s \sum_h \sum_r \sum_t \sum_f MK_r Z_{vshrtf} + \sum_v \sum_s \sum_h \sum_r \sum_t \sum_f LHK_h FiskV_{f_{rt}} Z_{vshrtf} \\ & + SK \sum_f Wut_f LeiguV_f + \sum_f Winn_f LeiguV_f + \sum_v \sum_s \sum_h \sum_r \sum_t \sum_f LK_h Z_{vshrtf} \end{aligned} \quad (6.3)$$

Gjöld fiskvinnslunnar eru sýnd í jöfnu 6.4.

$$\begin{aligned} & \sum_a \sum_f BKV_{af} U_{af} + \sum_v \sum_s \sum_h \sum_{r \in N} \sum_t \sum_f FiskV_{f_{rt}} Z_{vshrtf} \\ & + \sum_v \sum_s \sum_h \sum_{r \in N} \sum_t \sum_f FLK_{hr} Z_{vshrtf} + \sum_{r \in N} \sum_t DagV_{rt} BKV_{laun} \cdot Menn \\ & + \sum_{r \in N} \sum_t YfirV_{rt} BKV_{yfir} \cdot Menn + \sum_{r \in N} FKV_r \end{aligned} \quad (6.4)$$

þar sem N mengi af fiskvinnslum í eigu fyrirtækisins.

6.5 Skorður

Skorða er sett á kvótanotkun. Skorðan er þannig að allur kvóti sem kemur inn til fyrirtækisins er jafn og sá kvóti sem fer út frá því eins og sjá má í jöfnu 6.5.

$$\begin{aligned} & Undir_f \sum_v \sum_s \sum_h \sum_r \sum_t Z_{vshrtf} + Wut_f + Tut_f + \sum_v \sum_s \sum_t \sum_{r=Ex} \sum_t UTA_f Z_{vshrtf} \\ & = K_f + Winn_f + Tinn_f \quad \text{fyrir öll } f \end{aligned} \quad (6.5)$$

Þar sem f er fiskiflokkur en ekki fisktegund þá þarf að reikna saman kvótanotkun fyrir alla flokka sem tilheyra sömu tegund (jafna 6.6).

$$\sum_{f \in g} K_f = KV_g \quad \text{fyrir öll } g. \quad (6.6)$$

Tvær skorður eru notaðar til þess að hægt sé að takmarka kvótaleigu í einstökum fiskiflokkum, ef stjórnandi sjávarútvegsfyrirtækis óskar þess. Þær má sjá í jöfnum 6.7 og 6.8.

$$Wut_f \leq KVut_f \text{ fyrir öll } f \quad (6.7)$$

$$Winn_f \leq KVinn_f \text{ fyrir öll } f \quad (6.8)$$

Þrjú sett af skorðum eru notuð til þess að stýra tegundatilfærslum. Jafna 6.9 tryggir að tilfærslur til fyrirtækisins séu jafnar í þorskígildum og tilfærslur frá fyrirtækinu í þorskígildum.

$$\sum_f THS_f \cdot Tinn_f = \sum_f THS_f \cdot Tut_f \quad (6.9)$$

Takmörk eru sett fyrir tilfærslum í einstaka fisktegundir og skorða 6.10 tryggir að lög verða ekki brotin.

$$Tinn_f \leq THB \cdot \sum_f THS_f \cdot KV_f \text{ fyrir öll } f. \quad (6.10)$$

Hvert fyrirtæki má færa að hámarki 5% af þorskígildum á milli tegunda eins og sýnt er með jöfnu 6.11.

$$\sum_f THS_f \cdot Tinn_f \leq THmax \cdot \sum_f THS_f \cdot KV_f \quad (6.11)$$

Fiskveiði er háð þeim takmörkunum að aflinn er jafn og væntur afli á dag margfaldaður með fjölda daga á veiðum. Þetta samband er sýnt í jöfnu 6.12

$$Y_{vsthf} = Dagar_{vsthf} E_{vsthf} \text{ fyrir öll } v, s, t, h \text{ og } f \quad (6.12)$$

Tvær jafnvægis skorður eru notaðar til þess að tryggja að dreifing á hráefninu í gegnum netlíkanið. Jafna 6.13 tryggir að öllu veiddum fiski sé dreift í sölu.

$$Y_{vshf} = \sum_r Z_{vshrf} \text{ fyrir öll } v, s, h, t \text{ og } f \quad (6.13)$$

Jafna 6.14 tryggir að það hráefni sem fer í fiskvinnslu fari í tiltekinn afurðaflokk.

$$Z_{vshrf} = \sum_a Q_{vshratf} \text{ fyrir öll } v, s, h, r, t \text{ og } f \quad (6.14)$$

Afurðir framleiddar í fiskvinnslunni eru

$$U_{af} = \sum_v \sum_s \sum_h \sum_{r \in N} \sum_t \eta_{vshratf} Q_{vshratf} \text{ fyrir öll } a \text{ og } f. \quad (6.15)$$

Ef gerðir hafa verið sölusamningar um ákveðnar afurðir þá er stýriskorða sett til þess að tryggja lágmarksframleiðslu af tiltekinni vöru

$$U_{af} \geq SS_{af} \text{ fyrir öll } a \text{ og } f \quad (6.16)$$

Úthaldi á skipum er sett takmörk með tveim skorðum. Skorða 6.17 setur þak á fjölda daga sem hvert skip getur verið á sjó og 6.18 setur gólf á hve fáa daga skipið verður að vera hið minnsta úti á sjó.

$$\sum_v \sum_h Dagar_{vsth} \leq Dmax_{st} \text{ fyrir öll } s \text{ og } t \quad (6.17)$$

$$\sum_v \sum_h Dagar_{vsth} \geq Dmin_{st} \text{ fyrir öll } s \text{ og } t \quad (6.18)$$

Afköstum eru sett takmörk í fiskvinnslu. Með jöfnu 6.19 er tryggt að unnir tímar séu í samræmi við unnið magn og afköst.

$$\sum_v \sum_s \sum_h \sum_{r \in N} \sum_a \sum_f \frac{\eta_{vshratf} Q_{vshratf}}{AFK_{vshratf}} \leq DagV_t \cdot Menn + YfirV_t \cdot Menn \quad (6.19)$$

fyrir öll t .

Fjöldi unninna stunda í dagvinnu og yfirvinnu eru sett takmörk (jöfnur 6.20 og 6.21).

$$DagV_t \leq DV_t \cdot Vtd \text{ fyrir öll } t. \quad (6.20)$$

$$YfirV_t \leq DV_t \cdot Vty \text{ fyrir öll } t: \quad (6.21)$$

Til þess að tryggja að allur kvóti fyrirtækisins sé ekki leigður frá því, er sett skylda um lágmarksveiði

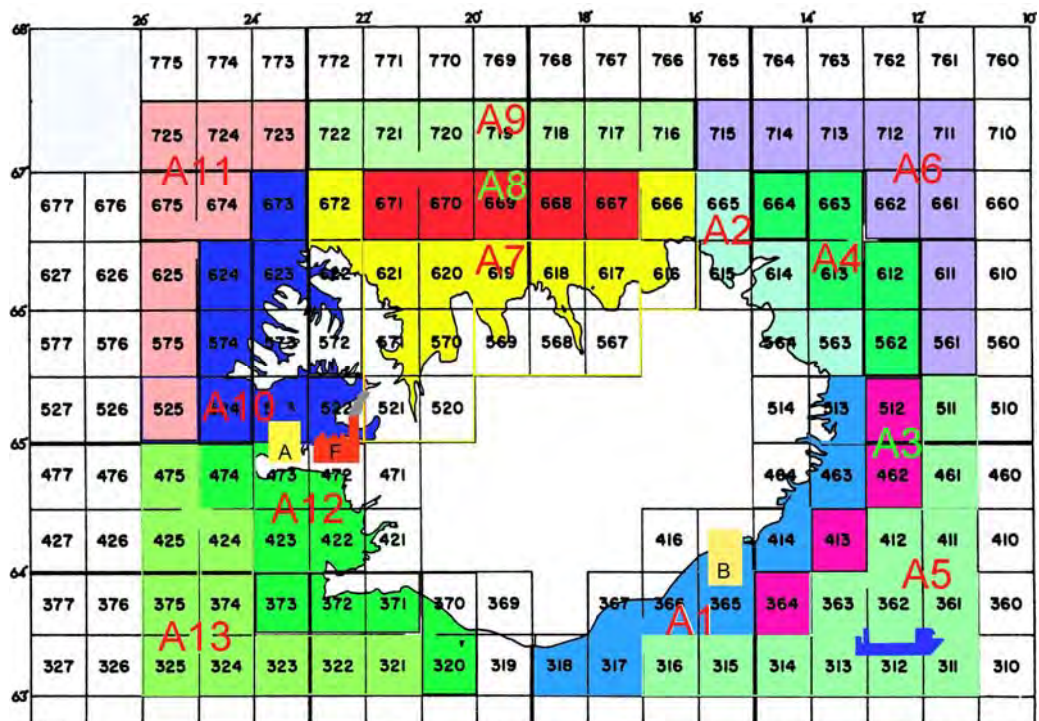
$$\sum_v \sum_s \sum_h \sum_t \sum_f THS_f \cdot Y_{vshf} \geq hlutfall \cdot \sum_f THS_f \cdot KV_f \quad (6.22)$$

Y_{vshf} , Z_{vshrf} , $Q_{vshratf}$, U_{af} , $Tinn_f$, Tut_f , $Winn_f$, Wut_f , $Dagar_{vsth}$, $DagV_{rt}$, $YfirV_{rt}$ og $K_f \geq 0$.

7 Niðurstöður bestunarlíkans og umræður

Eins og bestunarlíkanið er sett fram í þessu verkefni er fjöldi breyta 25.213 og fjöldi skorða 10.622. Þrátt fyrir mikinn fjölda af breytum og skorðum er lausnartíminn einungis í kringum eina sek. Lengri tíma tekur að lesa inn gögnin en það tekur 15 sek. Lausnarskráin sem verður til við hverja keyrslu á bestunarlíkaninu er um 750 A4 blaðsíður.

Til þess að prófa bestunarlíkanið, var sett upp sértílvik, byggt á þeim gögnum sem eru útlistuð í fjórða kafla. Niðurstöðurnar miðast við sjávarútvegsfyrirtæki sem á einn togbát og rekur fiskvinnslu í Grundarfirði. Hægt er að landa afla skipsins í tveimur höfnum, á Grundarfirði eða á Höfn í Hornafirði. Ef aflanum er landað á Höfn í Hornafirði er aflinn keyrður landleiðina til Grundarfjarðar.



Mynd 7.1. Hafsvæðinu skipt upp í 13 svæði (A1 til A13). Sjá má hafnirnar tvær Grundarfjörð (A) og Hornafjörð (B). Staðsetning fiskvinnslunnar (F) er líka sýnd.

Líkanið var keyrt 120 sinnum með breyttum forsendum í hverri keyrslu. Skoðuð voru áhrif einstakra þátta á rekstrarniðurstöðu fyrirtækisins. Þetta var gert til þess að sýna hluta af þeim spurningum sem væri hægt að svara með bestunarlíkaninu. Eftirfarandi þættir voru skoðaðir:

- Samanburður á höfnum
- Leiguverð á kvóta (allir fiskiflokkar)
- Leiguverð á þorskkvóta
- Leiguverð á ýsukvóta
- Afurðaverð
- Aukinn afköst fiskvinnslu
- Aflasamsetning
- Útflutningsálag
- Lokun svæða
- Takmörk á kvótaleigu
- Útgerð án fiskvinnslu
- Aflahlutir

7.1 Samanburður á höfnum

Ein af stóru spurningunum og að hluta til ástæða fyrir að ráðist var í verkefnið *Vinnsluspá þorskafla* var hvort mismunandi nýting væri á milli veiðisvæða. Af myndum 4.1, 4.2, 4.3 og 4.4 er ljóst að flakanýting er yfirleitt hærri fyrir austan Ísland heldur en fyrir vestan Ísland. Því var mjög áhugavert að sjá hvort hagkvæmt væri að senda skip til veiða fyrir austan land og annað hvort sigla til baka eða landa aflanum á höfn fyrir austan og flytja landleiðina til fiskvinnslunnar.

Niðurstöður bestunarinnar gáfu til kynna að ekki væri hagkvæmt að veiða fiskinn fyrir austan land, þrátt fyrir hærri flakanýtingu. Eins og sést í töflu 7.1. er fiskurinn ekki sóttur austur fyrir land heldur er fiskurinn veiddur á svæðum A11 og A12. Athyglisvert er að sjá að ekki er veitt á svæði A10, sem er næst löndunarhöfninni. Ástæðan fyrir því er slök flakanýting á svæði A10. Hagnaður fyrirtækisins nemur 140,5 millj. kr. Ef báturinn er sendur austur fyrir Ísland til fiskveiða, þá nemur hagnaðurinn 127,2 millj. kr. Lágmarks dagafjöldi sem skip verður að vera á sjó fyrir hvert tímabil er 20 dagar. Hámarks dagafjöldi fyrir hvert tímabil er 60 dagar. Skuggaverð segja til um breytingu á hagnaði ef hámarksdagafjöldi er aukinn um 1. Þegar fiskvinnslan er staðsett á Grundarfirði er skuggaverðið 0 kr./dag fyrir tímabil eitt og tvö. Skuggaverðið er 24.006 kr/dag fyrir tímabil þrjú og fjögur. Það merkir að hagnaðurinn eykst um 24.006 fyrir hvern dag sem hámarks dagafjöldinn er aukinn um.

Tafla 7.1. Niðurstöður bestunar miðað við fiskvinnslu staðsetta á Grundarfirði. Dálkurinn tímabil sýnir númer tímabils, veiðisvæði sýnir hvar fiskurinn er veiddur (sjá mynd 7.1.). Fjöldi daga segir til um hve lengi skipið er á veiðum á umræddu tímabili og dálkurinn höfn sýnir hvar aflanum er landað. Skuggaverð sýnir breytingu á hagnaði ef hámarks fjöldi daga á tilteknu tímabili er aukinn um 1 dag.

<i>Tímabil</i>	<i>Veiðisvæði</i>	<i>Fjöldi daga</i>	<i>Höfn</i>	<i>Skuggaverð</i>
1	A12	30,61	Grundarfjörður	0
2	A11	20	Grundarfjörður	0
3	A12	60	Grundarfjörður	24.006
4	A12	60	Grundarfjörður	24.006

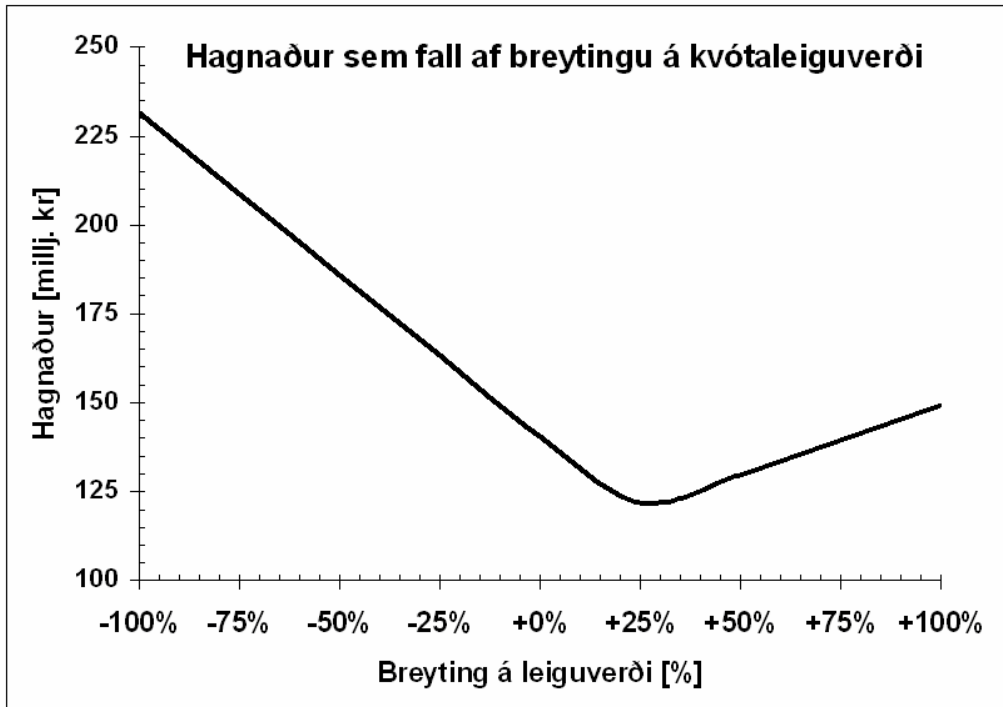
Ef fiskvinnslan væri staðsett á Hornafirði væri hagnaðurinn 149,8 millj. kr. Í töflu 7.2. sést að skipið er jafn marga daga á sjó og þegar fiskvinnslan er staðsett á Grundarfirði. Í staðinn fyrir að veiða fiskinn á svæðum A11 og A12, er skipið nú á veiðum á svæðum A1 og A6. Ástæðan fyrir því að hagkvæmara er að veiða á svæði A6 heldur A2-A5 er sú að nýting er mun betri á svæði A6 heldur en hinum. Skuggaverðin eru hærri en þegar fiskvinnslan var staðsett á Grundarfirði eða 71.992 og 143.890 kr./dag fyrir tímabil þrjú og fjögur.

Tafla 7.2. Niðurstaða bestunar miðað við að fiskvinnslan væri staðsett á Hornafirði. Tímabil númer tímabils, veiðisvæði sýnir hvar fiskurinn er veiddur (sjá mynd 7.1). Fjöldi daga segir til um hve lengi skipið er á veiðum á umræddu tímabili og höfn sýnir hvar aflanum er landað. Skuggaverð sýnir breytingu á hagnaði ef hámarks fjöldi daga á tilteknu tímabili er aukinn um 1 dag.

<i>Tímabil</i>	<i>Veiðisvæði</i>	<i>Fjöldi daga</i>	<i>Höfn</i>	<i>Skuggaverð</i>
1	A1	20	Hornafjörður	0
2	A6	30,61	Hornafjörður	0
3	A6	60	Hornafjörður	71.992
4	A1	60	Hornafjörður	143.890

7.2 Kvótaleiga

Talsverður hluti verðmæta íslenskra sjávarútvegsfyrirtækja er kvótaeign þeirra (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Það skiptir því miklu máli að fara vel með kvótann og nýta hann vel.

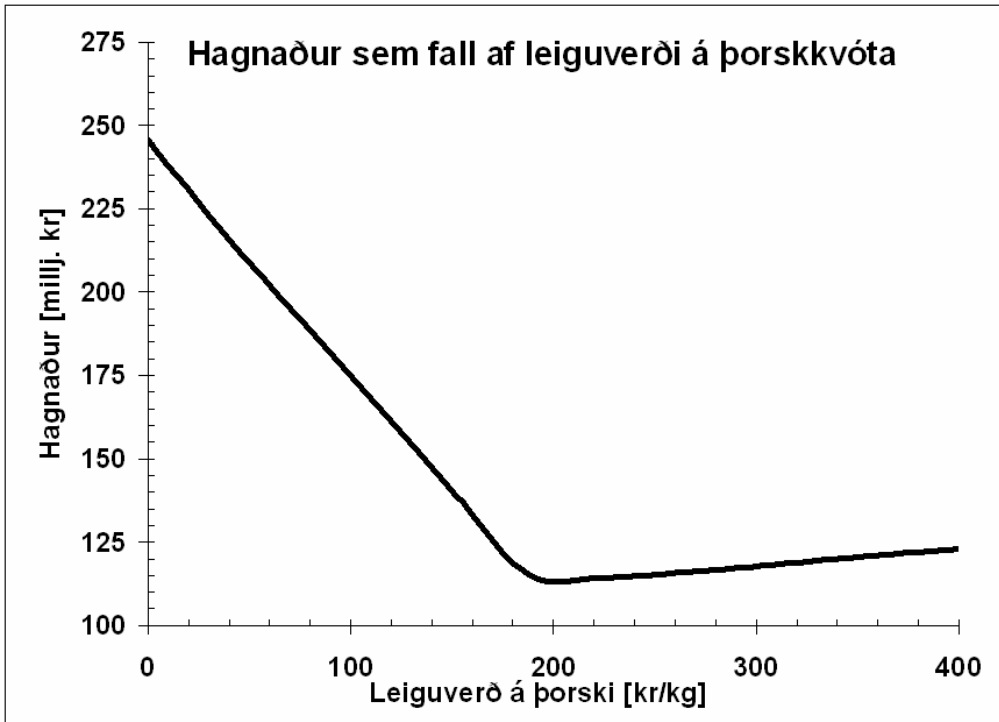


Mynd 7.2. Hagnaður sem fall af breytingu á leiguverði sem gefið er í kafla 4.

Mynd 7.2. endurspeglar hlutverk kvóta hjá íslenskum sjávarútvegsfyrirtækjum. Annars vegar er kvóti framleiðsluþáttur, sem sjávarútvegsfyrirtækin nota við fiskveiðar og hins vegar getur kvóti verið tekjulind þeirra. Á myndinni sést að hagnaðurinn fellur línulega með hækkuðu leiguverði þar til að krítísku gildi er náð. Eftir það fer hagnaðurinn vaxandi. Það sem gerist þegar krítíska gildinu er náð er að það verður hagkvæmara að leigja kvóta frá fyrirtækinu en að nota hann til fiskveiða.

7.3 Leiguverð á þorskkvóta

Samband á milli leiguverðs fyrir einstakar fisktegundir og hagnaðar er mjög áhugavert. Á mynd 7.3 má sjá þetta samband í tilfalli þorsks.

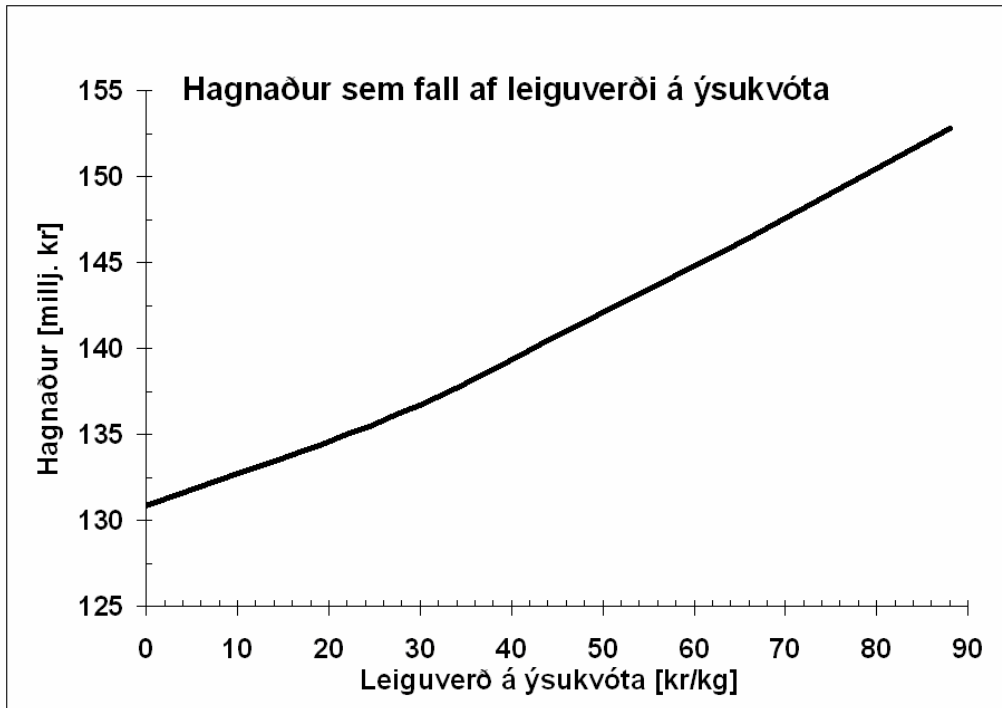


Mynd 7.3. Hagnaður fyrirtækisins sem fall af leiguverði á þorskkvóta [kr/kg].

Leiguverð þorskkvóta hefur veruleg áhrif á hagnað fyrirtækisins. Á mynd 7.3. sést að hagnaðurinn fellur jafn og þétt þangað til verðið á leigukvóta þorsks er komið í rúmar 190 kr/kg. Eftir það hækkar hagnaðurinn lítillega með hærra leiguverði. Þegar leiguverð á kvóta er undir 190 kr/kg er kvóti leigður til fyrirtækisins, ef leiguverð hækkar umfram 190 kr/kg er þorskkvóti leigður frá fyrirtækinu. Þegar leiguverð þorskkvóta er 150 kr/kg, eru rúm 650 tonn af þorskkvóta leigð til fyrirtækisins. Ef verðið hækkar í 225 kr/kg eru 29 tonn af þorskkvóta leigð frá fyrirtækinu.

7.4 Leiguverð á ýsukvóta

Samkvæmt grunnlausn bestunarinnar er ýsukvóti leigður frá fyrirtækinu.



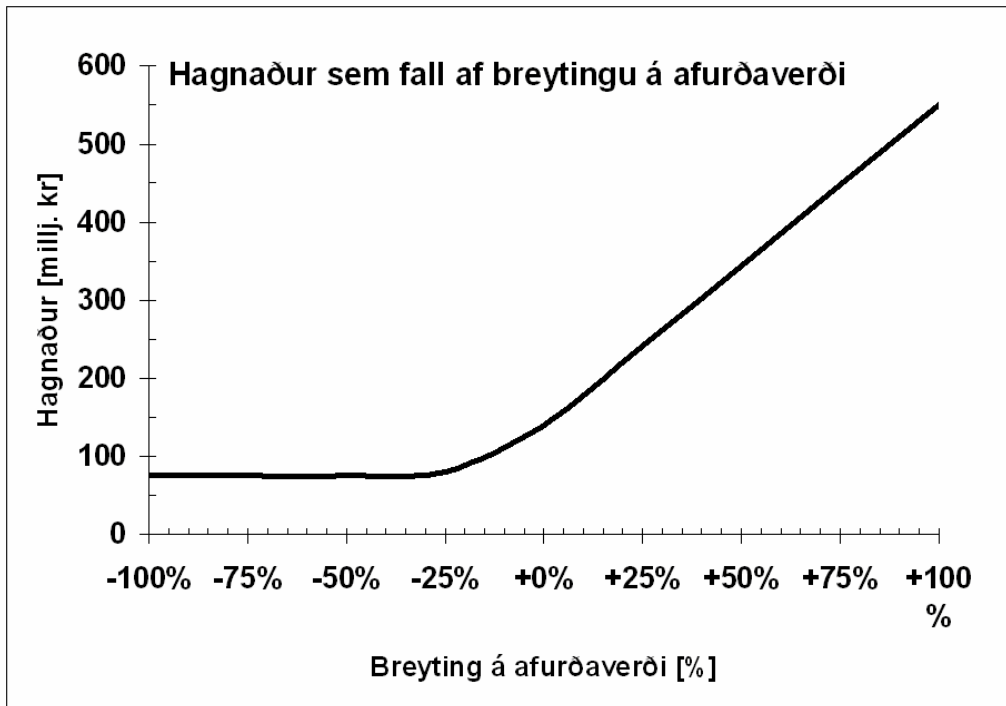
Mynd 7.4. Samband hagnaðar og leiguverðs á ýsukvóta.

Samkvæmt níu keyrslum á líkaninu vex hagnaðurinn með hærra leiguverði á ýsukvóta, mynd 7.4 sýnir þetta berlega. Ef leiguverðið á ýsukvótanum er 0 kr/kg nemur hagnaðurinn rúmlega 130 milljónum króna, með hækkandi leiguverði eykst hagnaðurinn. Þetta er vegna þess að ýsukvóti er í öllum keyrslunum leigður frá fyrirtækinu.

Mynd 7.4. endurspeglar ekki raunveruleikann fullkomlega. Eitt sem skekkir þessa mynd, er sú staðreynd að bestunarlíkanið getur ekki aukið hlutfall ýsu í fiskveiðunum (hlutfall ýsu og þorsks í afla er fast ákvarðað sbr. töflu 4.7). Eftir því sem leiguverð kvóta tiltekinnar tegundar lækkar, þeim mun hagkvæmara verður að veiða þá fisktegund. Mynd eins og 7.3, sem sýnir áhrif leiguverðs þorsks endurspeglar raunverulegt samband á milli leiguverðs og hagnaðar. Fyrir hverja fisktegund er til krítískt gildi, þar sem hættir að borga sig að veiða fiskinn heldur verður hagkvæmara að leigja kvótann frá fyrirtækinu.

7.5 Afurðaverð

Ef afurðaverð er mjög lágt er hagkvæmara að selja fiskinn á markaði en að framleiða úr honum afurðir. Á mynd 7.5 sést að ef afurðaverð lækkar meira en 25% er hagkvæmt að loka fiskvinnslunni. Ef afurðaverðið er hærra en það, er hagkvæmt að vinna fiskinn í eigin fiskvinnslu. Á mynd 7.5 sést hvernig hagnaðurinn vex með hækkandi afurðaverði.

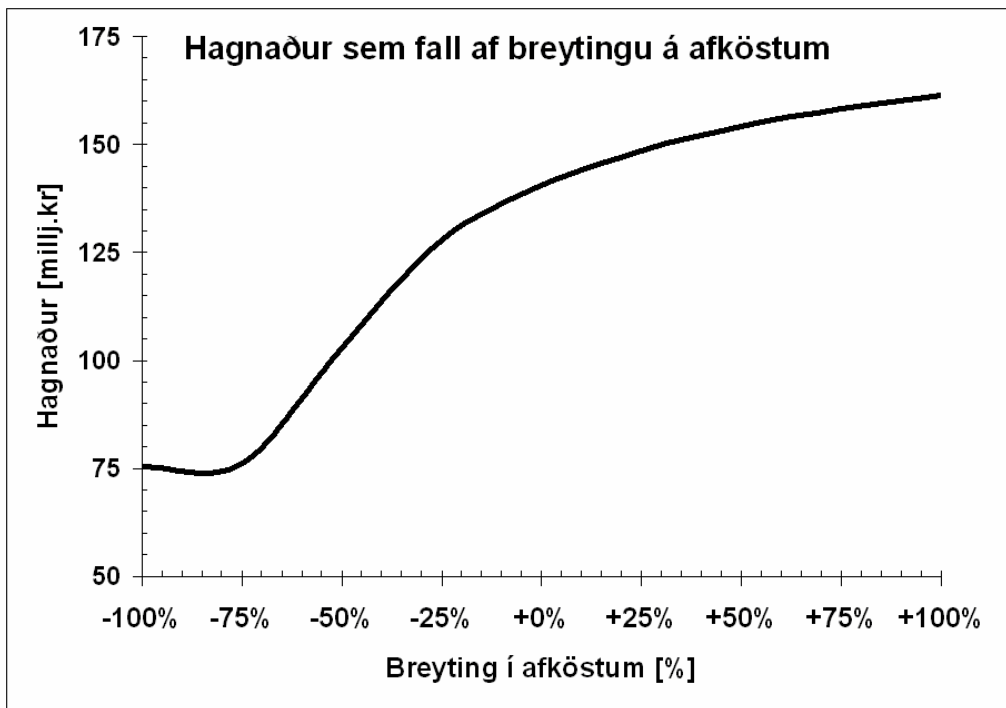


Mynd 7.5. Hagnaður sem fall af hlutfallslegri breytingu á afurðaverði.

Eins og sjá má á mynd 7.5 hefur afurða veruleg áhrif á afkomu. Í ljósi verðhækkana sl. missera má vænta að afkoma íslenskra sjávarútvegsfyrirtækja hafi batnað verulega.

7.6 Afköst í fiskvinnslu

Afköst í fiskvinnslunni hafa ekki eins mikil áhrif á hagnaðinn og afurðaverð. Samkvæmt mynd 7.6 þurfa afköstin að minnka um 75% áður en fiskvinnslan verður óhagkvæm. Þó að afköstin aukist mikið frá upphafsgildinu eykst hagnaðurinn ekki sambærilega. Ástæðan fyrir því er að fiskvinnslan hefur úr takmörkuðu hráefni að spila. Hins vegar lækkar hagnaðurinn hratt með minni afköstum. Þegar afköstin hafa minnkað um 75% er búið að loka fiskvinnslunni og fyrirtækið setur aflann á markað.



Mynd 7.6. Hagnaður fyrirtækisins sem fall af breytingu á afköstum [%]

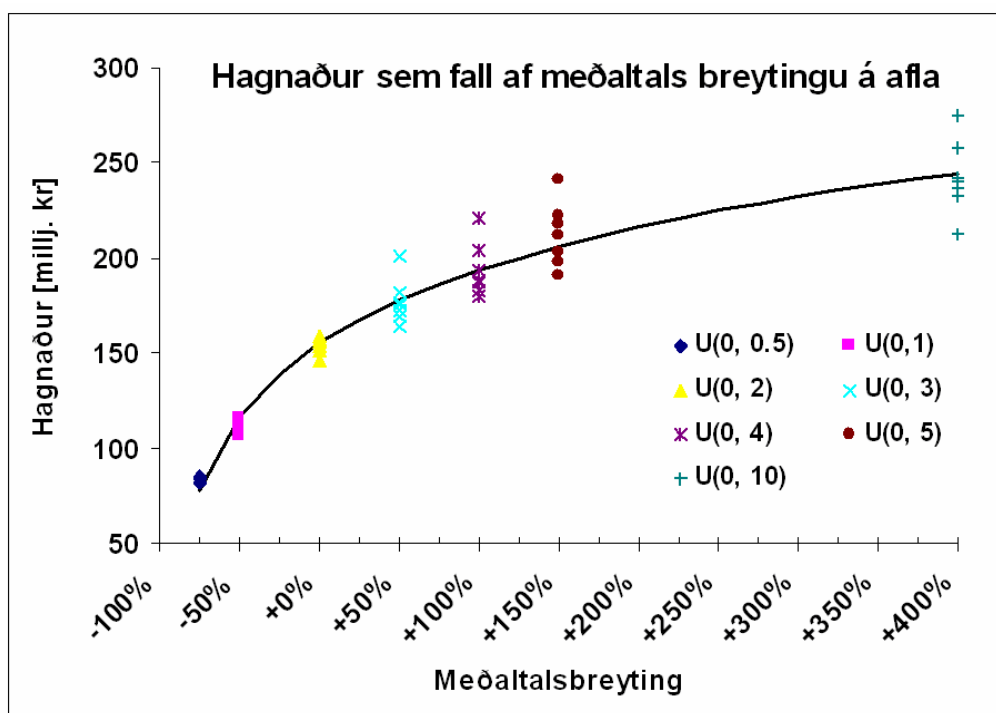
7.7 Aflasamsetning

Til að kanna áhrif mismunandi afla og aflasamsetningar á hagnað, voru framkvæmdar keyrslur með breytilegum væntum afla. Væntum afla var breytt á slembinn hátt. Gengið var út frá jafndreifingu aflans og var aflanum breytt á eftirfarandi hátt:

- Fyrst var væntur afli margfaldaður með slembitölu með ákveðið meðaltal og keyrsla framkvæmd.
- Þetta var endurtekið sex sinnum og fékkst þannig dreifing á hagnað fyrirtækisins miðað við viðkomandi slembitölu.
- Því næst var væntur afli margfaldaður með slembitölu með annað meðaltal en notað hafði verið í fyrstu keyrslunni og þannig fengin dreifing fyrir hagnað miðað við nýja slembitölu
- Slembitölurnar má sjá í töflu 7.3

Tafla 7.3. Breyting á væntum afla.

<i>Slembitala</i>	<i>Meðaltalsbreyting af upphafsafla</i>	<i>Slembitala</i>	<i>Meðaltalshlutfall af upphafsgildi</i>
U(0, 0.5)	-75%	U(0,4)	100%
U(0,1)	-50%	U(0,5)	150%
U(0,2)	-0%	U(0,10)	400%
U(0,3)	50%		



Mynd 7.7. Hagnaður [millj. kr] sem fall af meðaltals breytingu á afla. Hver punktur er niðurstaða úr einni keyrslu.

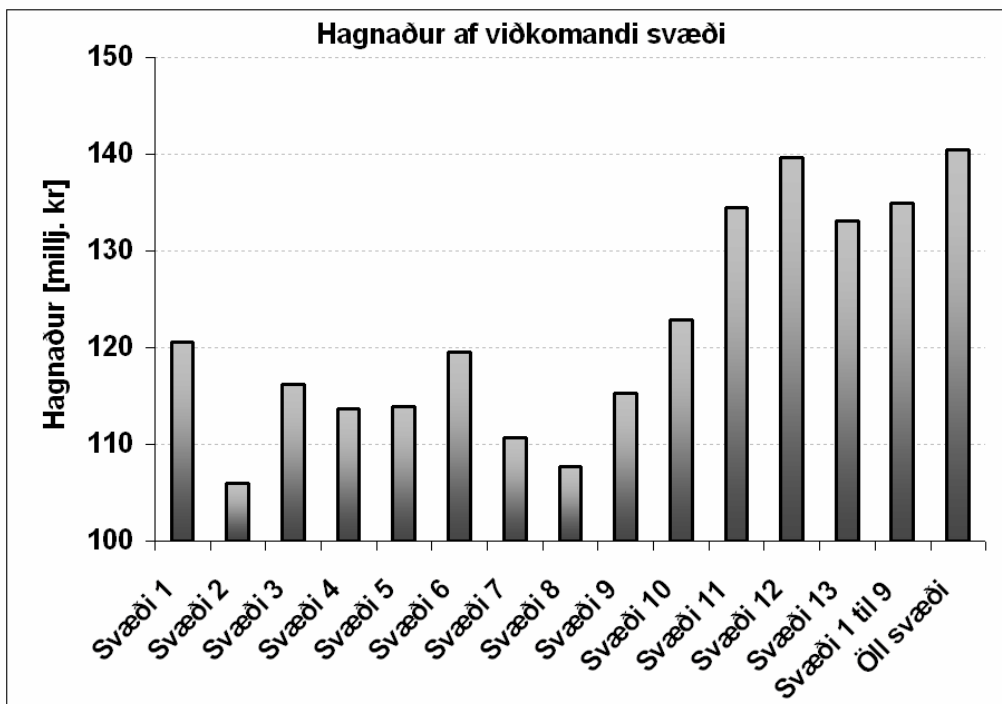
Afli og aflasamsetning hefur veruleg áhrif á hagnað. „Besta lína“ var teiknuð í gegnum alla punktana á mynd 7.7. Slembitalan $U(0,2)$ breytir væntum afla að meðaltali ekkert, því má kalla hana upphafsgildi. Þegar myndin er skoðuð sést að hagnaðurinn fellur hratt ef aflinn minnkar frá upphafsgildinu. Hagnaðurinn hækkar á mun minni hraða ef væntur afli eykst frá upphafsgildinu. Ástæðan fyrir því er að aðrir framleiðsluþættir fyrirtækisins eru nánast fullnýttir.

7.8 Útflutningsálag

Könnuð voru áhrif útflutningsálags á rekstur sjávarútvegsfyrirtækisins. Í dag er útflutningsálagið 10% af kvótabundnum fiski, sem er fluttur óvígtaður erlendis. Ef álagið er 10% er útflutningur á fiski ekki hluti af bestu lausn. Ef álagið er lækkað niður í 5% eru 17.061 kg af þykkvalúru flutt á erlendan markað og við það eykst hagnaðurinn um 58.247 kr. Ef útflutningsálagið er 0% er hagnaðurinn 162.320 kr meiri en þegar álagið er 10%.

7.9 Lokun svæða

Verðmæti einstakra svæða getur verið mismunandi fyrir fiskvinnslu staðsetta á Grundarfirði. Þættir eins og nýting, los, hringormafjöldi og fjarlægð frá Grundarfirði hafa þarna áhrif. Framkvæmdar voru keyrslur til að kanna verðmæti hvers svæðis fyrir fiskvinnslu staðsetta á Grundarfirði. Á mynd 7.8 má sjá að svæði A11, A12 og A13 eru verðmætustu svæðin fyrir fiskvinnsluna. Svæði A1 til og með A6 eru ekki jafnverðmæt, þrátt fyrir að þar sé almennt hærri flakanýting. Þetta gefur til kynna að kostnaður við flutninga vegi meira en auknar tekjur vegna bættrar flakanýtingar. Mynd 7.8 myndi væntalega líta öðruvísi út fyrir fiskvinnslu sem væri staðsett á Hornafirði.



Mynd 7.8. Hagnaður ef einungis viðkomandi veiðisvæði er opið. Fyrstu 13 súlurnar eru fyrir einstök veiðisvæði, veiðisvæði 12 er verðmætast en hagkvæmast er samt að hafa aðgang að þeim öllum eins og sést á súlunni þegar öll veiðisvæðin eru opin.

7.10 Takmörk á kvótaleigu

Kvótaleigu til og frá fyrirtækinu eru sett takmörk í öllum keyrslum. Fyrir ufsa var hámarksleiga til og frá fyrirtækinu 500 tonn en 300 tonn fyrir alla hina fiskiflokkana. Þegar líkanið var keyrt án þessara takmarkana hækkaði hagnaðurinn úr 140,5 millj. kr í 155,7 millj. kr, en þá er verulegt magn af kvóta

leigt til og frá fyrirtækinu. Eðlilegt verður að teljast að hafa takmörk á kvótaleigu þar sem takmarkað magn er í boði af leigukvóta á hverjum tímapunkti, a.m.k. á því verði sem gengið er út frá í þessu verkefni. Í töflu 7.4 má sjá hvernig kvóti er leigður til og frá fyrirtækinu, með og án takmarkana.

Tafla 7.4. Kvótaleiga hvers fiskiflokks til og frá fyrirtækinu [kg] annars vegar þegar takmörk eru á hve mikið hægt er að leigja til og frá fyrirtækinu og hins vegar ef engin takmörk eru sett á hve mikið er hægt að leigja af kvóta.

<i>Flokkur</i>	<i>Takmörk</i>		<i>Engin takmörk</i>	
	<i>Til</i>	<i>Frá</i>	<i>Til</i>	<i>Frá</i>
Þorskur U	85.305	0	120.000	0
Þorskur V	300.000	0	840.000	0
Þorskur S	300.000	0	197.150	0
Ýsa	0	279.015	0	208.933
Ufsi	0	479.777	0	465.900
Karfi	0	75.022	0	5.633
Steinbítur	271.122	0	340.511	0
Þykkvalúra	1.385	0	8.324	0
Skarkoli	0	49.889	0	36.011
Keila	7.895	0	11.365	0
<i>Samtals</i>	<i>965.707</i>	<i>883.703</i>	<i>1.517.350</i>	<i>716.477</i>

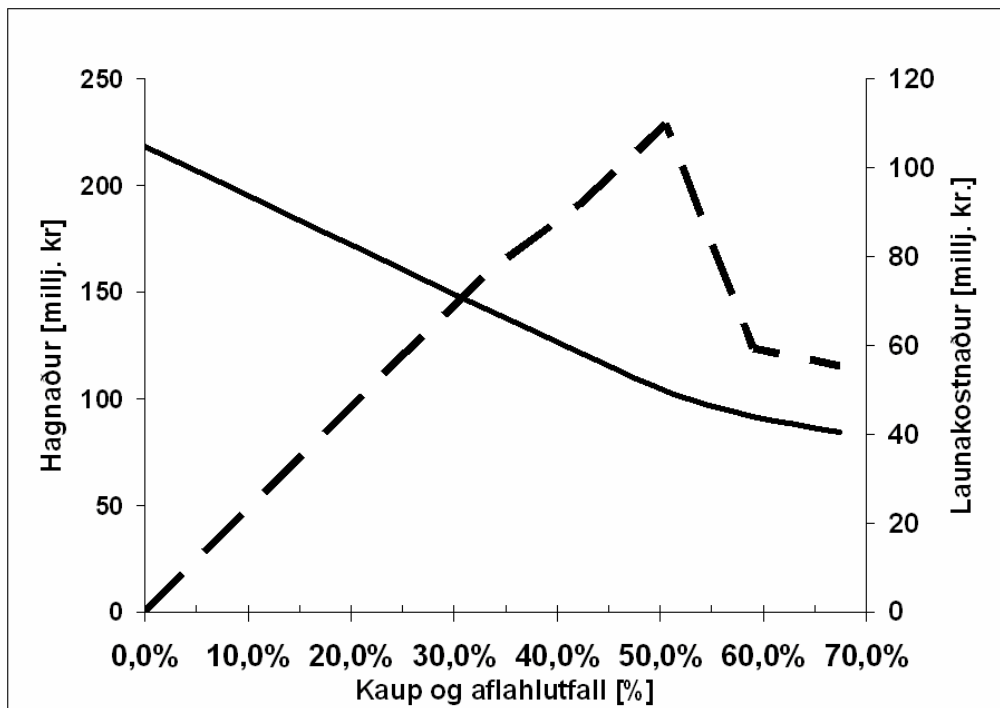
7.11 Útgerð án fiskvinnslu

Í keyrslunum er gengið út frá að skipinu sé úthlutað kvóta sem nemur 1.282.282 þorskígildum. Leiguverðmæti þessa kvóta er 112,9 millj. kr. Til samanburðar má nefna að samkvæmt keyrslum líkansins myndi hagnaður fyrirtækis sem stundar einungis útgerð nema 90,3 millj. kr á móti 140,5 þegar fyrirtækið rekur líka fiskvinnslu. Þetta sýnir að ef ekki væri fyrir fiskvinnsluna þá væri hagkvæmara að leggja skipinu og leigja allan kvótann frá fyrirtækinu! Hafa verður þó í huga að ef skip veiðir ekki a.m.k. 50% af kvótanum sínum tvö fiskveiðiár í röð fellur kvótinn niður og er dreift á önnur skip (Alþingi 2006).

7.12 Kaup og aflahlutir

Laun sjómanna er stærsti einstaki kostnaðarliður í íslenskri útgerð (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Launahlutfallið af tekjum nemur 33,7% sem er sambærilegt og allur annar rekstrarkostnaður skipsins til samans. Mynd 7.9 sýnir hvernig hagnaðurinn fellur eftir því sem að launahlutfallið hækkar. Á sömu mynd má sjá hvernig heildarlaunakostnaður skipsins hækkar með hærri launahlutfalli þangað til að hann nær hámarki þegar launahlutfallið er 50,6%.

Eftir það er hagkvæmara fyrir útgerðina að draga úr sókn og byrja að leigja kvótann frá skipinu.



Mynd 7.9. Hagnaður fyrirtækisins sem fall af kaupi og aflahlutum á skipinu (heil lína). Heildarlaunakostnaður skipsins sem fall af launahlutfalli (brotin lína).

Þegar launahlutfallið er orðið 60% hefur heildarlaunakostnaðurinn fallið mjög mikið frá því þegar launahlutfallið var 50,6%. Eftir það fellur hann mun hægar. Ástæðan fyrir því er sú að dregið hefur verið úr úthaldi skipsins. Við þessar aðstæður er skipið einungis gert út 20 daga á hverju tímabili sem er lágmarks sjósókn.

7.13 Fallgildi

Fallgildi segja til um hve mikið stuðlar í markfallinu þurfa að breytast til þess að viðkomandi breyta verða hluti af bestu lausn. Tafla 7.5 sýnir fallgildi fyrir tegundatilfærslu. Í dálkinum *Tilfærsla úr tegund* sýnir fallgildið hve mikið leiguverð á viðkomandi tegund þarf að breytast til þess að tilfærsla sé framkvæmd í viðkomandi tegund. Ef leiguverðið á ufsa lækkar meira en 1,23 kr/kg verður hagkvæmt að færa kvóta úr ufsa yfir í einhverja aðra tegund. Í dálkinum *Tilfærsla í tegund* má sjá hvaða breytingar þurfa að vera á leiguverðinu til þess að hagkvæmt verði að færa kvóta í viðkomandi tegund. Ef

leiguverð á keilu hækkar um meira en 4,26 kr/kg er hagkvæmt að færa kvóta yfir í keilu.

Tafla 7.5. Fallgildi (e. *Reduced cost*) fyrir tilfærslur í og úr einstökum fiskiflokkum.

<i>Flokkur</i>	<i>Tilfærsla úr tegund</i>		<i>Tilfærsla í tegund</i>	
	<i>Magn</i>	<i>Fallgildi</i>	<i>Magn</i>	<i>Fallgildi</i>
Þorskur U	0	-114,07	0	0
Þorskur V	0	-149,04	0	0
Þorskur S	0	-149,04	0	0
Ýsa	0	-15,73	0	-22,17
Ufsi	0	-1,23	0	-17,45
Karfi	118.729	0	0	-27,29
Steinbítur	0	-25,57	0	-8,80
Þykkvalúra	0	-66,31	0	-12,03
Skarkoli	0	-65,21	49.700	0
Keila	0	-13,43	0	-4,26

Af fallgildum á leiguverði kvóta að dæma, virðist mikilvægt fyrir stjórnendur sjávarútvegsfyrirtækja að fylgjast vel með breytingum á leiguverði. Tafla 7.6 sýnir hvernig kvóti er leigður fram og til baka hjá fyrirtækinu, ásamt fallgildum. Fallgildin í dálkunum *leigt frá* og *leigt til* eru mörg hver frekar nálægt núlli. Það merkir að þessi lausn er viðkvæm fyrir breytingum á leiguverði kvótans. Sem dæmi má nefna að ef leiguverð á keilu hækkar um meira en 0,78 kr/kg verður hagkvæmt að leigja hluta af keilukvótanum frá fyrirtækinu. Í dálkinum *leigt til* má sjá að ef leiguverð á ufsa lækkar meira en 0,45 kr/kg eða ef leiguverð karfa lækkar meira en 0,60 kr/kg verður hagkvæmt að leigja þessar tegundir til fyrirtækisins í stað þess að leigja þær frá því.

Tafla 7.6. Fallgildi fyrir kvótaleigu til og frá fyrirtækinu í einstökum fiskiflokkum.

<i>Flokkur</i>	<i>Leigt frá</i>		<i>Leigt til</i>	
	<i>Magn</i>	<i>Fallgildi</i>	<i>Magn</i>	<i>Fallgildi</i>
Þorskur U	0	-4,50	85.305	0
Þorskur V	0	-39,47	300.000	0
Þorskur S	0	-39,47	300.000	0
Ýsa	279.015	0	0	-1,32
Ufsi	479.777	0	0	-0,45
Karfi	75.022	0	0	-0,60
Steinbítur	0	-1,50	271.122	0
Þykkvalúra	0	-3,66	1.385	0
Skarkoli	49.889	0	0	-3,45
Keila	0	-0,78	7.895	0

7.14 Skuggaverð

Skuggaverð segir til um hve mikið markgildið mun breytast, ef hægri hlið í viðkomandi skorðu eykst um eina einingu. Í töflu 7.7 er sýnt skuggaverð fyrir alla fiskiflokkana ásamt leiguverði og mismun á skuggaverði og leiguverði. Mismunurinn sýnir hvort hagkvæmt er að leigja meira til sín af viðkomandi fiskiflokki. Eins og sést er hagkvæmt að leigja þorsk V (millistærð á þorski) og þorsk S (stór þorskur) til fyrirtækisins umfram það sem nú er gert. Hagnaðurinn eykst um 34,97 kr fyrir hvert kg sem leigt er aukalega til fyrirtækisins af þessum fiskiflokkum. Fyrir aðra fiskiflokka er skuggaverðið lægra en núll og því ekki hagkvæmt miðað við gefnar forsendur að auka við kvótaleigu í þeim fiskiflokkum. Skuggaverð fyrir einstaka fiskiflokka getur aldrei verið lægra en 97% af leiguverði viðkomandi fiskiflokks. Ástæðan fyrir því er að hægt er að leigja kvótann frá fyrirtækinu og fá leiguverðið greitt að frádregnum kostnaði. Kostnaðurinn er 3% við kvótaleiguna (Guðmundur Smári Guðmundsson 2006).

Tafla 7.7. Skuggaverð ásamt leiguverði á kvóta fyrir alla fiskiflokkana og mismunur á þeim.

<i>Skuggaverð</i>			
<i>Flokkur</i>	<i>Skuggaverð</i>	<i>Leiguverð</i>	<i>Mismunur</i>
Þorskur U	150,00	150,00	0
Þorskur V	184,97	150,00	34,97
Þorskur S	184,97	150,00	34,97
Ýsa	42,68	44,00	-1,32
Ufsi	14,55	15,00	-,045
Karfi	19,40	20,00	-0,60
Steinbítur	50,00	50,00	0
Þykkvalúra	122,00	122,00	0
Skarkoli	111,55	115,00	-3,45
Keila	26,00	26,00	0

Skuggaverð fyrir hámarks- og lágmarksfjölda daga á sjó fyrir hvert tímabil er sýnt í töflu 7.8. Samkvæmt forsendum má hvert skip einungis vera 60 daga á sjó á hverju tímabili. Ef skipið getur verið lengur en 60 daga á sjó, á tímabili þrjú og fjögur eykst hagnaðurinn um 24.006 kr fyrir hvern dag umfram 60 daga. Á tímabili tvö neyðir lágmarks sóknarskorðan skipið til að vera á sjó a.m.k 20 daga. Hagnaður fyrirtækisins eykst um 362 kr fyrir hvern dag sem ekki þarf að senda skipið á sjó af þessum 20 dögum.

Tafla 7.8. Skuggaverð fyrir hámarks og lágmarks fjölda daga á sjó fyrir öll fjögur tímabili.

Tímabil	Hámarks Fjöldi daga		Lágmarks Fjöldi daga	
	Slaki	Skuggaverð	Slaki	Skuggaverði
1	29,39	0	-10,6	0
2	40,00	0	0	-362,1
3	0,00	24.006	-40	0
4	0,00	24.006	-40	0

7.15 Uppruni og afdrif afla

Skipting afla á veiðisvæði ræðst annarsvegar af fjölda sóknardaga á veiðisvæði og hins vegar væntum afla á viðkomandi veiðisvæði. Tafla 7.9 sýnir hvar aflinn er veiddur samkvæmt tillögu bestunarlíkansins. Eins og áður hefur komið fram fara veiðarnar fram á veiðisvæðum A11 og A12. Mest er veitt á tímabili þrjú og fjögur, 711,6 tonn á hvoru tímabili. Á tímabili eitt er aflinn 332,4 tonn og á tímabili tvö er aflinn 217,2 tonn.

Tafla 7.9. Afli eftir veiðisvæðum og tímabili

Dreifing á afla				
Svæði	Tímabil 1	Tímabil 2	Tímabil 3	Tímabil 4
A1	0	0	0	0
A2	0	0	0	0
A3	0	0	0	0
A4	0	0	0	0
A5	0	0	0	0
A6	0	0	0	0
A7	0	0	0	0
A8	0	0	0	0
A9	0	0	0	0
A10	0	0	0	0
A11	0	217.200	0	0
A12	332.436	0	711.600	711.600
A13	0	0	0	0
Samtals	332.436	217.200	711.600	711.600

Aflanum sem skipið veiðir er dreift á innlendan markað, erlendan markað eða í eigin fiskvinnslu. Tafla 7.10 sýnir hvernig bestunarlíkanið dreifir aflanum. Enginn afli er sendur á erlendan markað. Á innlendan markað fara 232 tonn af ýsu, þykkvalúru, skarkola og keilu. Allur annar afli fer í vinnslu hjá fiskvinnslunni eða 1.741 tonn af þorski, ufsa, karfa og steinbít.

Tafla 7.10. Dreifing á veiddum afla á milli erlends markaðar, innlends markaðar og eigin fiskvinnslu

<i>Dreifing á afla</i>			
<i>Flokkur</i>	<i>Erl. markaður</i>	<i>Innl. Markaður</i>	<i>Fiskvinnsla</i>
Þorskur U	0	0	170.611
Þorskur V	0	0	597.139
Þorskur S	0	0	477.711
Ýsa	0	172.317	0
Ufsi	0	0	34.122
Karfi	0	0	170.611
Steinbítur	0	0	290.611
Þykkvalúra	0	17.061	0
Skarkoli	0	34.122	0
Keila	0	8.531	0
<i>Samtals</i>	0	232.031	1.740.805

Það hráefni sem unnið er í eigin fiskvinnslu fer í einn af fimm mögulegum afurðaflokkum. Eins og má sjá í töflu 7.11 er allur þorskurinn settur í verðmætustu afurðina sem er afurð eitt. Þetta er raunhæft þar sem afkastageta fiskvinnslunnar er langt frá því að vera fullnýtt. Fyrir aðrar fisktegundir eru afköst, nýting og afurðaverð þau sömu fyrir alla afurðaflokkana og því skiptir ekki máli í hvaða afurð hráefnið er unnið, það skilar sömu niðurstöðu. Ef raungögn varðandi afurðaskiptingu væru fyrir hendi fyrir aðrar fisktegundir en þorsk væri niðurstaðan e.t.v. önnur.

Tafla 7.11. Afurðaskiptin eftir fiskiflokkum.

<i>Dreifing á afla af eftir afurðaflokkum</i>					
<i>Flokkur</i>	<i>Afurð 1</i>	<i>Afurð 2</i>	<i>Afurð 3</i>	<i>Afurð 4</i>	<i>Afurð 5</i>
Þorskur U	85.802	0	0	0	0
Þorskur V	300.306	0	0	0	0
Þorskur S	240.244	0	0	0	0
Ýsa	0	0	0	0	0
Ufsi	16.520	0	0	3.612	0
Karfi	10.714	28.000	0	0	21.000
Steinbítur	30.600	30.600	6.000	0	9.183
Þykkvalúra	0	0	0	0	0
Skarkoli	0	0	0	0	0
Keila	0	0	0	0	0
<i>Samtals</i>	<i>684.186</i>	<i>58.600</i>	<i>6.000</i>	<i>3.612</i>	<i>30.183</i>

8 Samantekt

Í þessu verkefni voru greind gögn úr verkefninu *Vinnsluspá þorskafla*. Út frá greiningu þessara gagna og rekstrargagna sjávarútvegsfyrirtækis var útbúið bestunarlíkan. Gerðar voru 120 mismunandi keyrslur á bestunarlíkaninu til að kanna áhrif ýmissa þátta á hagnað íslensks sjávarútvegsfyrirtækis.

Gagnasafn innihélt tæplega 5.000 mælingar á þorski. Áhersla var lögð á að greina annars vegar áhrif veiðisvæðis og hins vegar árstíma á flakanýtingu, los og hringorma. Hafsvæðinu í kringum Ísland var skipt í 13 veiðisvæði og árinu í ársfjórðunga. Fyrsti ársfjórðungur hófst í desember. Töluverður munur reyndist vera á flakanýtingu á milli einstakra veiðisvæða og tímabila. Sömu sögu er að segja af losi og hringormum.

Til að byggja upp nothæft bestunarlíkan er nauðsynlegt að taka tillit til fleiri fisktegunda en einungis þorsks. Ekki tókst að afla upplýsinga um áhrif veiðisvæða og árstíma á los, hringorma og flakanýtingu í öðrum fisktegundir en þorski. Aflamagn og tegundaskipting fyrir mismunandi veiðisvæði og árstíma eru ekki þekkt í dag. Þessi atriði eru meðal þeirra sem styrkja myndu verulega bestunarlíkanið sem var þróað.

Þróað var fjölvarnings flæðis bestunarlíkan (e. *Multicommodity flow network*). Bestunarlíkanið er línulegt og byggir á gagnagreiningunni. Þar sem gögn lágu ekki fyrir, var leitað til aðila sem vel þekkja til í íslenskum sjávarútvegi varðandi mat á þeim stikum sem á vantaði.

Sett var upp sértílvik fyrir sjávarútvegsfyrirtæki sem rekur eina fiskvinnslu á Grundarfirði og gerir út einn togbát. Skoðað var hvort hagkvæmt væri að senda togbátinn austur fyrir Ísland eða fiska fyrir vestan, nálægt fiskvinnslunni. Niðurstaðan var sú að hagkvæmara væri að veiða fiskinn nærri fiskvinnslunni. Verðmæti einstakra veiðisvæða reyndist vera mismunandi fyrir fyrirtækið.

Áhrif kvótaleiguverðs á hagnað var skoðað. Ef leiguverðið er undir krítísku gildi er hægkvæmara að veiða fiskinn en að leigja frá sér kvótann. Afurðaverð hafði mikil áhrif á hagnað fyrirtækisins en áhrif afkasta í fiskvinnslunni voru ekki eins mikil. Reynt var að meta áhrif mismunandi aflasamsetningar. Hagnaður fyrirtækisins jókst hægt með auknum afla en féll mjög hratt ef aflinn minnkaði frá upprunalegu gildi. Með bestunarlíkaninu er hægt að fá mat á hversu mikið er hægt að greiða fyrir leigukvóta.

9 Lokaorð

9.1 Aflaspá og veiðihlutfall

Fyrir tíu árum var unnið verkefni sem miðaði að því að búa til ráðgjafahugbúnað til þess að auðvelda skipstjórum val á fiskimiðum. Því miður tókst ekki að gera marktæka aflaspá (Kristján Guðni Bjarnason 1997). Þó var niðurstaða þess verkefnis að þau gögn sem Hafrannsóknastofnun hafi yfir að ráða geti verið mjög gagnleg fyrir skipstjóra við val á fiskimiðum.

Afladreifing, þ.e. hlutfall mismunandi tegunda í aflanum og aflaspá (magn afla) eru mjög mikilvæg við gerð rekstraráætlunar fyrir sjávarútvegsfyrirtæki. Tvær raunhæfar leiðir við ákvörðun á afladreifingu og aflaspá eru færar. Fyrri leiðin felst í að ráðast í verkefni þar sem spáð verður fyrir um afla á einstökum veiðisvæðum. Ljóst er að slíkt verkefni krefst mikillar gagnaöflunar. Dæmi um þau gögn sem þyrfti að líkindum að safna saman eru: Veðurfar, skýjafar, selta, sjógerðir, þarfir fisks, sókn á veiðisvæðið, hitastig og margt fleira sem hefur áhrif á veiði og fiskigengd (Kristján Þórarinnsson 2006, Runólfur Guðmundsson 2006). Önnur leið væri að láta bestunarlíkanið velja afladreifinguna. Skipstjórar geta stjórnað, innan vissra marka, aflasamsetningu á hverju veiðisvæði. Þetta er gert með breyttri kjörhæfni veiðarfæra (Runólfur Guðmundsson 2006, Guðmundur Smári Guðmundsson 2006). Með þessu hefur bestunarlíkanið mun meiri sveigjanleika og leiguverð kvóta einstakra fiskiflokka spilar stærra hlutverk í vali á fiskimiðum en ella. Ef mynd 7.4 er skoðuð sést að bestunarlíkaninu tekst ekki að nýta sér lægra leiguverð á ýsu, vegna þess að líkanið getur ekki „veitt“ meiri ýsu.

9.2 Endurnýjun gagnagrunns

Eins og áður segir voru u.þ.b. 5.000 mælingar á þorski greindar. Sambærilegar mælingar fyrir aðrar fisktegundir en þorsk hafa ekki verið gerðar og því var ekki mögulegt að greina gögn fyrir aðrar fisktegundir. Þá ber að hafa í huga að aðstæður í hafinu eru síbreytilegar. Mælingarnar munu því úreldast. Ef viðhalda á og bæta þann gagnagrunn sem er fyrir hendi er þörf á skipulögðum mælingum af hálfu sjávarútvegsfyrirtækja. Vænleg leið til að tryggja að þessari þörf verði mætt, er að söfnun gagna verði hluti af framleiðsluskipulagi hvers fyrirtækis.

9.3 Rekjanleiki

Einn helsti ávinningurinn fyrir þau sjávarútvegsfyrirtæki sem tækju upp skráningu eins og lýst er hér að ofan, er fullkominn rekjanleiki, frá veiðum til sölu. Ávinningurinn af rekjanleikanum einum saman ætti að vera nægur hvati til þess að hefjast handa við samþættingu gagna frá fiskvinnslum og skipunum. Með betri skráningu á eiginleikum hráefnis er hugsanlega hægt að draga verulega úr gæðagöllum. Líkur á óeðlilegum kvörtunum frá kaupendum vegna galla í afurðum er minni ef fyrirtæki hafa yfir að ráða yfirgripsmiklum og nákvæmum skráningum á gæðum og eiginleikum hráefnis sem þau vinna úr.

9.4 Afurðaverð og önnur rekstrargögn

Til þess að auka nytsemi og nákvæmni bestunarlíkansins er mikilvægt að notast við nýjustu upplýsingar hverju sinni. Afurðaverð, verð á fiskmörkuðum eða önnur rekstrargögn þurfa að vera uppfærð fyrir hverja keyrslu bestunarlíkansins. Breytingar á forsendum geta þýtt að önnur tilhögun á rekstri sé hagkvæmari. Til að hægt sé að notast við nýjustu upplýsingarnar hverju sinni verður að vera bein tenging bestunarlíkans við upplýsinga- og bókhaldskerfi fyrirtækisins.

9.5 Næstu skref

Mögulegt framhald af þessu verkefni er gerð skammtíma bestunarlíkans. Í þessari ritgerð er sett fram langtíma rekstrarlíkan fyrir sjávarútvegsfyrirtæki. Mjög áhugavert væri að gera annað líkan sem myndi byggja á þeim niðurstöðum sem fást úr þessu verkefni og gera áætlanir til skemmri tíma. Í því líkani væri mögulegt að skipuleggja einstakar veiðiferðir skipa. Inn í það bestunarlíkan kæmi einn gæðapáttur, sem ekki var tekinn inn langtíma bestunarlíkanið, og það er aldur hráefnis. Gæði, nýting og aðrir eiginleikar fiskins breytast með aldri og sýnt hefur verið fram á að líkur séu á lægra verði á fiskmörkuðum eftir því sem að fiskurinn er eldri (Ari Wendel 1995).

10 Heimildaskrá

Útgefnar heimildir

- [1] Ari Wendel. 1995. *Ferskfiskmarkaðir*. Lokaverkefni við vélaverkfræði við Háskóla Íslands, Reykjavík
- [2] Björn Dagbjartsson. 1973. *Rannsóknir varðandi hringorma-valdamálið*. Tæknitíðindi nr 35. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, Reykjavík.
- [3] Brynjólfur Eyjólfsson. Sigurjón Arason. Guðjón Þorkelsson. Gunnar Stefánsson. 2001. *Holdafar þorsks, vinnslunýting og vinnslustjórnun*. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, skýrsla 2-01. Reykjavík.
- [4] Bragi Bergsveinsson, Björn Haukur Pálsson. 1986. *Grunntímakerfi fyrir snyrtingu vigtun og þökkun fiskflaka*. 25 tölusett eintök fyrir sölusamtökin SH og SÍS
- [5] Digernes, Torbjørn. 1982. *An Analytical Approach to Evaluating Fishing Vessel Desing and Operation*. Norwegian Institute of Techology. Þrándheimi.
- [6] Ellert Berg Guðjónsson. 2006. *Árstíðabundnar verðsveiflur á þorskafurðum og markaðslegur ávinningur af rekjanleika í sjávarútvegi*. Viðskipta og hagfræðideild Háskóla Íslands, Reykjavík.
- [7] Guðmundur Smári Guðmundsson. 1999. Grein í Morgunblaðinu 28. Júlí 1999
- [8] Guðmundur Runólfsson 2003. *Ársreikningur 2003 – sundurliðað*. Deloitte Reykjavík.
- [9] Gunn, Eldon, Millar, Harvey H.. 1990. *A simulation model for assessing fishing fleet performance under uncertainty*. Proccedings of the 1990 Winter Simulation Conference.
- [10] Hasan, MB., Raffensperger JF. 2006. *A mixed integer programming for an integrated fishery*. Orion Volume 22(1). Bls 19-34. Suður Afríka.

- [11] Helgi Sigvaldsson og fl. 1969. *Bráðabirgðaskýrsla um aðgerðarrannsóknir á útgerð togskipa með tilliti til hráefnisöflunar fyrir frystihús á Norðurlandi*, Fiskifélag Íslands. Reykjavík.
- [12] Hjördís Sigursteinsdóttir. 2002. *Stoðgreinar útgerðar og fiskvinnslu*. Rannsóknastofnun háskólans á Akureyri. Akureyri.
- [13] Jón Heiðar Ríkharðsson, Rúnar Birgisson. 1996. *Aflabót*. 48 rit Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Reykjavík.
- [14] Jónas Bjarnason. 1998. *Los og sprungur í fiski*. Rf tíðindi nr. 10. Reykjavík.
- [15] Kristján Guðni Bjarnason. 1997. *Upplýsingakerfi Skipstjóra*, Meistararitgerð við Háskóla Íslands. 1997. Reykjavík.
- [16] Páll Jensson. 1988. *Daily production planning in fish processing firms*. European Journal of Operational Research 36, bls 410-415.
- [17] Páll Jensson, Hálf dán Gunnarsson. 2000. *Bestun Útgerðarstjórnunar*, Lokaskýrsla til RannÍS, Bestun og Ráðgjöf ehf Reykjavík.
- [18] Ragnar Árnason. 2004. *Náttúruauðlindir, hagvöxtur og velferð*. Fjármálatíðindi 2004, síðara hefti, bls 17-32. Reykjavík.
- [19] Randhawa, Sabah U., Einar T. Bjarnason. 1992. *A decision aid for coordinating fishing and fish processing*. European Journal of Operational Research 81. Bls 62 – 75.
- [20] Rardin, Ronald L. 1997. *Optimizations in operations research*. Prentice Hall.
- [21] Sigurjón Arason. 2003. *Kennslugögn í Fiskiðnaðartækni I & II*, Háskóli Íslands, Reykjavík.
- [22] Sigurjón Arason, Heimir Tryggvason. 2006. *Útflutningsálag 2 (drög). Hráefnisrýrunun frá skipshlið til kaupenda erlendis*. Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. Reykjavík.
- [23] Snjólfur Ólafsson. 1995. *A Review of OR practice in Iceland*. European Journal of Operational Research 87 bls 456-460.
- [24] Sólveig Ingólfssdóttir. 1996. Rf tíðindi 10 árgangur, 2. tbl, Rannsóknastofnun Fiskiðnaðarins. Reykjavík.

- [25] Sólveig Ingólfssdóttir. 1996. *Seasonal Variations in some chemical and functional properties of cod (Gadus morhua) mince*, Meistararitgerð við Háskóla Íslands. Reykjavík.
- [26] Sveinn Margeirsson. 2003. *Nýting, gæði og eðliseiginleikar þorskafla*, Meistaraverkefnið við Háskóla Íslands. Reykjavík.
- [27] Sveinn Margeirsson og fleiri. 2006. *Infuencing factors on yield, gaping, bruises and nematodes*. Journal of Food Engineering [óbirt grein]
- [28] Valdimar Ingi Gunnarsson. 2001. *Meðhöndlun á fiski um borð í fiskiskipum*. Sjávarútvegur.is. Reykjavík.
- [29] Wallace, S. W., Snjólfur Ólafsson. 1994. *Nordic fisheries management model – description and experiment*. Nordic council of ministers.
- [30] Þorkell Helgason, Snjólfur Ólafsson. 1988. *An Icelandic fisheries model*. European Journal of Operational Research 33, issue 2, bls. 191-199.
- [31] Þórður Bogason. 1995, *Landflutningur á ferskum fiski*. Lokaverkefni í vélaverkfræði við Háskóla Íslands.

Vefsíður

- [32] Alþingis. 2006. *Lög nr 38/1990 – lög um stjórn fiskveiða*. Vefur heimsóttur 4. janúar 2006.
- [33] Fiskistofa. 2006. Vefur heimssóttur 4. janúar 2006.
- [34] Kvótaþing. 2006. www.kvotathing.is. Vefur heimsóttur 4. janúar 2006.
- [35] Fiskmarkaðar Íslands. 2006. www.fmis.is. Vefur heimssóttur 10. apríl 2006.
- [36] Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins. 2006. *Upplýsingaveit Rf*. Vefur heimsóttur 10. apríl 2006.
- [37] Siglingastofnun. 2006. www.sigling.is. Vefur heimssóttur 4. janúar 2006.

- [38] Sjávarútvegsráðuneytið. 2006. *Reglugerð nr. 240/2006 um grunnstuðla við mælingar á vinnslunýtingu um borð í skipum sem vinna afla um borð*. Vefur heimssóttur 10. apríl 2006.
- [39] Sjávarútvegsráðuneytið. 2006. *Reglugerð nr 303/1999 – reglugerð um afladagbækur*. heimssóttur 10. ágúst. 2006
- [40] Verðlagsstofa skiptaverðs. 2006. www.verdlagsstofa.is. Vefur heimssóttur 2. febrúar 2006.
- [41] Wikipedia. 2006. wikipedia.org/wiki/Multi-commodity_flow_problem. Vefur heimssóttur 10. ágúst. 2006

Viðtöl

- [42] Ásgeir Ragnarsson. 2006. Viðtal. 13. apríl 2006.
- [43] Guðmundur Smári Guðmundsson. 2006. Safn samtala 1. janúar til 20. september 2006.
- [44] Kristján Þórarinnsson, 2006. Viðtal 10. apríl 2006.
- [45] Runólfur Guðmundsson, 2006. Viðtal 15. mars. 2006.

Viðauki 1 – Samband hringorma og afkasta

Útleiðsla: Runólfur Viðar Guðmundsson

Í jöfnu 4.1 er sýnt samband á milli fjölda hringorma í þorskflaki og afkasta í fiskvinnslu. Hér að neðan má sjá útleiðslu á jöfnunni.

Tíminn sem fer í að hreinsa hringorma úr hráefni er

$$T_{\text{ormar}} = F \cdot M \cdot \frac{t_{\text{ormar}}}{3600} \quad (\text{V1.1})$$

þar sem T_{ormar} [klst.] er heildartími sem tekur starfsfólk fiskvinnslunnar að hreinsa alla hringormana úr fiskholdinu. F er fjöldi orma í fiskholdi [stk./kg], M er unnið magn [kg] og t_{ormar} er meðaltími sem tekur að hreinsa hvern hringorm úr fiskholdinu [sek]. Gert er ráð að t_{ormar} sé óháð fjölda hringorma í fiskinum. 3600 er fjöldi sek í klukkustund.

T_E er tíminn sem það tekur að vinna úr öllu hráefninu ef það væri ormalaust

$$T_E = \frac{M}{A_E} \quad (\text{V1.2})$$

þar sem A_E er afköst ef hráefnið sé ormalaust. Nálgun er gerð að tíminn sem tekur að vinna magnið M þegar hringormar eru í fiskinum er sami og tíminn sem tekur að vinna hringormalaust hráefni að viðbættum þeim tíma sem fer í að hringormahreinsa hráefnið.

$$\frac{M}{A_{\text{ormar}}} = T_E + T_{\text{ormar}} \quad (\text{V1.3})$$

A_{ormar} eru afköst þegar hringormar eru í hráefninu. Með innsetningu á jöfnum V1.1 og V1.2 inn í jöfnu V1.3 fæst

$$\frac{M}{A_{\text{ormar}}} = \frac{M}{A_E} + F \cdot M \cdot \frac{t_{\text{ormar}}}{3600} \quad (\text{V1.4})$$

Í jöfnu V1.4. þá styttest M út og margfaldað er í gegn með $A_{\text{ormar}} \cdot A_E$ og styttest út þá fæst

$$A_E = A_{\text{ormar}} \left(1 + \frac{A_E \cdot t_{\text{ormar}} \cdot F}{3600} \right) \quad (\text{V1.5})$$

og þar með fæst jafna 4.1 með því að deila sviganum í gegnum jöfnu V1.5.

$$A_{\text{ormar}} = \frac{A_E}{\left(1 + \frac{A_E \cdot t_{\text{ormar}} \cdot F}{3600} \right)} \quad (\text{V1.6})$$

Viðauki 2 – MPL kóði

{Runólfur Viðar Guðmundsson, 2006}

{MS - verkefni}

Title

Max_profit;

Options

ExcelWorkbook = " Excel - likan.xls"

ExcelSheetName = "Utgerd"

Index

v := (q,w,e,M,y,u,o,p,R,T,I,O,N);	!Veiðisvæði, 1 til 13
s := (C);	!Skip, 1 skip
h := (G,H);	!Höfn, 2 hafnir
r := (P, m, e);	!ráðstöfun, vinnsla, markað., erl m.
a := (A,B,C,D,K);	!Afurðir, 5 mismuandi afurðir
t := (1,2,3,4);	!tímabil, 4 tímabil
f := (x,b,c,d,i,j,k,l,m,n);	!fiskiflokkar, 10 flokkar

Variables

U[a,f];	! Magn af afurð a af fiskiflokki f.
DagV[t];	! Dagvinna
YfirV[t];	! yfirvinna
Dagar[v,s,t,h];	! Dagar á sjó á tilteknu veiðisvæði
Tut[f];	! Tilfærsla úr fiskiflokki f
Tinn[f];	! Tilfærsla í fiskiflokki f.
Winn[f];	! Kvóti leigður frá.
Wut[f];	! Kvóti Leigður Til.
K[f];	! Gervibreyta í kvótareikngum.
X[v,s,h,r=P,a,t,f]	! aukabreyta.
Y[v,s,h,t,f];	! afli
Z[v,s,h,r,t,f];	! afla dreift til vinnslu, markað eða erlendis
Q[v,s,h,r,a,t,f];	! hráefni dreift á vinnsluleiðir

Data

E1[t,f,v,s]	= Excelrange(Egrf);	! væntur afli fyrir Grundarfjörð
E2[t,f,v,s]	= Excelrange(Ehofn);	! væntur afli fyrir Hornafjörð
DMax[s,t]	= Excelrange(D);	! Dagar til umráða skip
DMin[s,t]	= Excelrange(Dmin);	! Lámarks dagar á sjó.
DV[t]	= Excelrange(DV);	! Dagar til umráða hjá vinnslu
BKVlaun	= Excelrange(DagV);	! Dagvinnu laun kr/klst
BKVyfir	= Excelrange(YfirV);	! Yfirvinna kr/klst
Menn	= Excelrange(Menn);	! fjöldi starfsmanna vinnslu
KV[f]	= Excelrange(KV);	! Kvóti fyrirtækis í tegund f.
KVinn[f]	= Excelrange(KVinn);	! Hámark leigt af kvóta f til
KVut[f]	= Excelrange(KVut);	! Hámark leigt af kvóta f frá
FiskV[f,r,t]	= Excelrange(FiskV);	! Fiskverð til skips
LeiguV[f]	= Excelrange(LeiguV);	! Leiguverð á kvóta
UTA[f]	= Excelrange(UTA);	! Útflutingsálag
BK[v,t,s,h]	= Excelrange(BK);	! Breytilegur kost. skips
HK[s]	= Excelrange(HK);	! Hlutfallsl. kost. skips
FK[s]	= Excelrange(FK);	! Fastur kostnaður skips
LK[h]	= Excelrange(LK);	! Löndunarkostnaður kr/kg
LHK[h]	= Excelrange(LHK);	! aflagjöld
MK	= Excelrange(MK);	! Markaðskostnaður
EMK	= Excelrange(EMK);	! Erlendur
BKV[a,f]	= Excelrange(BKV);	! Breytilegur kostnaður
FKV	= Excelrange(FKV);	! Fastur kostnaður vinnslu
AV[a,f]	= Excelrange(AV);	! Afurðarverð
N[v,t,a,f=x]	= Excelrange(NytingThorsk1);	! Nyting fyrir þorsk.
N2[v,t,a,f=b]	= Excelrange(NytingThorsk2);	! Nyting fyrir þorsk.
N3[v,t,a,f=c]	= Excelrange(NytingThorsk3);	! Nyting fyrir þorsk.
N4[v,t,a,f=d]	= Excelrange(NytingYsa);	! Nyting fyrir ýsu
N5[v,t,a,f=i]	= Excelrange(NytingUfsi);	! Nyting fyrir ufsa
N6[v,t,a,f=j]	= Excelrange(NytingKarfi);	! Nyting fyrir karfa
N7[v,t,a,f=k]	= Excelrange(NytingSteinb);	! Nyting fyrir steinbít
N8[v,t,a,f=l]	= Excelrange(NytingThykkva);	! Nyting fyrir þl.
N9[v,t,a,f=m]	= Excelrange(NytingSkar);	! Nyting fyrir skarkola
N10[v,t,a,f=n]	= Excelrange(NytingKeila);	! Nyting fyrir Keilu
THS[f]	= Excelrange(THS);	! Þorskígildisstuðlar
THB[f]	= Excelrange(THB);	! Hámarks tilfærsla í tegund.
THmest	= 0.05;	! Hámarks tilfærsla
Undir[f]	= Excelrange(Undir);	! Undirmáls afsláttur á kvóta
FLK[h,r]	= Excelrange(FLK);	! Flutningskostnaður
SS[a,f]	= Excelrange(SS);	! Sölusamningar

AFK[v,a,t,f,s=C]= Excelrange(Afkost); ! Afköst vinnslu
 VDV[r=1,t] = Excelrange(VDV); ! Fjöldi daga í vinnslu.
 Vtd = Excelrange(Vtd); ! Fjöldi tíma á dag sem unnið er.
 Vty = Excelrange(Vty); ! Fjöldi tíma á dag í yfirvinnu.
 SK = Excelrange(SK); ! Kostnaður vegna leigu á kvóta.
 Hlutfall = Excelrange(hlutfall); ! Lágmarksveiðihlutfall

Macro

Tekjur_skips = sum(f,r,t: FiskV * sum(v,h,s: Z))
 + sum(f: Wut * LeiguV);
 Gjold_skips = sum(v,s,t,h: BK * Dagar)
 + sum(f,r,t:FiskV * sum(v,h,s:Z*HK))
 + sum(v,h,r,t,f,s: Z * LK)
 + sum(v,h,r=2,t,f,s:MK * Z)
 + sum(v,s,h,r,t,f,s: LHK * Z * FiskV)
 + sum(v,h,r=3,t,f,s:EMK * Z)
 + sum(f: Winn * LeiguV)
 + SK * sum(f: Wut*LeiguV);

Tekjur_vinnslu = sum(a,f: U * AV);
 Gjold_vinnslu = sum(t: DagV * BKVlaun * Menn)
 + sum(t: YfirV * BKVyfir* Menn)
 + sum(f,r=1,t: FiskV * sum(v,h,s: Z))
 + sum(h,r: FLK * sum(v,s,t,f: Z))
 + FKV;

Model

Max Earnings = Tekjur_skips - Gjold_skips + Tekjur_vinnslu -
 Gjold_vinnslu;

Subject to

!kvótaskorður
 Kvoti1[f] : Undir * sum(v,s,t,h,r: Z) + Wut +Tut + sum(v,s,t,h,r=e: Z*
 UTA) = K + Winn + Tinn;
 kvoti3 : sum(f<4: K) = sum(f<4: KV);
 kvoti3b[f>3] : K = KV;
 Kvoti4[f] : Wut <= KVut;
 Kvoti5[f] : Winn <= KVinn;

!Tilfærsluskorður

sum(f: THS* Tinn) = sum(f: THS * Tut);

Tilf2 : sum(f:THS * Tinn) <= THmest * sum(f: THS * KV);

Tilf3[f] : Tinn <= THB * sum(f: THS * KV);

! Dreifing á afla

Balance2[v,s,h,t,f] : Y = sum(r: Z);

Balance3[v,s,h,r,t,f] : Z = sum(a: Q);

! Magn af afurð sem framleitt er.

afurd[a,f=x] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N*Q);

afurd2[a,f=b] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N2*Q);

afurd3[a,f=c] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N3*Q);

afurd4[a,f=d] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N4*Q);

afurd5[a,f=i] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N5*Q);

afurd6[a,f=j] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N6*Q);

afurd7[a,f=k] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N7*Q);

afurd8[a,f=l] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N8*Q);

afurd9[a,f=m] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N9*Q);

afurd1[a,f=n] : U <= sum(v,h,r=P,t,s: N10*Q);

!Aukabreyta notuð tileinföldunar í útreikning.

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=x] : X = N*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=b] : X = N2*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=c] : X = N3*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=d] : X = N4*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=i] : X = N5*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=j] : X = N6*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=k] : X = N7*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=l] : X = N8*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=m] : X = N9*Q;

aukabreyta[v,s,h,r=P,t,a,f=n] : X = N10*Q;

!Veiðiskorður

veidi[v,s,t,f,h=G] : Y = Dagar*E1; !Veiði á dag

veidi[v,s,t,f,h=H] : Y = Dagar*E2; !Veiði á dag

dagMax[s,t] : sum(v,h: Dagar) <= DMax; !Hámark daga á sjó

dagMin[s,t] : sum(v,h: Dagar) >= DMin; !Lágmark daga á

```

! vinnsluskorður
sala[a,f]      : U >= SS;    !Sölusamningar
timar[t]       :  DagV    *   Menn    +   YfirV    *   Menn    >=
                  sum(a,f,s,v,h=G,r=P:X/AFK)
                  + sum(a,f,s,v,h=H,r=P:X/AFK) ;    !afköstaskorða

Timar[t]       : DagV <= DV * Vtd;                      !Tímar í dagvinnu
Timary[t]      : YfirV <= DV * Vty;                      !Tímar í yfirvinnu

! lágmarks veiði
sum(v,s,h,t,f: THS * Y) >= Hlutfall * sum(f: THS * KV);

```

Bounds

```

DagV[t]>=0;
YfirV[t]>=0;
Dagar[v,t,s]>=0;
Y[v,s,h,t,f]>=0;
Z[v,s,h,r,t,f]>=0;
Q[v,s,h,r,a,t,f]>=0;
U[a,f]>=0;
Tut[f]>=0;
Tinn[f]>=0;
Winn[f]>=0;
Wut[f]>=0;
K[f]>=0;

```

End

Viðauki 3 – Tegundatilfærslur

Tilgangur með að besta tegundatilfærslurnar er sú að hámarka virði kvótans. Ef ekki væri fyrir umsýslugjald vegna kvótaleigu frá fyrirtækinu þá væri hægt að aðgreina tegundatilfærslu frá öðrum rekstri fyrirtækisins. Hægt væri því að hámarka verðmæti kvótans með tegundatilfærslum án þess að það komi niður á öðrum þáttum í rekstri fyrirtækisins. Umsýslugjald er 3% og því næst a.m.k. 97% af bestu lausn fyrir fyrirtækið eftir eftirfarandi líkan er notað óháð öðrum þáttum hjá fyrirtækinu.

Vísar

Tafla V3.1 vísar við hámrörkun tegundatilfærslu

Vísar	Skilgreining
f	Fisktegund.

Stikar

Tafla V3.2. stikar líkansins við tegundatilfærslu

Stikar	Skilgreining
KV_f	Úthlutaður kvóti af fisktegund f . [kg]
$LeiguV_f$	Leiguverð á kvóta fyrir fiski tegund f . [kr/kg]
THS_f	Þorskígildisstuðlar fyrir fisktegund f .
THB_f	Hámarks tilfærsla í fisktegund f . [%]
TH_{max}	Hámarks tilfærsla hjá fyrirtæki [%]

Breytur

Tafla V3.3 breytur líkanins

Breytur	Skilgreining
$Tinn_f$	Magn af kvóta flutt til fyrirtæki af fisktegund f . [kg]
Tut_f	Magn af kvóta flutt frá fyrirtæki af fisktegund f . [kg]

Markfall

$$\text{Max Verðmæti} = \sum_f (Tinn_f - Tut_f) \cdot LeiguV_f \quad (V3.1)$$

Skorður

Þrjú sett af skorðum eru notaðar til þess að stýra tegundatilfærslum. Jafna V3.2 tryggir að tilfærslur til fyrirtækisins séu jafnar og tilfærslur frá fyrirtækinu

$$\sum_f THS_f \cdot Tinn_f = \sum_f THS_f \cdot Tut_f \quad (V3.2)$$

Takmörk eru sett fyrir tilfærslum í einstaka fisktegundir og er skorða V3.3 sem tryggir að lög verða ekki brotinn

$$Tinn_f \leq THB \cdot \sum_f THS_f \cdot KV_f \text{ fyrir öll } f. \quad (V3.3)$$

Hvert fyrirtæki má færa að hámarki 5% af þorskígildum á milli tegunda eins og gert er í skorðu V3.4

$$\sum_f THS_f \cdot Tinn_f \leq THmax \cdot \sum_f THS_f \cdot KV_f \quad (V3.4)$$