

# **Efnahagslegar afleiðingar Kyoto - íslenskar atferlisjöfnur**

## **Lokaskýrsla**

Hagfræðistofnun Háskóla Íslands

Marías Halldór Gestsson

Friðrik Már Baldursson

Jón Þór Sturluson

Nóvember 2003

## **Formáli**

Í rannsóknarskýrslu þessari er gerð grein fyrir mati á staðkvæmdarteygni í eftirspurn eftir framleiðsluþáttum á Íslandi. Jafnframt eru þessir teygnistuðlar og almennt jafnvægislíkan Hagfræðistofnunar notaðir til þess að kanna áhrif takmarkana á losun gróðurhúsalofttegunda á íslenskt efnahagslíf með hliðsjón af Kyoto bókuninni. Ennfremur er kannað hvernig þetta mat breytist frá fyrri niðurstöðum þar sem stuðlar úr ýmsum alþjóðlegum rannsóknum eru notaðir.

Skýrslan var unnin af Maríasi H. Gestssyni hagfræðingi og Jóni Þór Sturlusyni hagfræðingi undir leiðsögn Friðriks Más Baldurssonar prófessors.

Verkefnið var styrkt af Vísindasjóði RANNÍS.

# Efnisyfirlit

Inngangur	bls. 1
Kafli 1. Líkön	bls. 3
1.1. Kyrrstæð líkön	bls. 4
1.2. Hálfkyrrstæð líkön	bls. 8
1.3. Villuleiðréttingarlíkön	bls. 14
Kafli 2. Atvinnugreinar, framleiðsluþættir og gögn	bls. 18
Kafli 3. Mat á líkönum	bls. 22
3.1. Matsaðferðir	bls. 23
3.2. Gögn notuð í matinu	bls. 24
3.3. Niðurstöður mats	bls. 26
3.4. Reiknaðir teygnistikar	bls. 26
Kafli 4. Almenna jafnvægislíkan Hagfræðistofnunar	bls. 37
4.1. Uppbygging líkansins	bls. 38
4.1.1. Heimili	bls. 38
4.1.2. Fyrirtæki	bls. 39
4.1.3. Hið opinbera	bls. 41
4.1.4. Jafnvægi	bls. 41
4.2. Hermun líkansins	bls. 42
4.3. Stikar sem ákvarðaðir eru utan líkansins	bls. 43
Kafli 5. Áhrif nýs mats á teygnistikum á jafnvægislíkan Hagfræðistofnunar	bls. 45
5.1. Nýjir teygnistikar	bls. 45
5.1.1. Skuggastaðkvæmdarteygni	bls. 46
5.1.2. Aðrar breytingar og athugasemdir	bls. 47

5.2. Samanburður	bls. 48
Kaflí 6. Áhrif nýs mats á spár líkans Hagfræðistofnunar	bls. 51
Lokaorð	bls. 54
Heimildaskrá	bls. 55
Viðauki A	bls. 56
Viðauki B	bls. 58
Viðauki C	bls. 60
Viðauki D	bls. 73

## Töflulisti

Tafla 2.1. Atvinnugreinaflokkun og framleiðsluþáttaskipting í líkani Hagfræðistofnunar	bls. 18
Tafla 2.2. Atvinnugreinaflokkun og framleiðsluþáttaskipting í rannsókninni	bls. 19
Tafla 2.3. Tímaraðirnar, gögnin og þeir aðilar sem gögnin voru fengin hjá	bls. 21
Tafla 3.1. Atvinnugreinar og framleiðsluþættir notaðir í matinu	bls. 25
Tafla 3.2. Kyrrstæða líkanið: Verðteygni (til langs tíma)	bls. 28
Tafla 3.3. Kyrrstæða líkanið: Staðkvæmdarteygni (til langs tíma)	bls. 29
Tafla 3.4. Kyrrstæða líkanið: Tækniteygni (til langs tíma)	bls. 30
Tafla 3.5. Hálfkyrrstæða líkanið: Skammtímaverðteygni	bls. 31
Tafla 3.6. Hálfkyrrstæða líkanið: Langtímaverðteygni	bls. 32
Tafla 3.7. Hálfkyrrstæða líkanið: Skammtímastaðkvæmdarteygni	bls. 33
Tafla 3.8. Hálfkyrrstæða líkanið: Langtímastaðkvæmdarteygni	bls. 34
Tafla 3.9. Hálfkyrrstæða líkanið: Skammtímateygni m.t.t. fjármuna og framleiðslu	bls. 35
Tafla 3.10. Hálfkyrrstæða líkanið: Tækniteygni (til langs tíma)	bls. 36

Tafla 4.1. Staðkvæmdarteygni milli vinnuafls, annars vegar, og fjármuna, olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar	bls. 43
Tafla 4.2. Stikar í líkaninu	bls. 44
Tafla 5.1. Staðkvæmdarteygni á milli vinnuafls, annars vegar, og fjármuna, vinnuafls, olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar	bls. 48
Tafla 5.2. Staðkvæmdarteygni á milli annarra aðfanga, annars vegar, og fjármuna, vinnuafls, olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar	bls. 49
Tafla 5.3. Staðkvæmdarteygni á milli fjármuna, annars vegar, og olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar	bls. 50
Tafla 6.1. Áhrif nýrra staðkvæmdarteygnistika á spár líkans Hagfræðistofnunar	bls. 51
Tafla C.1. Landbúnaður	bls. 61
Tafla C.2. Fiskveiðar	bls. 62
Tafla C.3. Iðnaður	bls. 63
Tafla C.4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	bls. 64
Tafla C.5. Rafmagn og hiti	bls. 65
Tafla C.6. Byggingarstarfsemi	bls. 66
Tafla C.7. Verslun og hótél	bls. 67
Tafla C.8. Samgöngur á landi	bls. 68

Tafla C.9. Samgöngur í lofti	bls. 69
Tafla C.10. Samgöngur á sjó	bls. 70
Tafla C.11. Póstur og fjarskipti	bls. 71
Tafla C.12. Starfsemi hins opinbera	bls. 72
Tafla D.1. Landbúnaður	bls. 74
Tafla D.2. Fiskveiðar	bls. 75
Tafla D.3. Iðnaður	bls. 76
Tafla D.4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	bls. 77
Tafla D.5. Rafmagn og hiti	bls. 78
Tafla D.6. Byggingarstarfsemi	bls. 79
Tafla D.7. Verslun og hótél	bls. 80
Tafla D.8. Samgöngur á landi	bls. 81
Tafla D.9. Samgöngur í lofti	bls. 82
Tafla D.10. Samgöngur á sjó	bls. 83
Tafla D.11. Póstur og fjarskipti	bls. 84
Tafla D.12. Starfsemi hins opinbera	bls. 85

## Inngangur

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir niðurstöðum úr rannsóknaverkefninu „Efnahagslegar afleiðingar Kyoto – íslenskar atferlisjöfnur“. Höfuðmarkmið verkefnisins er að styrkja vísindalegan grunn stefnumótunar í loftslagsmálum. Að þessu markmiði hefur verið unnið með því að styrkja hagamælingagrunn íslenskra haglíkana sem notuð eru til að líkja eftir efnahagsþróun til langs tíma. Þetta er gert með hagrannsóknum þar sem teygnistuðlar fyrir aðfangaeftirspurn á Íslandi eru metnir. Ennfremur eru þessir stuðlar heimfærðir á almennt jafnvægislíkan Hagfræðistofnunar til þess að kanna hvaða áhrif nýtt mat á þeim hefur á líkan Hagfræðistofnunar og spár þess.<sup>1</sup>

Í rannsókn Yngva Harðarsonar frá árinu 1993 (Harðarson (1993)) er eftirspurn eftir olú fyrir mismunandi atvinnugreinar metin. Þessi rannsókn er frábrugðin þeirri rannsókn þar sem markmiðið hér er að meta eftirspurn eftir sem flestum aðföngum og fyrir sem flestar atvinnugreinar. Markmið verkefnisins er því að geta sagt til um hvaða þættir hafa áhrif á eftirspurn eftir framleiðsluþáttum á Íslandi og hvaða afleiðingar breytingar á þessum þáttum hafa á eftirspurn. Í þessu felst að meta verður teygnistuðla, en með þeim er hægt að segja til um hvaða hlufallslegu breytingar verða á eftirspurn eftir framleiðsluþáttum þegar breytingar verða á þeim þáttum sem hafa áhrif á eftirspurn eftir þeim.

Margar rannsóknir hafa verið gerðar á aðfangaeftirspurn. Benda má á Berndt (1991), Dargay (1987), Berndt og Hesse (1986) fyrir yfirlit yfir eldri aðferðir og Christopoulos (2000), Urga (1999), Allen og Urga (1999) fyrir umfjöllun um nýrri aðferðir og rannsóknir.

Í kafla 1 er fjallað er ítarlega um líkönin sem skoðuð eru í þessari rannsókn. Í kafla 2 er fjallað um framleiðsluþátta- og atvinnuvegaskiptingu í rannsókninni auk þess sem



fjallað er um gögnin sem notuð eru. Í kafla 3 er fjallað um mat á líkönunum úr kafla 1 auk þess sem niðurstöður þess eru birtar. Í kafla 4 er gerð grein fyrir almennu jafnvægislíkani Hagfræðistofnunar og í kafla 5 er fjallað um þær breytingar sem verða á því í kjölfar mats á teygnistuðlum í þessari rannsókn. Í kafla 6 er síðan fjallað um áhrif nýs mats á spár almenna jafnvægislíkans Hagfræðistofnunar.

---

<sup>1</sup> Sjá: Hall, Clements og Sturluson (1998) varðandi umfjöllun um almenna jafnvægislíkan Hagfræðistofnunar. Líkanið hefur verið endurbætt nokkuð frá því sem fjallað er um í fyrrgreindri skýrslu.

## Kafli I. Líkön

Frá því að farið var að leggja mat á eftirspurn eftir framleiðsluþáttum hafa nokkrar tegundir líkana litið dagsins ljós. Til að byrja með var form framleiðslufalls skilgreint og það síðan metið með gögnum. Slíkar aðferðir gefa mat á staðkvæmdarteygni (e. elasticity of substitution) framleiðsluþátta. Síðan þróaðist aðferðafræðin út í að farið var að meta kostnaðar- og hagnaðarföll og eiginleikar framleiðslufallsins leiddir út frá þeim. Þær aðferðir gefa t.d. mat á staðkvæmdar- og verðteygni framleiðsluþátta.

Talað er um nokkrar tegundir líkana sem hafa verið metin og byggja á kostnaðarföllum. Þessi líkön eru m.a. mismunandi varðandi forsendur um möguleika fyrirtækja til að breyta eftirspurn sinni eftir framleiðsluþáttum. Í þessu sambandi beinast augun að fjármunum, sem gera má ráð fyrir að séu fremur tregbreytanlegir. Um þrjú þessara líkana er fjallað í þessum kafla. Með hliðsjón af þessari umfjöllun verða síðan leiddar út jöfnur sem hægt er að nota til þess að leggja mat á eftirspurn eftir framleiðsluþáttum í kafla 3, en í þeim kafla er fjallað um mat á þessum líkönum auk þess sem gerð er grein fyrir niðurstöðum úr mati á þeim. Í þessum kafla verður einungis gerð fræðilega grein fyrir líkönunum og þeim teygnistikum sem fá má með hjálp þeirra.

Fyrsta líkanið, sem fjallað er um í kafla 1.1, gerir ráð fyrir að allir framleiðsluþættir séu fullkomlega sveigjanlegir, þ.e. ef breytingar verða á utanaðkomandi aðstæðum geta fyrirtækin breytt eftirspurn sinni eftir framleiðsluþáttum án tafar. Líkön eins og þetta eru oft nefnd kyrrstæð líkön (e. static models). Annað líkanið, sem fjallað er um í kafla 1.2, gerir ráð fyrir að ákveðinn framleiðsluþáttur sé fastur til skamms tíma, þ.e. breytingar í utanaðkomandi þáttum hafa ekki áhrif á eftirspurn fyrirtækja eftir honum í bráð. Líkön sem þetta eru oft nefnd hálfkyrrstæð líkön (e. partial static models). Helsti kostur þessara líkana umfram kyrrstæðu líkönin er að gera má ráð fyrir að þau samrýmist betur þeim gögnum sem notuð eru auk þess sem þau gefa okkur bæði mat á skammtíma- og langtímateygnistuðlum. Hvað gögnin varðar má gera ráð fyrir að notuð séu árleg gögn til þess að meta líkanið og þar sem gera má ráð fyrir að

fjármunir (a.m.k. hluti þeirra) séu fastir þegar horft er til eins árs samrýmist hálfkyrrstæða líkanið gögnunum betur en það kyrrstæða. Í þriðja líkaninu er tekið tillit til þessara skammtíma- og langtímaeiginleika aðfangaeftirspurnar með því að nota villuleiðréttingarlíkön (e. error correction models). Fjallað er um þau líkön í kafla 1.3.

## 1.1. Kyrrstæð líkön

Til langs tíma litið má leiða eftirspurn fyrirtækja eftir framleiðsluþáttum út úr venjulegu vandamáli fyrirtækja, þ.e. því vandamáli sem felst í að velja þá samsetningu á framleiðsluþáttum sem lágmarka kostnað við að framleiða ákveðið magn af afurðunum. Ef gert er ráð fyrir að fyrirtæki séu verðtakar á framleiðsluþáttamarkaði má skrifa vandamál fyrirtækis á eftirfarandi hátt:

$$\begin{aligned} \text{Lágmarka} \quad C = \sum_{i=1}^N P_i x_i \\ \text{þ. a.} \quad y = f(x_1, x_2, \dots, x_N, t), \end{aligned} \tag{1.1}$$

þar sem gert er ráð fyrir að framleiðsla fyrirtækisins sé vaxandi í öllum framleiðsluþáttum, þ.e. jaðarframleiðsla er jákvæð, og að jaðarframleiðsla sé minnkandi, þ.e. ef  $f_i > 0$ ,  $f_{ii} < 0$   $i = 1, \dots, N$   $\left( f_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)$ .  $C$  er hér kostnaður,  $P_i$  er verð framleiðsluþáttar  $i$ ,  $x_i$  er fjöldi eininga af framleiðsluþætti  $i$  sem notaður er í framleiðslunni,  $y$  er framleitt magn og  $t$  er tímaþáttur sem er ætlað að taka tillit til tæknibreytinga í framleiðslu. Lausn vandamálsins gefur eftirfarandi eftirspurnarföll fyrir framleiðsluþættina:

$$x_i^d = d(P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_N, y, t), \quad i = 1, \dots, N, \tag{1.2}$$

þar sem eftirfarandi gildir:

$$MRTS_{j,i} = \frac{f_j}{f_i} = \frac{P_j}{P_i}, \quad i \neq j, \quad (1.3)$$

þar sem  $MRTS_{j,i}$  er jaðarstaðgönguhlutfall (e. marginal rate of substitution) framleiðsluþátta  $j$  og  $i$ . Með því að nota kostnaðarfallið úr jöfnu 1.1 og eftirspurnarfallið í jöfnu 1.2 má leiða út kostnaðarfall fyrirtækis:

$$\begin{aligned} C &= \sum_{i=1}^N P_i x_i^d \\ \Rightarrow C &= C(P_1, P_2, \dots, P_N, y, t). \end{aligned} \quad (1.4)$$

Kostnaðarfallið í jöfnu 1.4 er þar af leiðandi sá lágmarkskostnaður sem leggja þarf út í til þess að framleiða viðkomandi magn af afurðinni. Samkvæmt hjálparsetningu Shephards er jafna eftirspurnar eftir framleiðsluþætti  $i$  eftirfarandi:

$$x_i^d = \frac{\partial C}{\partial P_i} = d(P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_N, y, t). \quad (1.5)$$

Þessi niðurstaða mun koma að góðum notum síðar.

Kostnaðarfallið í jöfnu 1.4 má skrifa á eftirfarandi hátt:

$$\ln C = \ln C[\exp(\ln P_1), \exp(\ln P_2), \dots, \exp(\ln P_N), \exp(\ln y), t]. \quad (1.6)$$

Ef framkvæmd er 2. gráðu Taylorútvíkkun (e. Taylor expansion) á þessu falli um  $\ln P_1 = \ln P_2 = \dots = \ln P_N = \ln y = t = 0$ , þ.e.  $P_1 = P_2 = \dots = P_N = y = 1$ , fæst fall sem nefnt er umbreytt lógaríþmakostnaðarfall (e. translog cost function).<sup>2</sup> Fallið er eftirfarandi:

<sup>2</sup> Taylorútvíkkunin er sýnd í viðauka A.

$$\begin{aligned}
\ln C &= \ln \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \delta_{ij} \ln P_i \ln P_j \\
&+ \beta_y \ln y + \frac{1}{2} \delta_{yy} (\ln y)^2 + \beta_t t + \frac{1}{2} \delta_{tt} t^2 \\
&+ \sum_{i=1}^N \delta_{iy} \ln P_i \ln y + \sum_{i=1}^N \delta_{it} (\ln P_i) t + \delta_{yt} (\ln y) t,
\end{aligned} \tag{1.7}$$

þar sem  $\alpha$ ,  $\beta_i$ ,  $\beta_y$ ,  $\beta_t$ ,  $\delta_{ij}$ ,  $\delta_{yy}$ ,  $\delta_{tt}$ ,  $\delta_{iy}$ ,  $\delta_{it}$  og  $\delta_{yt}$  eru stuðlar. Jafnframt gildir að  $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ ,  $\delta_{iy} = \delta_{yi}$ ,  $\delta_{it} = \delta_{ti}$  and  $\delta_{yt} = \delta_{ty}$ , þ.e. setning Youngs gildir .

Áður en lengra er haldið er gott að kanna nokkra eiginleika fallsins í jöfnu 1.7, og þar af leiðandi nokkra af eiginleikum undirliggjandi framleiðslufalls, sem eru mögulegir ef ákveðin skilyrði eru fyrir hendi. Ef kostnaðarfallið er einsleitt af fyrstu gráðu (e. homogenous of degree one) í verði framleiðsluþátta, gildir að

$$\sum_{i=1}^N \beta_i = 1 \text{ og } \sum_{i=1}^N \delta_{ij} = \sum_{j=1}^N \delta_{ji} = \sum_{i=1}^N \delta_{iy} = \sum_{i=1}^N \delta_{it} = 0. \tag{1.8}$$

Einnig fæst stöðug stærðarhagkvæmni (e. constant returns to scale) undirliggjandi framleiðslufalls ef  $\beta_y = 1$  og  $\delta_{yy} = \delta_{iy} = \delta_{yt} = 0$ .

Samkvæmt hjálparsetningu Shephards gildir eftirfarandi:

$$\frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{P_i}{C} \times \frac{\partial C}{\partial P_i} = \frac{P_i x_i^d}{C}. \tag{1.9}$$

Ef við notum okkur að  $\sum_{i=1}^N P_i x_i^d = C$  fáum við að  $S_i = \frac{P_i x_i^d}{C}$  og að  $\sum_{i=1}^N S_i = 1$ . Þ.e.a.s.

með því að diffra jöfnu 1.7 með tilliti til  $\ln P_i$  fáum við:

$$S_i = \beta_i + \sum_{j=1}^N \delta_{ij} \ln P_j + \delta_{iy} \ln y + \delta_{it} t \quad i = 1, \dots, N, \tag{1.10}$$

þar sem  $S_i$  er hlutfall framleiðsluþátta  $i$  í heildarframleiðslukostnaði.

Eins og sjá má af jöfnu 1.2 er eftirspurn eftir framleiðsluþáttum háð verði framleiðsluþáttanna, framleiðslumagni og tæknistigi. Ef stuðlarnir í jöfnu 1.7 eru þekktir má nota þá, ásamt gögnunum, til þess að kanna áhrif þessara breyta á eftirspurn eftir þáttunum, t.d. með því að reikna teygnistuðla. Nú verður fjallað um hvernig þetta er gert.

Byrjum á að finna verð- og staðkvæmdarteygni (e. price- and substitution elasticities) framleiðsluþátta. Staðkvæmdarteygnin er eftirfarandi ( $\sigma_{ij}$ ):<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}\sigma_{ij} &= \frac{\delta_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j}, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad i \neq j \text{ og} \\ \sigma_{ii} &= \frac{\delta_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2}, \quad i = 1, \dots, N.\end{aligned}\tag{1.11}$$

Staðkvæmdarteygnin sem fæst með jöfnu 1.11 er nefnd Allen hlutastaðkvæmdarteygni (e. Allen partial elasticity of substitution). Nauðsynlegt er að nota þessa tegund staðkvæmdarteygni hér þar sem framleiðsluþættir eru fleiri en tveir eins og fjallað verður um í næsta kafla. Hafa verður í huga þegar staðkvæmdarteygni milli tveggja ákveðinna framleiðsluþátta er reiknuð með jöfnu 1.11 að þeir geta verið staðkvæmdarþættir (e. substitutes) eða stuðningsþættir (e. complements). Ástæða þessa er sú að notkun á öllum öðrum framleiðsluþáttum getur verið að breytast þegar staðkvæmdarteygni er reiknuð milli ákveðinna tveggja þátta, þ.e. um er að ræða hlutastaðkvæmdarteygni. Þegar staðkvæmdarteygni á milli tveggja þátta er neikvæð eru þessir sömu þættir stuðningsþættir en staðkvæmdarþættir þegar hún er jákvæð.

Verðteygni eftirspurnar ( $\varepsilon_{ij}$ ) er eftirfarandi (Berndt (1991), bls 475):

<sup>3</sup> Sjá Berndt (1991), bls. 475. Staðkvæmdarteygni á milli tveggja framleiðsluþátta er skilgreind sem  $\sigma_{ij} = \frac{\partial \ln(x_i / x_j)}{\partial \ln(P_j / P_i)}$ . Þessi jafna er sértílvik af jöfnu 1.11, þ.e. þegar aðeins er um að ræða tvo framleiðsluþætti er jafna 12 eins og hún (sjá Chambers (1998), bls. 34).

$$\begin{aligned}\varepsilon_{ij} &= \frac{\delta_{ij} + S_i S_j}{S_i}, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad i \neq j \text{ og} \\ \varepsilon_{ii} &= \frac{\delta_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i}, \quad i = 1, \dots, N,\end{aligned}\tag{1.12}$$

þar sem  $\varepsilon_{ij} = S_j \sigma_{ij}$ ,  $i, j = 1, \dots, N$ . Verðteygni segir til um hve miklar hlutfallslegar breytingar verða á eftirspurn eftir framleiðsluþætti þegar verð á þeim þætti (eigin verðteygni) eða á öðrum þætti (verðvíxlteygni) hækkar um 1%. Ef verðvíxlteygnin er neikvæð er um stuðningsþætti að ræða en staðkvæmdarþætti ef hún er jákvæð.

## 1.2. Hálfkyrrstæð líkön

Líkanið sem fjallað var um í kafla 1.1 byggir á þeirri forsendu að allir framleiðsluþættir séu fullkomlega sveigjanlegir. Þegar hálfkyrrstætt líkan er notað er gert ráð fyrir að einn framleiðsluþáttur sé fastur með hliðsjón af þeim gögnum sem notuð eru en að hinir þættirnir séu fullkomlega sveigjanlegir. Fasti þátturinn er fjármunir.

Líkt og áður er gert ráð fyrir að fyrirtækin velji notkun sína á sveigjanlegu þáttunum þannig að kostnaður við að framleiða hvert magn af afurðinni sé í lágmarki að gefnu því magni sem til staðar er af fasta framleiðsluþættinum ( $x_N$ ). Ef gert er ráð fyrir að fyrirtæki séu verðtakar á framleiðsluþáttamarkaði má skrifa vandamál fyrirtækis, til skamms tíma, á eftirfarandi hátt:

$$\begin{aligned}\text{Lágmarka} \quad C &= \sum_{i=1}^N P_i x_i \\ \text{þ. a.} \quad y &= f(x_1, x_2, \dots, x_{N-1}, x_N, t).\end{aligned}\tag{1.13}$$

Gert er ráð fyrir sömu eiginleikum framleiðslufallsins og í kafla 1.1. Lausn vandamálsins í jöfnu 1.13 gefur eftirspurn til skamms tíma eftir sveigjanlegu þáttunum:

$$x_i^d = d(P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_{N-1}, x_N, y, t), \quad i = 1, \dots, N-1. \quad (1.14)$$

Með því að nota kostnaðarfallið úr jöfnu 1.13 og eftirspurnarfallið úr jöfnu 1.14 má leiða út skammtímakostnaðarfall:

$$\begin{aligned} C &= \sum_{i=1}^{N-1} P_i x_i^d + P_N x_N \\ \Rightarrow C &= VC(P_1, P_2, \dots, P_{N-1}, x_N, y, t) + P_N x_N, \end{aligned} \quad (1.15)$$

þar sem  $VC$  er breytilegt kostnaðarfall. Kostnaðarfallið í jöfnu 1.15 stendur, þar af leiðandi, fyrir lágmarkskostnað við að framleiða ákveðið magn,  $y$ , af afurðinni að gefnu tæknistigi,  $t$ , og magni fasta framleiðsluþáttarins,  $x_N$ . Samkvæmt hjálparsetningu Shephards má skrifa eftirspurn eftir hverjum af breytilegu framleiðsluþáttunum á eftirfarandi hátt:

$$x_i^d = \frac{\partial VC}{\partial P_i} = d(P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_{N-1}, x_N, y, t). \quad (1.16)$$

Breytilega kostnaðarfallið, eða breytilega hluta skammtímakostnaðarfallsins, úr jöfnu 1.15 má skrifa á eftirfarandi hátt:

$$\ln VC = \ln VC[\exp(\ln P_1), \exp(\ln P_2), \dots, \exp(\ln P_{N-1}), \exp(\ln x_N), \exp(\ln y), t]. \quad (1.17)$$

Eins og áður er notuð Taylorútvíkkun á þessu falli, nú um  $\ln P_1 = \ln P_2 = \dots = \ln P_{N-1} = \ln x_N = \ln y = t = 0$ , þ.e.  $P_1 = P_2 = \dots = P_{N-1} = x_N = y = 1$ , sem gefur okkur eftirfarandi afbrigði af umbreyttu lógariþmakostnaðarfallinu:<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Taylorútvíkkunin er sýnd í viðauka B.



$$\begin{aligned}
\ln VC &= \ln \alpha + \sum_{i=1}^{N-1} \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} \delta_{ij} \ln P_i \ln P_j \\
&+ \beta_x \ln x_N + \frac{1}{2} \delta_{xx} (\ln x_N)^2 + \beta_y \ln y \\
&+ \frac{1}{2} \delta_{yy} (\ln y)^2 + \beta_t t + \frac{1}{2} \delta_{tt} t^2 \\
&+ \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{ix} \ln P_i \ln x_N + \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{iy} \ln P_i \ln y \\
&+ \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{it} (\ln P_i) t + \delta_{xy} \ln x_N \ln y \\
&+ \delta_{xt} (\ln x_N) t + \delta_{yt} (\ln y) t,
\end{aligned} \tag{1.18}$$

þar sem  $\alpha$ ,  $\beta_i$ ,  $\beta_x$ ,  $\beta_y$ ,  $\beta_t$ ,  $\delta_{ij}$ ,  $\delta_{xx}$ ,  $\delta_{yy}$ ,  $\delta_{tt}$ ,  $\delta_{ix}$ ,  $\delta_{iy}$ ,  $\delta_{it}$ ,  $\delta_{xy}$ ,  $\delta_{xt}$  og  $\delta_{yt}$  eru stuðlar. Setning Youngs setur eftirfarandi samhverfuskilyrði á stuðlana:  $\delta_{ij} = \delta_{ji}$ ,  $\delta_{ix} = \delta_{xi}$ ,  $\delta_{iy} = \delta_{yi}$ ,  $\delta_{it} = \delta_{ti}$ ,  $\delta_{xy} = \delta_{yx}$ ,  $\delta_{xt} = \delta_{tx}$  og  $\delta_{yt} = \delta_{ty}$ .

Eins og í kafla 1.1 er gott að kanna nokkra eiginleika breytilega kostnaðarfallsins í jöfnu 1.18 og, þar af leiðandi, nokkra af eiginleikum undirliggjandi framleiðslufalls, sem til staðar eru ef ákveðin skilyrði eru fyrir hendi. Ef breytilega kostnaðarfallið er einsleitt af fyrstu gráðu (e. homogenous of degree one) í verði breytilegu framleiðsluþáttanna gildir eftirfarandi:

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^{N-1} \beta_i &= 1 \text{ og} \\
\sum_{i=1}^{N-1} \delta_{ij} &= \sum_{j=1}^{N-1} \delta_{ji} = \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{ix} = \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{iy} = \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{it} = 0, \quad i, j = 1, \dots, N-1.
\end{aligned} \tag{1.19}$$

Einnig, ef stöðug stærðarhagkvæmni (e. constant returns to scale) einkennir undirliggjandi framleiðslufall gildir eftirfarandi (Berndt og Hesse (1986), bls. 965):

$$\begin{aligned}
\beta_x + \beta_y &= 1 \text{ and} \\
\delta_{xx} + \delta_{xy} &= \delta_{yy} + \delta_{yx} = \delta_{xt} + \delta_{yt} = \delta_{ix} + \delta_{iy} = 0, \quad i = 1, \dots, N-1.
\end{aligned} \tag{1.20}$$

Samkvæmt hjálparsetningu Shephards gildir eftirfarandi þegar  $N$ -ti framleiðsluþátturinn er fastur:

$$\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln P_i} = \frac{P_i}{VC} \times \frac{\partial VC}{\partial P_i} = \frac{P_i x_i^d}{VC}, \quad i = 1, \dots, N-1. \quad (1.21)$$

Ef við notum okkur að  $\sum_{i=1}^{N-1} P_i x_i^d = VC$  fáum við að  $S_i = \frac{P_i x_i^d}{VC}$  og að  $\sum_{i=1}^{N-1} S_i = 1$ . Þ.e.a.s.

með því að diffra jöfnu 1.18 með tilliti til  $\ln P_i$  fæst eftirfarandi:

$$S_i = \beta_i + \sum_{j=1}^{N-1} \delta_{ij} \ln P_j + \delta_{ix} \ln x_N + \delta_{iy} \ln y + \delta_{it} t \quad i = 1, \dots, N-1, \quad (1.22)$$

þar sem  $S_i$  hlutfall kostnaðar vegna framleiðsluþáttar  $i$  og breytilegs kostnaðar.

Fyrsta afleiða breytilega kostnaðarfallsins með tilliti til fasta framleiðsluþáttarins er jöfn skuggavirði þess þáttar, þar sem afleiðan gefur breytingu á breytilegum kostnaði sem hlýst af aukningu á þeim þætti. Með því að nota þetta og álíka rök og sett voru fram þegar jafna 1.21 var fengin, fáum við eftirfarandi jöfnu með því að diffra kostnaðarfallið í jöfnu 1.18:

$$S_x = \frac{-R_x x_N}{VC} = \beta_x + \sum_{j=1}^{N-1} \delta_{ix} \ln P_j + \delta_{xx} \ln x_N + \delta_{xy} \ln y + \delta_{xt} t, \quad (1.23)$$

þar sem  $S_x$  er mælikvarði á hlutfall kostnaðar vegna fasta framleiðsluþáttarins og breytilegs kostnaðar og  $-R_x$  er skuggavirði fasta framleiðsluþáttarins. Gera má ráð fyrir að skuggavirðið sé jafnt verði hans ( $P_x$ ) til langs tíma litið en til skamms tíma litið getur verið mismunur þar á vegna sveiflna í framboði á og eftirspurn eftir framleiðsluþættinum.

Eins og sjá má af jöfnu 1.14 er skammtímaeftirspurn eftir breytilegu framleiðsluþáttunum háð verði þeirra, því magni af fasta framleiðsluþættinum sem til staðar er, framleiðslumagni og tæknistigi. Skammtímaeftirspurnarföllin einkennast, samanborið við langtímaeftirspurnarföll, af því að í þeim koma áhrif breytinga á verði

breytilegu framleiðsluþáttana fram að gefnu því magni af fasta framleiðsluþættinum sem til staðar er.

Ef stuðlarnir í jöfnu 1.18 eru þekktir má nota þá, ásamt gögnunum, til þess að kanna áhrif þessara breyta á skammtímaeftirspurn eftir sveigjanlegu framleiðsluþáttunum með því að reikna teygnistuðla. Fjöllum nú um hvernig þetta er gert.

Til þess að kanna áhrif breytinga á verði breytilegu framleiðsluþáttanna á eftirspurn eftir þeim er bæði reiknuð staðkvæmdarteygni (e. elasticity of substitution) og verðteygni (e. price elasticity), bæði eigin verðteygni þátta og verðvíxlteygni milli þeirra. Teygnistuðlarnir eru reiknaðir á sama hátt og í kafla 1.1 nema að  $S_i$  stendur nú fyrir hlutfall kostnaðar vegna þáttar  $i$  og breytilegs kostnaðar (Dargay (1987), bls. 97). Staðkvæmdarteygni ( $\sigma_{ij}$ ) er eftirfarandi:

$$\sigma_{ij} = \frac{\delta_{ij} + S_i S_j}{S_i S_j}, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, \dots, N-1. \quad (1.24)$$

$$\sigma_{ii} = \frac{\delta_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i^2}, \quad i = 1, \dots, N-1. \quad (1.25)$$

Verðteygni ( $\varepsilon_{ij}$ ) er eftirfarandi:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\delta_{ij} + S_i S_j}{S_i}, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, \dots, N-1. \quad (1.26)$$

$$\varepsilon_{ii} = \frac{\delta_{ii} + S_i^2 - S_i}{S_i}, \quad i = 1, \dots, N-1. \quad (1.27)$$

þar sem  $\varepsilon_{ij} = S_j \sigma_{ij}$  eins og áður.

Könnum nú hvernig hægt er að kanna langtímaeftirspurn eftir framleiðsluþáttunum, þ.e. eftirspurn þegar allir framleiðsluþættirnir eru fullkomlega sveigjanlegir eins og hún var sett fram í jöfnu 1.2. Eins og áður var fjallað um má gera ráð fyrir að skuggavirði fasta framleiðsluþáttarins sé jafnt verði hans til langs tíma litið, þ.e.  $-R_x = P_x$ . Ef þetta skilyrði er sett inn í jöfnu 1.23 má reikna út (langtíma-) gildi fasta

þáttarins með tölulegum aðferðum með því að nota stuðlana úr jöfnu 1.18, séu þeir þekktir, og gögnin.<sup>5</sup> Þessi afleiddu gögn, ásamt upphaflegu gögnunum og stuðlunum úr jöfnu 1.18 má síðan nota til þessa að reikna langtímateygnistuðlana (Dargay (1987), bls. 99 – 100).

Langtímastaðkvæmdarteygni er eftirfarandi á milli þeirra þátta sem eru fullkomlega sveigjanlegir til skamms tíma:

$$\sigma_{ii}^L = \frac{C}{VC} \left[ \sigma_{ii}^S - \frac{(S_i S_x + \delta_{ix})^2}{(\delta_{xx} + S_x^2 - S_x) S_i^2} \right], \quad i = 1, \dots, N-1, \quad (1.28)$$

$$\sigma_{ij}^L = \frac{C}{VC} \left[ \sigma_{ij}^S - \frac{(S_i S_x + \delta_{ix})(S_j S_x + \delta_{jx})}{(\delta_{xx} + S_x^2 - S_x) S_i S_j} \right], \quad i \neq j, \quad i, j = 1, \dots, N-1, \quad (1.29)$$

þar sem ofanskrifin  $L$  þýðir að um langtímateygnistuðul sé að ræða og  $S$  þýðir að um skammtímateygnistuðul sé að ræða, þ.e. teygnistuðulinn úr jöfnum 1.24 og 1.25. Langtímastaðkvæmdarteygni á milli framleiðsluþáttarins sem er fastur til skamms tíma og hinna framleiðsluþáttanna er eftirfarandi:

$$\sigma_{xx}^L = -\frac{C}{VC} \left[ \frac{1}{\delta_{xx} + S_x^2 - S_x} \right], \quad (1.30)$$

$$\sigma_{ix}^L = -\frac{C}{VC} \left[ \frac{S_i S_x + \delta_{ix}}{(\delta_{xx} + S_x^2 - S_x) S_i} \right], \quad i = 1, \dots, N-1. \quad (1.31)$$

Langtímaverðteygni, bæði eigin verðteygni og verðvixlteygni má síðan reikna með því að nota eftirfarandi jöfnu, sem hefur komið fyrir áður en er nú aðeins breytt:

$$\varepsilon_{ij}^L = S_j^T \sigma_{ij}^L, \quad i, j = 1, \dots, N, \quad (1.32)$$

þar sem  $S_j^T$  er hlutfall kostnaðar vegna framleiðsluþáttar  $j$  og heildarframleiðslukostnaðar.

<sup>5</sup> Nota þarf tölulegar (e. numerical) aðferðir þar sem ekki er hægt að leysa jöfnuna beint m.t.t. magns fasta þáttarins.

Hafa verður í huga að teygnistuðlarnir sem fengnir eru með þeim útreikningum sem lýst hefur verið í þessum kafla eru tímaraðir, þ.e. það fást teygnistuðlar fyrir hvern tímamark, t.d. hvert ár, á gagnatímabilinu. Til þess að leggja mat á hvern teygnistuðul verður því t.d. að nota meðaltal hans yfir tímabilið. Þetta á einnig við um þá teygnistika sem settir eru fram í kafla 1.1.

### 1.3. Villuleiðréttingarlíkön

Villuleiðréttingarlíkön hafa nokkuð rutt sér til rúms á undanförunum árum við mat teygnistuðlum í aðfangaeftirspurn til skamms og langs tíma. Umfjöllunin hér miðast einkum við rannsókn Chris Allen og Giovanni Urga frá árinu 1999 (Allen og Urga (1999)).

Gerum ráð fyrir að skrifa megi vektor hlutfalla framleiðsluþátta í heildarkostnaði á tíma  $t$  ( $S_t$ ) sem  $ADL(1,1)$  feril:

$$S_t = AS_t^* + BS_{t-1}^* + CS_{t-1}, \quad (1.33)$$

þar sem  $S_t^*$  er vektor hlutfallanna í jafnvægi, eða til langs tíma, á tíma  $t$ , og  $A$ ,  $B$  og  $C$  eru  $(N \times N)$  fylki stuðla ( $N$ : fjöldi framleiðsluþátta). Út úr jöfnu 1.33 má leiða almennt villuleiðréttingarlíkan (e. generalized error correction model (GECM)):

$$\Delta S_t = G\Delta S_t^* + K(S_{t-1}^* - S_{t-1}), \quad (1.34)$$

þar sem  $\Delta = 1 - L$  og  $L$  er tafvirki (e. lag operator),  $G = A$  og  $K = I - C = A + B$ .

Ljóst er að jöfnurnar í 1.34 eru línulega háðar þar sem  $\sum_{i=1}^N S_{i,t} = \sum_{i=1}^N S_{i,t}^* = 1$  ( $S_i$  er hlutfall framleiðsluþátta  $i$  og fjöldi framleiðsluþátta er  $N$ ). Þar af leiðandi verða eftirfarandi skilyrði að halda:

$$i'G = mi' \text{ og } i'K = hi', \quad (1.35)$$

þar sem  $i$  er einingavektor og  $m$  og  $h$  eru fastar. Það er því ljóst að ef meta á kerfið í 1.34 verður að eyða einni jöfnu út úr jöfnukerfinu. Jöfnukerfið sem er metið verður því:

$$\Delta S_t = G^n \Delta S_t^* + K^n (S_{t-1}^* - S_{t-1}), \quad (1.36)$$

þar sem  $G^n$  og  $K^n$  eru  $(N-1) \times (N-1)$  fylki. Síðan má nota skilyrðin í 1.35 til þess að meta stuðla þeirrar jöfnu sem eytt er út.

Vandamál sem upp kemur við mat á jöfnunum í 1.36 er kerfið er ekki kennt (e. identified). Lausnin á því vandamáli felst í að setja nokkrar takmarkanir á stuðla  $G^n$  og  $K^n$  fylkjanna. Þessar takmarkanir felast í að nota eftirfarandi kostnaðarfall, en það tekur tillit til fráviks frá jafnvægi (sjá Allen og Urga (1999), bls. 407):

$$\begin{aligned} \ln C_t = & m \ln C_t^* + (1-m) \sum_{i=1}^N S_{i,t-1} \ln p_{i,t} + (1-m) \left( \sum_{i=1}^N S_{i,t-1} \ln p_{i,t} - \sum_{t=1}^N S_{i,t-1}^* \ln p_{i,t} \right) \\ & + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N b_{ij} (S_{j,t-1}^* - S_{j,t-1}) \ln p_{i,t}, \end{aligned} \quad (1.37a)$$

þar sem  $C_t$  er kostnaður,  $C_t^*$  er kostnaður í jafnvægi og  $b_{ij}$  er stak úr  $B$  menginu í jöfnum 1.33. Fyrsti mismunur kostnaðarfallsins er eftirfarandi (sjá Allen og Urga (1999), bls. 412):

$$\begin{aligned} \Delta \ln C_t = & m \Delta \ln C_t^* + (1-m) \sum_{i=1}^N S_{i,t-1} \Delta \ln p_{i,t} + b (\ln C_{t-1}^* - \ln C_{t-1}) \\ & + b \sum_{i=1}^N (S_{i,t-1}^* - S_{i,t-1}) \Delta \ln p_{i,t} + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N b_{ij} (S_{j,t-1}^* - S_{j,t-1}) (\Delta \ln p_{i,t} - \Delta \ln p_{j,t}), \end{aligned} \quad (1.37b)$$

Í jafnvægi, eða til langs tíma, gildir að  $S_{i,t} = S_{i,t}^*$ ,  $i=1, \dots, N$ . Annað hvort föst aðfangaverð eða föst breyting aðfangaverða getur valdið því að þetta heldur í

jafnvægi. Ef aðfangaverð eru föst ( $\Delta \ln p_{i,t} = 0, i = 1, \dots, N$ ) gildir að  $\ln C_t = \ln C_t^* = \ln C_{t-1}^*$ . Ef aðfangaverð breytast um ákveðið hlutfall ( $\Delta \ln p_{i,t} = \pi, i = 1, \dots, N$ ) gildir að  $\ln C_t^* = \ln C_{t-1}^* + \pi$ .

Út frá jöfnu 1.37a getum við reiknað kostnaðarhlutföllin með því að nota hjálparsetningu Shephards, eins og áður. Þá fást eftirfarandi kostnaðarhlutfallsjöfnur:

$$\frac{\partial \ln C_t}{\partial \ln p_{i,t}} = S_{i,t} = mS_{i,t}^* + (1-m)S_{i,t-1} + \sum_{j=1}^N b_{ij} (S_{j,t-1}^* - S_{j,t-1}), \quad i = 1, \dots, N. \quad (1.38a)$$

Á fylkjaformi yrði jöfnukerfið því:

$$S_t = mS_t^* + (1-m)S_{t-1} + B(S_{t-1}^* - S_{t-1}). \quad (1.38b)$$

Með umskrift fæst síðan eftirfarandi villuleiðréttingarlíkan:

$$\Delta S_t = m\Delta S_t^* + K(S_{t-1}^* - S_{t-1}), \quad (1.39a)$$

þar sem  $K = mI + B$  og rætur fylkisins  $K - I$  liggja innan einingarringsins (e. unit circle) (sjá Allen og Urga (1999), bls. 412). Líkanið 1.39a er kallað almennt villuleiðréttingarlíkan að hluta (e. partially generalized error correction model (PGECEM)). Hver af jöfnum 1.39a er:

$$\Delta S_{i,t} = m\Delta S_{i,t}^* + \sum_{j=1}^N k_{ij} (S_{j,t-1}^* - S_{j,t-1}). \quad (1.39b)$$

Stuðlana í jöfnum 1.37 og 1.39 má síðan nota ásamt gögnunum til þess að reikna út skammtíma- og langtímateygnistuðla í aðfangaeftirspurn. Verðteygni til skamms tíma ( $\varepsilon_{ij}$ ) er eftirfarandi:

$$\varepsilon_{ii} = \frac{mg_{ii}}{S_i} + S_i - 1, \quad i = 1, \dots, N, \quad (1.40)$$

$$\varepsilon_{ij} = \frac{mg_{ij}}{S_i} + S_j, \quad i \neq j, \quad i = 1, \dots, N, \quad (1.41)$$

þar sem  $g_{ij} = \frac{\partial S_i}{\partial \ln p_j}$ . Verðteygni til langs tíma ( $\varepsilon_{ij}^L$ ) er eftirfarandi:

$$\varepsilon_{ii}^L = \frac{g_{ii}}{S_i} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln p_i} - 1, \quad i = 1, \dots, N, \quad (1.42)$$

$$\varepsilon_{ij}^L = \frac{g_{ij}}{S_i} + \frac{\partial \ln C}{\partial \ln p_i}, \quad i \neq j, \quad i = 1, \dots, N, \quad (1.43)$$

Staðkvæmdarteygni ( $\sigma_{ij}$ ), bæði til skamms og langs tíma, má síðan reikna með því að nota vel þekkt samband verð- og staðkvæmdarteygni:  $\varepsilon_{ij} = S_j \sigma_{ij}$ .



## Kaflí II. Atvinnugreinar, framleiðsluþættir og gögn

Eins og áður sagði er í rannsókninni tekið mið af atvinnugreina- og framleiðsluþáttaskiptingu í almenna jafnvægislíkani Hagfræðistofnunar þegar þessar skiptingar eru ákveðnar. Atvinnugreinaskipting þess líkans er byggð á ISIC atvinnugreinaflokkun Sameinuðu þjóðanna frá árinu 1968 (e. International Standard Industrial Classification of All Economic Activity; United Nations 1968). Atvinnugreina- og framleiðsluþáttaskipting þess er sýnd í töflu 2.1:

Tafla 2.1. Atvinnugreinaflokkun og framleiðsluþáttaskipting í líkani Hagfræðistofnunar

Atvinnugreinaskipting	
Atvinnugrein	ISIC NR
1. Landbúnaður	11
2. Fiskveiðar	13
3. Fiskiðnaður	30
4. Önnur matvælaframleiðsla	31
5. Annar iðnaður	32 - 36, 38 - 39
6. Ál og kísiljárnframleiðsla	37
7. Rafmagn, hiti o.fl.	41 - 42
8. Byggingarstarfsemi	50
9. Verslun, hótél og veitingastaðir	61 - 63
10. Samgöngur á landi	712 - 714
11. Samgöngur í lofti	717 - 718
12. Samgöngur á sjó	715 - 716
13. Önnur ferðaþjónusta ásamt pósti og fjarskiptum	719 - 720 og 72
14. Fjármálastofnanir, tryggingar, fasteignaviðskipti og þjónusta við atvinnurekstur	81 - 83
15. Önnur þjónusta	93 - 96
16. Hið opinbera	-
Framleiðsluþáttaskipting	
1. Vinnuafli	
2. Fjármunir	
3. Olía	
4. Rafmagn	
5. Vetni	
6. Önnur aðföng	

Með hliðsjón af þessu og markmiðum rannsóknarinnar, þ.e. að gera mögulegt að kanna áhrif Kyoto bókunarinnar á íslenskt efnahagslíf með almenna jafnvægislíkani Hagfræðistofnunar, er í þessari rannsókn stuðst við þá atvinnugreina- og framleiðsluþáttaskiptingu sem birt er í töflu 2.2:

Tafla 2.2. Atvinnugreinaflokkun og framleiðsluþáttaskipting í rannsókninni	
Atvinnugreinaskipting	
Atvinnugrein	ISIC NR
1. Landbúnaður	11
2. Fiskveiðar	13
3. Fiskiðnaður	30
4. Annar matvælaíðnaður	31
5. Annar iðnaður	32 - 36, 38 - 39
6. Ál- og kísiljárnframleiðsla	37
7. Rekstur rafmagns- hita- og vatnsveitna	41 - 42
8. Byggingarstarfsemi	50
9. Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur	61 - 63
10. Samgöngur á landi	712 - 714
11. Samgöngur í lofti	717 - 718
12. Samgöngur á sjó	715 - 716
13. Önnur ferðaþjónusta ásamt pósti og fjarskiptum	719 – 720 og 72
14. Peningastofnanir, tryggingar, fasteignarekstur og þjónusta við atvinnurekstur	81 - 83
15. Önnur þjónusta	93 - 96
16. Starfsemi hins opinbera og annað	-
Framleiðsluþáttaskipting	
1. Vinnuafli	
2. Fjármunir	
3. Olía	
4. Rafmagn	
5. Önnur aðföng	

Af umfjölluninni að ofan er ljóst að fá þarf eftirfarandi tímaraðir vegna þessa verkefnis fyrir hverja af atvinnugreinunum 16 á ársgrundvelli eins langt aftur í tímann og mögulegt er:

- Kostnaður vegna fjármuna sem hlutfall af heildarkostnaði
- Kostnaður vegna vinnuafis sem hlutfall af heildarkostnaði
- Kostnaður vegna olíu sem hlutfall af heildarkostnaði
- Kostnaður vegna rafmagns sem hlutfall af heildarkostnaði
- Kostnaður vegna annarra aðfanga sem hlutfall af heildarkostnaði
- Verð á fjármunum
- Verð á vinnuafli
- Verð á olíu
- Verð á rafmagni
- Verð á öðrum aðföngum
- Framleiðsla

Fengin voru árlegar tímaraðir árin 1973 – 1997 fyrir allar breytur sem notaðar eru í rannsókninni. Í töflu 2.3 á næstu blaðsíðu er tilgreint hvaða gögn fengin voru vegna hverrar tímaraðar, hvernig tímaraðirnar eru reiknaðar út auk þess sem getið er hvaða aðilar létu gögnin af hendi.

Til þess að reikna út kostnaðarhlutföllin er stuðst við gögn fyrir einstaka hluta landsframleiðslunnar samkvæmt framleiðsluuppgjöri og afskrift fjármunastofns sem fengin voru hjá Þjóðhagsstofnun. Auk þess eru notuð gögn fyrir verð og notkun á olíu og á rafmagni sem voru fengin hjá Orkustofnun.

Kostnaður vegna annarra aðfanga er fenginn með því að draga áætlaðan kostnað vegna olíu- og rafmagnsnotkunar frá kostnaði vegna aðfanga samkvæmt framleiðsluuppgjöri Þjóðhagsstofnunar og reikna það sem hlutfall af heildarkostnaði.

Heildarkostnaður í hverri atvinnugrein er fenginn með því að leggja saman laun og launatengd gjöld, vexti, hagnað, afskriftir og aðfanganotkun í hverri grein.

Tafla 2.3. Tímaraðirnar, gögnin og þeir aðilar sem gögnin voru fengin hjá		
Tímaraðir	Gögn og útreikningar	Aðilar
Kostnaður vegna fjármuna sem hlutfall af heildarkostnaði	Kostnaður fjármuna (vextir, hagnaður og afskriftir) sem hlutfall af heildarkostnaði í atvinnugrein	Þjóðhagsstofnun og Orkustofnun
Kostnaður vegna vinnuafls sem hlutfall af heildarkostnaði	Laun og launatengd gjöld sem hlutfall af heildarkostnaði í atvinnugrein	Þjóðhagsstofnun og Orkustofnun
Kostnaður vegna olíu sem hlutfall af heildarkostnaði	Verð á olíu margfaldað með magni af olíu sem notuð er sem hlutfall af heildarkostnaði í atvinnugrein	Þjóðhagsstofnun og Orkustofnun
Kostnaður vegna rafmagns sem hlutfall af heildarkostnaði	Verð á rafmagni margfaldað með magni af rafmagni sem notað er sem hlutfall af heildarkostnaði í atvinnugrein	Þjóðhagsstofnun og Orkustofnun
Kostnaður vegna annarra aðfanga sem hlutfall af heildarkostnaði	Þessi gögn eru afleidd út frá heildarkostnaði og kostnaði vegna áðurgreindra þátta	Þjóðhagsstofnun og Orkustofnun
Verð á fjármunum	Byggingarvísitala margfölduð með raunvöxtum (meðalávöxtun spariskírteina ríkissjóðs) að viðbættu afskriftarhlutfalli	Þjóðhagsstofnun og Seðlabanki Íslands
Verð á vinnuafli	Laun og launatengd gjöld á hvert ársverk	Þjóðhagsstofnun
Verð á olíu		Orkustofnun
Verð á rafmagni		Orkustofnun
Verð á öðrum aðföngum	Vísitala neysluverðs án húsnæðisliðar	Hagstofa Íslands
Framleiðsla	Magnvísitala framleiðslu (framlag til landsframleiðslu að viðbætttri aðfanganotkun) í hverri atvinnugrein	Þjóðhagsstofnun

### Kaflí III. Mat á líkönúm

Í kafla 1 var fjallað um hvernig hægt er að reikna teygnistuðla til þess að kanna eftirspurn eftir framleiðsluþáttum. Fjallað var um þrjú líkön sem hægt er að nota. Í fyrsta lagi var fjallað um fullkomið jafnvægislíkan (kyrrstætt líkan), en með notkun þess er gert ráð fyrir að allir framleiðsluþættir séu fullkomlega sveigjanlegir m.v. þá tíðni sem gögnin eru á. Samkvæmt þeirri umfjöllun þarf að meta stuðlana í jöfnu 1.7 og nota síðan jöfnur 1.11 - 1.12. Með þessu líkani er unnt að draga ályktun um langtímateygni. Hins vegar var fjallað um jafnvægislíkan að hluta (hálfkyrrstætt líkan), en með notkun þess er gert ráð fyrir að a.m.k. einn framleiðsluþáttur sé fastur m.v. þá tíðni sem gögnin eru á. Þá er hægt að nota jöfnur 1.24 - 1.27 til þess að reikna teygnistuðlana að gefnu mati á stuðlunum í jöfnu 1.18. Með því líkani er hægt að draga ályktanir um skammtímateygni, annars vegar, og langtímateygni, hins vegar. Í þriðja og síðasta lagi var fjallað um villuleiðréttingarlíkan, en með því má einnig draga ályktun um teygni til skamms og langs tíma með því að nota jöfnur 1.40 – 1.43 að gefnu mati á stuðlunum í jöfnu 1.37.

Fjármunir er sá framleiðsluþáttur sem gera má ráð fyrir að sé tregbreytanlegur ef gögnin sem eru notuð eru á hárrí tíðni. Í líkani 1 er gert ráð fyrir að hann sé fullkomlega sveigjanlegur. Í líkani 2 er hins vegar gert ráð fyrir að fjármunir séu fastir m.v. þá tíðni sem gögnin eru á. Það má því túlka þá teygnistuðla, sem fengust með mati á kyrrstæða líkaninu, sem langtímateygnistuðla. Bæði skammtíma- og langtímateygnistuðlar fást hins vegar með mati á hálfkyrrstæða líkaninu og villuleiðréttingarlíkaninu.

Megin markmið þessarar rannsóknar er að meta teygnistuðla í aðfangaeftirspurn á Íslandi til langs tíma litið. Með hliðsjón af þessu er líkanið, sem kynnt var í kafla 1.2, betur viðeigandi en líkanið sem kynnt var í kafla 1.1, þar sem með notkun þess er gert ráð fyrir að fjármunir séu fastir þegar horft er til eins árs. Líkanið sem kynnt var í kafla 1.3 bætir líkanið í kafla 1.1 ekkert hvað þetta varðar þar sem með notkun þess er

gert ráð fyrir að líkanið í kafla 1.1 sé rétt lýsing á gögnunum til langs tíma lítið. Því eru hér aðeins birtar niðurstöður úr mati á líkönunum í köflum 1.1 og 1.2.

Í þessum kafla er byrjað á að gera grein fyrir þeim aðferðum sem notaðar eru við að meta stuðlana í jöfnum 1.7 og 1.18, þ.e. líkönunum í köflum 1.1 og 1.2. Síðan er gerð grein fyrir hve ítarlega atvinnuvega- og framleiðsluþáttaskiptingu reyndist unnt að nota við mat á líkönunum. Því næst eru niðurstöður úr mati á jöfnunum birtar. Að lokum er síðan fjallað um niðurstöður á útreikningi á teygnistuðlunum, þ.e. verð- og staðkvæmdarteygni til skamms og langs tíma fyrir mismunandi atvinnugreinar á Íslandi.

### 3.1. Matsaðferðir

Líkönin eru metin fyrir hverja atvinnugrein með því að nota bæði kostnaðar- og kostnaðarhlutfallsjöfnur (þ.e. jöfnur 1.7 og 1.10 fyrir kyrrstæða líkanið og jöfnur 1.18 og 1.22 fyrir hálfkyrrstæða líkanið). Þetta gerir okkur kleift að nota aðferð ótengdra jafna (e. seemingly unrelated regression – SUR) við matið, en með þeirri aðferð eru nýttar þær upplýsingar sem felast í því að samtímafylgni er á milli afgangslíða jafnanna í hverju jöfnukerfi, en notkun SUR aðferðar við slíkar aðstæður leiðir til þess að dreifni (e. variance) metnu stuðlanna verður minni en ef t.d. venjuleg aðferð minntu kvaðrata (e. ordinary least squares – OLS) er notuð fyrir hverja jöfnu fyrir sig í jöfnukerfi.<sup>6</sup> Matið með SUR aðferðinni er framkvæmt með því að nota aðferð hámarkssennileika (e. maximum likelihood).<sup>7</sup>

Þegar stikarnir eru metnir verður að eyða einni kostnaðarhlutfallsjöfnunni úr matinu og nota aðeins  $N - 1$  kostnaðarhlutfallsjöfnu við matið, þegar kyrrstæða líkanið er metið, en  $N - 2$  þegar það hálfkyrrstæða er metið. Þetta er vegna þess að samanlögð kostnaðarhlutföll eru 1 og því eru jöfnurnar línulega háðar. Það verður því að eyða einni jöfnu og stuðlum hennar út úr jöfnukerfinu til þess að hægt sé að meta jöfnukerfið með SUR aðferð. Stuðla jöfnunnar má síðan reikna með því að nota það samband sem notað var til að eyða stuðlum jöfnunnar út úr kerfinu, en þessi skilyrði

---

<sup>6</sup> Þessi aðferð er einnig oft nefnd Zellner aðferð (ZEF).

eru í jöfnu 1.8 fyrir kyrrstæða líkanið og í jöfnum 1.19 og 1.20 fyrir það hálfkyrrstæða.

Unnt er að setja fleiri skilyrði á matsjöfnurnar til þess að minnka fjölda stuðla sem þarf að meta og auka fjölda frígráða. Þessi skilyrði voru sett fram í jöfnu 1.8 (og í næstu setningu á eftir) fyrir kyrrstæða líkanið og í jöfnum 1.19 og 1.20 fyrir það hálfkyrrstæða. Þessi skilyrði eru notuð við mat á þessum tveimur líkönum. Samkvæmt skilyrðunum er gert ráð fyrir að undirliggjandi framleiðslufall hafi stöðuga stærðarhagkvæmni (e. constant returns to scale) og að kostnaðarfallið sé einsleitt af 1. gráðu í verði framleiðsluþátta, fyrir kyrrstæða líkanið, og að breytilega kostnaðarfallið, fyrir hálfkyrrstæða líkanið, sé einsleitt af 1. gráðu í verði framleiðsluþátta.

Æskilegt er að reiknaðir teygnistuðlar hafi ákveðna eiginleika. Í fyrsta lagi er æskilegt að skammtímateygnistuðlar séu lægri að tölugildi en langtímateygnistuðlar (e. Le Chatelier principle). Ef svo er kemur aðlögun að breyttu verði framleiðsluþátta fram að hluta til í skammtímateygnistuðlum og að fullu í langtímateygnistuðlum. Í öðru lagi er æskilegt að eigin verðteygni framleiðsluþátta sé neikvæð. Ef svo er leitast fyrirtækin við að breyta eftirspurn sinni eftir framleiðsluþáttum þannig að kostnaður sé í lágmarki, þegar verð á framleiðsluþætti breytist.

### 3.2. Gögn notuð í matinu

Í kafla 2 var gerð grein fyrir atvinnugreinaflokkun og flokkun framleiðsluþátta sem notaðar eru í verkefninu. Þar kom fram að um 16 atvinnugreinar er að ræða og að fjöldi framleiðsluþátta er 5, þ.e. fjármunir, vinnuafli, rafmagn, olía og önnur aðföng. Aðeins er unnt að hafa fjölda atvinnugreina 12 í matinu sökum skorts á gögnum, en ekki tókst að fá sundurliðuð gögn fyrir atvinnugreinar 3 – 5 í töflu 2.2. Auk þess reyndist ómögulegt að fá gögn fyrir atvinnugreinar 14 og 15 í töflu 2.2. Í töflu 3.1 er flokkun atvinnugreina, sem notuð er í matinu sýnd auk þess sem tengsl við atvinnugreinaflokkunina í töflu 2.2 eru sýnd.

---

<sup>7</sup> Þessi aðferð er einnig of nefnd IZEF/ML aðferð (sjá Berndt (1991), bls. 474).

Mismunandi er eftir atvinnugreinum til hve margra framleiðsluþátta hægt er að taka tillit sökum skorts á gögnum. Í töflu 3.1 er sýnt hvaða framleiðsluþættir eru notaðir fyrir hverja af þessum 12 atvinnugreinum. Fyrir allar atvinnugreinar eru notaðir a.m.k. þrjár framleiðsluþættir, þ.e. fjármunir, vinnuafl og önnur aðföng. Framleiðsluþættirnir sem ekki tókst að fá gögn um fyrir allar atvinnugreinar eru olía og/eða rafmagn. Þegar líkönin eru metin er gert ráð fyrir að sá framleiðsluþáttur sem ekki tókst að fá nauðsynleg gögn fyrir sé hluti af þeim þætti sem kallaður er önnur aðföng.

Tafla 3.1. Atvinnugreinar og framleiðsluþættir notaðir í matinu

Atvinnugrein	Númer í töflu 2.2	ISIC NR	Framleiðsluþættir notaðir auk fjármuna, vinnuafls og annarra aðfanga
1. Landbúnaður	1	11	-
2. Fiskveiðar	2	13	Olía
3. Iðnaður	3 – 5	30 – 36, 38 - 39	Rafmagn
4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	6	37	Rafmagn
5. Rafmagn og hiti	7	41 – 42	Olía
6. Byggingarstarfsemi	8	50	-
7. Verslun og hótél	9	61 - 63	-
8. Samgöngur á landi	10	712 - 714	-
9. Samgöngur í lofti	11	717 - 718	Olía
10. Samgöngur á sjó	12	715 - 716	Olía
11. Póstur og fjarskipti	13	719 – 720 og 72	-
12. Starfsemi hins opinbera	16	-	-



### 3.3. Niðurstöður mats

Í viðauka C eru sýndar niðurstöður úr mati á kyrrstæða líkaninu úr kafla 1.1 fyrir hverja af atvinnugreinunum 12 og í viðauka D eru sýndar niðurstöður úr mati á hálfkyrrstæða líkaninu í kafla 1.2. Notuð var ítrekuð aðferð hámarkslíkinda (e. iterative maximum likelihood) þar sem upphafsgildi matsstika voru látin vera jöfn niðurstöðu OLS (venjuleg aðferð minnstu kvaðrata) mats á hverri jöfnu fyrir sig.<sup>8</sup>

### 3.4. Reiknaðir teygnistíkar

Í töflum 3.1 – 3.9 eru sýndir þeir teygnistuðlar sem metnir voru fyrir atvinnugreinarnar 12 með þeim aðferðum sem lýst var í kafla 1. Þegar töflurnar eru skoðaðar sést að á mörgum stöðum vantar tölur. Þegar um niðurstöður úr kyrrstæða líkaninu er að ræða er ástæðan fyrir þessu sú að gögn hefur vantað. Þessi ástæða á einnig við þegar um skammtímateygnistuðlana úr hálfkyrrstæða líkaninu er að ræða. Varðandi langtímastuðlana bætist við sú ástæða að stundum tókst ekki að finna fjármunastofn til langs tíma þar sem beita þurfti tölulegum aðferðum við að reyna að finna hann.

Samkvæmt töflu 3.1 er eigin verðteygni eftirspurnar nánast alltaf neikvæð þegar um kyrrstæða líkanið er að ræða. Það sama á við um teygni til skamms og langs tíma tíma samkvæmt hálfkyrrstæða líkaninu, eins og sjá má af töflum 3.4 og 3.5. Undantekningar frá þessu eru eftirspurn eftir vinnuafli í landbúnaði og eftirspurn eftir öðrum aðföngum í byggingarstarfsemi, þegar um kyrrstæða líkanið er að ræða. Hvað það hálfkyrrstæða varðar er eftirspurn eftir olíu til skamms og langs tíma litið í atvinnugreininni rafmagn og hiti undantekning.

Þegar teygnistuðlar byggðir á mati á hálfkyrrstæða líkaninu eru skoðaðir (töflur 3.4 og 3.5) sést að skammtímateygnistuðlarnir eru yfirleitt minni að tölugildi en langtímateygnistuðlarnir. Undantekning frá þessu er þó eigin verðteygni í eftirspurn

---

<sup>8</sup> OLS mat á stikum hvernar jöfnu er samkvæmt (e. consistent) þó svo að það sé ekki skilvirkt (e. efficient).

eftir öðrum aðföngum, annars vegar, og verðvæðingunni olíu og annarra aðfanga, hins vegar, í atvinnugreininni rafmagn og hiti. Þegar tafla 3.5 er skoðuð má sjá að aðeins reyndist unnt að reikna langtímateygnistuðla fyrir þrjár atvinnugreinar. Einnig sést að niðurstöður fyrir eigin verðteygni olíu til langs tíma litið eru afar ótrúverðugar og kasta rýrð á langtímateygnistuðlana sem fengnir eru með hálfkyrrstæða líkaninu.

Í þessari rannsókn er ætlunin að fá mat á verð- og staðkvæmdarteygni til langs tíma litið fyrir atvinnugreinarnar 12, sem unnt er að nota til þess að uppfæra almenna jafnvægislíkani Hagfræðistofnunar. Því er í framhaldinu stuðst við mat á teygnistuðlum í kyrrstæða líkaninu. Einkum er stuðst við niðurstöðurnar í töflum 3.2 og 3.3.

Tafla 3.2. Kyrrstæða líkanið: Verðteygni (til langs tíma)

		Teygnistuðlar																								
		KK	LL	MM	OO	EE	KL	LK	KM	MK	KO	OK	KE	EK	LM	ML	LO	OL	LE	EL	MO	OM	ME	EM	OE	EO
Atvinnugreinar	1. Landbúnaður	-0.3	0.3	0.0	-	-	0.0	-0.1	0.3	-0.2	-	-	-	-	-0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Fiskveiðar	-1.3	-0.4	-1.0	0.1	-	0.1	0.0	1.2	0.4	0.0	0.0	-	-	0.5	0.5	-0.1	-0.6	-	-	0.1	0.5	-	-	-	-
	3. Iðnaður	-0.3	-0.2	-0.7	-	-1.3	0.1	0.2	0.3	0.7	-	-	-0.1	0.7	0.0	0.0	-	-	-0.1	0.3	-	-	-0.1	0.3	-	-
	4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	-0.5	0.0	-1.6	-	-0.3	0.9	0.1	-0.5	0.1	-	-	0.1	0.0	-0.5	0.9	-	-	0.4	0.8	-	-	0.5	-0.5	-	-
	5. Rafmagn og hiti	-0.9	-0.6	-1.1	-1.1	-	0.0	0.2	0.9	1.0	-0.1	0.6	-	-	0.3	0.1	0.1	0.1	-	-	0.0	0.4	-	-	-	-
	6. Byggingarstarfsemi	-0.7	-0.3	0.3	-	-	0.4	0.2	0.2	0.5	-	-	-	-	0.1	-0.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7. Verslun og hótél	-0.7	-0.1	-0.5	-	-	-0.4	-0.1	1.1	0.3	-	-	-	-	0.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8. Samgöngur á landi	-0.3	-0.3	-0.4	-	-	0.0	0.1	0.3	0.2	-	-	-	-	0.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9. Samgöngur í lofti	-0.2	-0.3	-0.6	-1.6	-	0.4	0.7	0.1	0.0	-0.4	1.0	-	-	-0.1	1.1	-0.3	0.6	-	-	-0.6	0.0	-	-	-	-
	10. Samgöngur á sjó	-1.3	-0.1	-0.8	0.0	-	-0.3	-0.4	1.8	0.6	-0.2	-1.1	-	-	0.5	0.2	0.0	-0.3	-	-	0.0	1.3	-	-	-	-
	11. Póstur og fjarskipti	-0.7	-0.2	-0.5	-	-	-0.1	0.0	0.8	0.4	-	-	-	-	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12. Starfsemi hins opinbera	-1.0	0.0	-1.3	-	-	0.0	0.0	1.0	1.5	-	-	-	-	0.0	-0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Aths: K: fjármunir, L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olía og E: rafmagn. KK er eigin verðteygni fjármuna og KL er verðvixlteygni fjármuna og vinnuafli.

Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.

Tafla 3.3. Kyrrstæða líkanið: Staðkvæmdarteygni (til langs tíma)

	Teygnistuðlar										
	KL	KM	KO	KE	LM	LO	LE	MO	ME	OE	
1. Landbúnaður	-0.2	0.1	-	-	2.6	-	-	-	-	-	
2. Fiskveiðar	0.2	3.1	-0.3	-	1.3	-1.5	-	1.3	-	-	
3. Iðnaður	0.4	1.2	-	1.1	0.0	-	1.7	-	1.2	-	
4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	1.0	1.1	-	0.3	1.0	-	0.9	-	1.2	-	
5. Rafmagn og hiti	0.4	2.2	1.6	-	0.6	1.3	-	1.0	-	-	
6. Byggingarstarfsemi	0.8	1.9	-	-	-1.1	-	-	-	-	-	
7. Verslun og hótél	-1.0	2.4	-	-	0.6	-	-	-	-	-	
8. Samgöngur á landi	0.2	0.6	-	-	0.6	-	-	-	-	-	
9. Samgöngur í lofti	0.9	0.1	1.4	-	2.3	1.3	-	2.4	-	-	
10. Samgöngur á sjó	-1.9	3.0	-6.0	-	0.9	-2.0	-	2.3	-	-	
11. Póstur og fjarskipti	-0.2	1.8	-	-	0.5	-	-	-	-	-	
12. Starfsemi hins opinbera	0.0	9.9	-	-	-0.3	-	-	-	-	-	

Aths: K: fjármunir, L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olfa og E: rafmagn. KL er staðkvæmdarteygni fjármuna og vinnuafli. Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.

Tafla 3.4. Kyrrstæða líkanið: Tækniteygni (til langs tíma)

		Teygnistuðlar				
		K	L	M	O	E
Atvinnugreinar	1. Landbúnaður	0.0	0.0	0.1	-	-
	2. Fiskveiðar	0.0	0.0	0.0	0.0	-
	3. Iðnaður	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	0.0	0.0	0.0	-	0.0
	5. Rafmagn og hiti	0.0	0.0	0.0	0.1	-
	6. Byggingarstarfsemi	0.0	0.0	0.9	-	-
	7. Verslun og hótél	0.0	0.0	0.0	-	-
	8. Samgöngur á landi	0.0	0.0	0.0	-	-
	9. Samgöngur í lofti	0.0	0.0	-0.6	0.2	-
	10. Samgöngur á sjó	0.0	0.0	0.0	-0.5	-
	11. Póstur og fjarskipti	-0.1	-0.1	-0.1	-	-
	12. Starfsemi hins opinbera	0.0	0.0	0.0	-	-

Aths: K: fjármunir, L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olía og E: rafmagn. K er tækniteygni fjármuna. Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.

Tafla 3.5. Hálfkyrrstæða líkanið: Skammtímaverðteygni

		Teygnistuðlar															
		LL	MM	OO	EE	LM	ML	LO	OL	LE	EL	MO	OM	ME	EM	OE	EO
Atvinnugreinar	1. Landbúnaður	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Fiskveiðar	-0,2	-0,3	-0,4	-	0,0	0,0	0,1	0,1	-	-	0,3	0,2	-	-	-	-
	3. Iðnaður	-0,3	-0,5	-	-0,8	0,1	0,3	-	-	0,2	0,5	-	-	0,2	0,2	-	-
	4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	-0,3	-0,6	-	-0,2	0,3	0,1	-	-	0,0	0,0	-	-	0,5	0,2	-	-
	5. Rafmagn og hiti	-0,2	-0,5	2,8	-	0,3	0,5	-0,1	-3,2	-	-	0,0	0,4	-	-	-	-
	6. Byggingarstarfsemi	-0,3	-0,5	-	-	0,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7. Verslun og hótél	-0,2	-0,3	-	-	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8. Samgöngur á landi	-0,3	-0,1	-	-	0,3	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9. Samgöngur í lofti	-0,1	-0,5	-1,0	-	0,2	0,4	-0,2	0,7	-	-	0,0	0,3	-	-	-	-
	10. Samgöngur á sjó	-0,2	-1,3	-0,6	-	0,0	1,0	0,2	0,7	-	-	0,3	0,0	-	-	-	-
	11. Póstur og fjarskipti	-0,1	-1,0	-	-	0,1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12. Starfsemi hins opinbera	-0,3	-0,5	-	-	0,3	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Aths: L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olía og E: rafmagn. LL er eigin verðteygni vinnuafli og LM er verðvixl-teygni vinnuafli og annarra aðfanga. Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.

Tafla 3.6. Hálfkyrrstæða líkanið: Langtímaverðteygni

		Teygnistuðlar																								
		KK	LL	MM	OO	EE	KL	LK	KM	MK	KO	OK	KE	EK	LM	ML	LO	OL	LE	EL	MO	OM	ME	EM	OE	EO
Atvinnugreinar	1. Landbúnaður	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Fiskveiðar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3. Iðnaður	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5. Rafmagn og hiti	0,0	-0,2	-0,2	53,8	-	0,3	0,0	-0,3	0,0	0,0	0,0	-	-	0,2	0,4	-0,1	-3,4	-	-	0,0	0,2	-	-	-	-
	6. Byggingarstarfsemi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7. Verslun og hótél	-0,5	-0,3	-0,7	-	-	-0,4	-0,1	0,9	0,3	-	-	-	-	0,4	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8. Samgöngur á landi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9. Samgöngur í lofti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10. Samgöngur á sjó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11. Póstur og fjarskipti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12. Starfsemi hins opinbera	-0,4	-0,4	-0,7	-	-	-0,2	0,0	0,7	0,2	-	-	-	-	0,4	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Aths: K: fjármunir, L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olía og E: rafmagn. KK er eigin verðteygni fjármuna og KL er verðvæxlteygni fjármuna og vinnuafli.

Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.

Tafla 3.7. Hálfkyrrstæða líkanið: Skammtímastaðkvæmdarteygni

	Teygnistuðlar					
	LM	LO	LE	MO	ME	OE
1. Landbúnaður	0,0	-	-	-	-	-
2. Fiskveiðar	0,0	0,3	-	1,0	-	-
3. Iðnaður	0,5	-	0,9	-	1,0	-
4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	1,1	-	0,0	-	0,8	-
5. Rafmagn og hiti	0,8	-5,2	-	1,0	-	-
6. Byggingarstarfsemi	0,8	-	-	-	-	-
7. Verslun og hótél	0,5	-	-	-	-	-
8. Samgöngur á landi	0,4	-	-	-	-	-
9. Samgöngur í lofti	0,4	0,8	-	1,4	-	-
10. Samgöngur á sjó	1,3	0,9	-	1,4	-	-
11. Póstur og fjarskipti	1,1	-	-	-	-	-
12. Starfsemi hins opinbera	0,8	-	-	-	-	-

Aths: L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olía og E: rafmagn. LM er staðkvæmdarteygni vinnuafli og annarra aðfanga. Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.



Tafla 3.8. Hálfkyrrstæða líkanið: Langtímastaðkvæmdarteygni

	Teygnistuðlar										
	KL	KM	KO	KE	LM	LO	LE	MO	ME	OE	
Atvinnugreinar	1. Landbúnaður	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2. Fiskveiðar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3. Iðnaður	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5. Rafmagn og hiti	0,4	-1,2	0,5	-	0,6	-5,1	-	0,8	-	-
	6. Byggingarstarfsemi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7. Verslun og hótél	-0,8	2,1	-	-	1,0	-	-	-	-	-
	8. Samgöngur á landi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9. Samgöngur í lofti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10. Samgöngur á sjó	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11. Póstur og fjarskipti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	12. Starfsemi hins opinbera	-0,4	1,7	-	-	1,0	-	-	-	-	-

Aths: K: fjármunir, L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olía og E: rafmagn. KL er staðkvæmdarteygni fjármuna og vinnuafli. Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.

Tafla 3.9. Hálfkyrrstæða líkanið: Skammtímateygni m.t.t. fjármuna og framleiðslu

	Teygnistuðlar									
	L		M		O		E			
	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y		
Atvinnuvegir	1. Landbúnaður	1,0	0,0	0,6	0,4	-	-	-	-	
	2. Fiskveiðar	0,9	0,1	0,2	0,8	-	-	0,7	0,3	
	3. Iðnaður	-0,1	1,1	-1,0	2,0	1,1	-0,1	-	-	
	4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	0,8	0,2	0,7	0,3	0,9	0,1	-	-	
	5. Rafmagn og hiti	0,4	0,6	-0,2	1,2	-	-	1,3	-0,3	
	6. Byggingarstarfsemi	0,4	0,6	0,3	0,7	-	-	-	-	
	7. Verslun og hótél	0,2	0,8	-0,5	1,6	-	-	-	-	
	8. Samgöngur á landi	0,3	0,7	-1,0	2,0	-	-	-	-	
	9. Samgöngur í lofti	-0,1	0,9	-0,4	1,4	-	-	0,1	0,9	
	10. Samgöngur á sjó	0,7	0,3	4,2	-3,2	-	-	0,6	0,4	
	11. Póstur og fjarskipti	0,6	0,3	-1,6	2,5	-	-	-	-	
	12. Starfsemi hins opinbera	0,0	1,0	-0,4	1,4	-	-	-	-	

Aths: K: fjármunir, L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olía, E: rafmagn og Y: framleiðsla. Fyrsti talnadálgurinn er teygni vinnuafli m.t.t. breytinga á fjármunum. Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.

Tafla 3.10. Hálfkyrrstæða líkanið: Tækniteygni (til langs tíma)

	Teygnistuðlar				
	K	L	M	O	E
1. Landbúnaður	-	-	-	-	-
2. Fiskveiðar	-	-	-	-	-
3. Iðnaður	-	-	-	-	-
4. Ál- og kísiljárnframleiðsla	-	-	-	-	-
5. Rafmagn og hiti	0.0	-0.5	-0.5	-	-0.5
6. Byggingarstarfsemi	-	-	-	-	-
7. Verslun og hótél	0.0	1.4	0.0	-	-
8. Samgöngur á landi	-	-	-	-	-
9. Samgöngur í lofti	-	-	-	-	-
10. Samgöngur á sjó	-	-	-	-	-
11. Póstur og fjarskipti	-	-	-	-	-
12. Starfsemi hins opinbera	0.0	-1.2	0.0	-	-

Aths: K: fjármunir, L: Vinnuafli, M: önnur aðföng, O: olía og E: rafmagn. K er tækniteygni fjármuna. Rafmagn og hiti: Rekstur rafmagns-, hita- og vatnsveita. Verslun og hótél: Heildverslun, smásöluverslun og veitinga- og hótélrekstur.

## Kaflí IV. Almenna jafnvæglíkani Hagfræðistofnunar

Í þessum kafla er gerð grein fyrir þjóðhagslíkani Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands. Líkanið er hannað til þess að greina áhrif breytinga í hagkerfinu á helstu þjóðhagsstærðir. Þetta er gert með því að láta hagkerfið verða fyrir áfalli, þ.e. láta breytingu eiga sér stað, og reikna nýtt jafnvægi þess og bera það saman við eldra jafnvægi. Þar sem skoðuð eru áhrif á jafnvægi má með líkaninu skoða langtímaáhrif aðgerða.

Líkanið tekur tillit til hegðunar aðila á markaði út frá sjónarhóli rekstrarhagfræði. Það rannsakar flókin samskipti aðila á markaði og byggir á því að framboð og eftirspurn á öllum mörkuðum (þ.m.t. vinnumarkaður) nái jafnvægi (e. market clearing). Þegar líkan sem þetta er hannað þarf að nota ítarlegar upplýsingar um verð afurða og aðfanga, magn af vörum sem verslað er með við útlönd, magn af vörum sem ekki er verslað með, tiltæki framleiðsluþátta, neyslu- og sparnaðarhegðun einstaklinga, skattkerfi, útflutning, innflutning, flæði fjármagns og hreyfanleika framleiðsluþátta. Líkanið notar upplýsingar til þess að leysa fyrir bestu ráðstöfun þeirra auðlinda sem hagkerfið hefur yfir að ráða að teknu tilliti til margra hliðarskilyrða sem setja markmiðum þess takmörk. Frá sjónarhóli stærðfræði má segja að líkanið samanstandi af kerfi ólínulegra jafna sem eru lausnir úr hásmörkunarvandamálum aðila hagkerfisins að gefnum þessum skilyrðum.

Almenn jafnvæglíkön, eins og líkan Hagfræðistofnunar, eru notuð í öllum greinum hagnýtrar hagfræði. Þau hafa verið notuð til að kanna áhrif mismunandi skatta- og viðskiptastefna hins opinbera og þá einkum til þess að skoða áhrif skattastefna á tekjudreifingu í Bandaríkjunum og í löndum Skandinavíu. Einnig hafa líkön sem þessi verið notuð til þess að kanna áhrif mismunandi stefna í umhverfismálum á helstu hagstærðir.

## 4.1. Uppbygging líkansins

Almenna jafnvægislíkan Hagfræðistofnunar byggir á hugmyndum Walras um almennt jafnvægi í hagkerfinu. Hagkerfinu er skipt í þrjá flokka aðila; neytendur (heimili), fyrirtæki og hið opinbera.

### 4.1.1. Heimili

Heimili hafa eftirspurn eftir vörum og þjónustu ásamt því sem þau bjóða fram vinnuafli og fjármuni, þ.e. heimili eiga framleiðsluþætti. Heimili nota þær tekjur sem þau fá af leigu á fjármunum og vinnuafli til kaupa á vörum og þjónustu. Eftirspurn heimila eftir vörum og þjónustu fæst úr nytjahámörkun þeirra, en þau hámarka nytjar að gefnum hliðarskilyrðum sem takmarka hegðun þeirra með hliðsjón af af tekjum þeirra og útgjöldum, þ.e. að gefnu tekjubandi þeirra. Einnig er í hliðarskilyrðum tekið tillit til skatta sem heimili borga og beingreiðslna frá hinu opinbera.

Í líkaninu er gert ráð fyrir að heimilin (i) ákveði eftirspurn sína eftir 9 mismunandi vöru- og þjónustutegundum sem seldar eru á markaði, (ii) að þau ákveði eftirspurn sína eftir almannagæðum, (iii) að þau ákveði hversu miklu af þeim tíma sem þau hafa til ráðstöfunar skuli fara til vinnu og (iv) hversu mikið af tekjum sínum þau ákveða að spara. Sparnaður heimilanna er jafn fjárfestingu.

Í líkani Hagfræðistofnunar er heimilum skipt í 16 flokka til þess að unnt sé að segja til um áhrif aðgerða á tekjudreifingu í hagkerfinu. Þessi flokkun byggir á (i) hjúskaparstöðu, (ii) á fjölda barna og (iii) á tekjum. Fyrst eru heimili flokkuð eftir hjúskaparstöðu, síðan eftir því hvort börn eru á heimilinu eða ekki og, að lokum, eftir tekjum. Flokkunin byggir á útgjaldakönnun Hagstofu Íslands frá árinu 1992.

#### 4.1.2. Fyrirtæki

Fyrirtæki framleiða vörur og þjónustu með framleiðsluþáttum og aðföngum (e. intermediate goods). Gert er ráð fyrir fullkominni samkeppni, þ.e. fyrirtæki hagnast ekki umfram fórnarkostnað eigenda þeirra. Með hliðsjón af því ákvarða fyrirtæki eftirspurn sína eftir framleiðsupáttum og aðföngum og ákveða framboð sitt á vörum og þjónustu. Gert er ráð fyrir að fyrirtæki greiði skatt fyrir notkun sína á hverri einingu af vinnuafli og fjármunum. Notkun fyrirtækja á fjármunum, vinnuafli, rafmagni, olíu, vetni og öðrum aðföngum ákvarðast m.a. af staðkvæmdarteygni (e. elasticity of substitution) þessara þátta.

Framleiðsla fyrirtækja fer á markað innanlands eða til útflutnings. Skiptingin á milli útflutnings og framleiðslu á innlendan markað fer m.a. eftir staðkvæmdarteygni á milli útflutnings og innlendarar notkunar vara. Samkvæmt þessu eru vörur framleiddar á innlenda markaði og erlenda markaði ófullkomnar staðkvæmdarvörur. Þetta er oft nefnt Armington forsenda.

Framboð á vörum og þjónustu á innlendum markaði kemur bæði til af framleiðslu innlendra fyrirtækja og af innflutningi. Hér er gert ráð fyrir ófullkominni staðkvæmd á milli innlendarar framleiðslu og innflutnings, þ.e. Armington forsendan er notuð. Þegar Armington forsendan er notuð getur bæði innflutningur og útflutningur átt sér stað á sömu vörutegund.

Í líkani Hagfræðistofnunar er innlendri framleiðslu því ráðstafað innanlands og erlendis. Innlend framleiðsla og innflutningur eru notuð innanlands til neyslu heimila, neyslu hins opinbera, í aðföng og til fjárfestingar. Fjöldi stika fyrir staðkvæmdarteygni á framleiðsluhlið líkansins eru fimm talsins:

- Staðkvæmdarteygni milli annara aðfanga, annars vegar, og fjármuna, vinnuafls, olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar.

- Staðkvæmdarteygni á milli vinnuafls, annars vegar, og fjármuna, olú, rafmagns og vetnis, hins vegar.
- Staðkvæmdarteygni á milli fjármuna, annars vegar, og olú, rafmagns og vetnis, hins vegar.
- Staðkvæmdarteygni á milli fjármuna, annars vegar, og olú, rafmagns og vetnis, hins vegar.
- Staðkvæmdarteygni á milli rafmagns, annars vegar, og olú og vetnis, hins vegar.
- Staðkvæmdarteygni á milli olú og vetnis.
- Staðkvæmdarteygni á milli innfluttra vara og innlendar framleiðslu.
- Staðkvæmdarteygni á milli framleislu á innlendan markað og erlendan.

Fyrirtækjum er, í líkaninu, skipt í 16 flokka samkvæmt ISIC flokkunarkerfinu. Þessir flokkar voru valdir með hliðsjón af uppbyggingu framleiðslu og skattheimtu mismunandi fyrirtækja. Flokkarnir eru (nr. sem flokkur tilheyrir í ISIC flokkunarkerfinu):

1. Landbúnaður (11).
2. Fiskveiðar (13).
3. Fiskvinnsla (30).
4. Önnur matvælaframleiðsla (31).
5. Annar iðnaður (32-36, 38-39).
6. Ál og kísiljárnframleiðsla (37).
7. Rafmagn, hiti o.fl. (4).
8. Byggingarstarfsemi (5).
9. Verslun, hótél og veitingastaðir (6).
10. Samgöngur á landi (7).
11. Samgöngur í lofti (7).
12. Samgöngur á sjó (7).
13. Önnur ferðaþjónusta ásamt pósti og fjarskiptum (7).
14. Fjármálastofnanir, tryggingar og fasteignaviðskipti (8).
15. Önnur þjónusta (9).

16. Hið opinbera.

#### **4.1.3. Hið opinbera**

Hið opinbera innheimtir skatta af heimilum og fyrirtækjum og útteilir almannagæðum. Þessi gæði eru notuð sem aðföng eða til neyslu. Tekjuband hins opinbera endurspeglar útgjöld þess og skattheimtu.

Rekstur hins opinbera er alltaf í jafnvægi, þ.e. útgjöld hins opinbera eru jöfn tekjum þess. Lækkun skatta eða aukin útgjöld hins opinbera verður því ávallt að mæta með hækkun annarra skatta eða lækkun annarra útgjalda þess.

#### **4.1.4. Jafnvægi**

Jafnvægi í líkaninu næst þegar framboð og eftirspurn eru jöfn á mörkuðum fyrir allar vörur og þjónustu og báða framleiðsluþætti, hagnaður fyrirtækja umfram fórnarkostnað er enginn, útgjöld allra aðila eru innan þeirra marka sem tekjur þeirra leyfa. Lausn kerfisins í jafnvægi er fengin með stærðfræðilegum algríma (e. algorithm).

Líkanið lýsir litlu opnu hagkerfi með inn- og útflutningi vara. Framleiðsluþætti er, hins vegar, ekki hægt að flytja á milli landa. Gert er ráð fyrir að hagkerfið sé verðtaki (e. price taker) á alþjóðamarkaði fyrir útflutning og innflutning sinn. Líkanið byggir á þeirri forsendu að hægt sé að ákvarða fallform markmiðsfalla heimila, fyrirtækja og hins opinbera auk þess að hægt sé að ákvarða tekjubönd þessara aðila. Þegar fallform og hliðarskilyrði hafa verið ákvörðuð þarf að ákvarða gildi stika (e. parameters) þeirra. Það er kallað hermun (e. calibration).



## 4.2. Hermun líkansins

Hermun gengur út á að gögn eru notuð til þess að segja til um einkenni þess kerfis sem til skoðunar er. Gögnum er safnað fyrir ákveðið samanburðarár, en það er valið þannig að gera megi ráð fyrir að hagkerfið sé í jafnvægi það árið. Nauðsynleg gögn eru m.a.: Flæðistöflur (e. input-output tables), gögn um neyslu heimila og gögn um skattgreiðslur heimila og fyrirtækja. Með þessum gögnum er hægt að fá samanburðargögn sem eru samkvæm, þ.e. sem eru þannig að hagkerfið er í jafnvægi.<sup>9</sup> Í líkani Hagfræðistofnunar er 1992 valið sem samanburðarár.

Gögn og fallform eru síðan notuð til þess að herma líkanið. Þetta er gert með því að nota fyrstu gráðu skilyrði úr hámarksvandamálum heimila og fyrirtækja til þess að ákvarða stika líkansins. Gerum ráð fyrir að skrifa megi fyrstu gráðu skilyrðin í jöfnukerfi. Þá felst hermunin í að leysa jöfnukerfið fyrir stika líkansins. Þ.e. lausn jöfnukerfisins felst í:

$$\mathbf{F}(\mathbf{X}, \theta, \delta) = 0, \quad (4.1)$$

þar sem  $\mathbf{F}$  er vektor 1. gráðu skilyrða,  $\mathbf{X}$  er vektor gagna,  $\theta$  er vektor stika sem ákvarðaðir eru utan jöfnukerfisins og  $\delta$  er vektor stika sem eru ákvarðaðir af jöfnukerfinu. Upplýsingar um þá stika sem ákvarðaðir eru utan jöfnukerfisins verður að fá annars staðar, t.d. með tölfræðilegu mati. Í þjóðhagslíkani Hagfræðistofnunar eru m.a. stikar fyrir staðkvæmdarteygni ákvarðaðir utan líkansins.

---

<sup>9</sup> Í því felst að hagnaður umfram fórnarkostnað sé enginn, eftirspurn heimila er í samræmi við tekjuband þeirra, jafnvægi sé í rekstri hins opinbera (tekjur = útgjöld) og að jafnvægi sé í viðskiptum við útlönd (útflutningur = innflutningur). Þar sem þessi skilyrði eru sjaldan uppfyllt þarf að umrita gögnin þannig að svo sé. Jafnframt eru verð valin þannig að gildi þeirra sé 1 á viðmiðunarárinu, þannig að unnt sé að reikna út magnbólur að gefnu verðmæti.

Líkanið er síðan notað til þess að kanna áhrif breytinga á hagkerfið með því að breyta innri og/eða ytri stikunum ( $\delta$  eða  $\theta$ ) og skoða hvernig hagkerfið bregst við og nýtt jafnvægi lítur út að gefinni stöðu þess á samanburðarárinu.<sup>10</sup>

### 4.3. Stikar sem ákvarðaðir eru utan líkansins

Ekki er til að dreifa mati á stikum þeim, sem notaðir eru í líkaninu og ákvarðast utan þess, með íslenskum gögnum. Í stað þess er notað erlent mat á þeim. Hvað varðar staðkvæmdarteygni milli vinnuafls, annars vegar, og fjármuna, olíu rafmagns, vetnis og annarra aðfanga, hins vegar, eru notuð stikagildi fyrir hverja atvinnugrein:

Landbúnaður	0,60
Fiskveiðar	0,60
Fiskvinnsla	0,60
Önnur matvælaframleiðsla	0,60
Annar iðnaður	0,88
Ál- og kísiljárnframleiðsla	1,05
Rafmagn, hiti og annað	0,29
Byggingarstarfsemi	3,12
Verslun, hótél og veitingastaðir	1,24
Samgöngur á landi	1,68
Samgöngur í lofti	1,68
Samgöngur á sjó	1,68
Önnur ferðaþjónusta ásamt pósti og fjarskiptum	3,12
Fjármálastofnanir, tryggingar og fasteignaviðskipti	3,12
Önnur þjónusta	3,12
Hið opinbera	1,00

Annars eru stikagildi ekki flokkuð eftir atvinnugreinum. Önnur stikagildi sem ákvörðuð eru utan líkansins eru eftirfarandi:

<sup>10</sup> Hér verður ekki farið nánar út í framkvæmd á þessu. Þess má þó geta að 1. gráðu skilyrðin eru ólínuleg og því eru stærðfræðilegir algrímar notaðir til þess að leysa þetta.

Tafla 4.2. Stikar í líkaninu	
Staðkvæmdarteygni á milli annarra aðfanga, annars vegar, og fjármuna, vinnuafis, olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar	0,0
Staðkvæmdarteygni á milli fjármuna, annars vegar, og olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar	0,4
Staðkvæmdarteygni á milli rafmagns, annars vegar, og olíu og vetnis, hins vegar	0,2
Staðkvæmdarteygni á milli olíu og vetnis	8,0
Staðkvæmdarteygni á milli innfluttra vara og innlendar framleiðslu	4,0
Staðkvæmdarteygni á milli framleiðslu á innlendan markað og erlendan	2,0
Hlutfall fjármuna sem eru ekki einsleitir	0,5
Staðkvæmdarteygni milli vara og almannagæða	0,5
Staðkvæmdarteygni milli neyslu í nútíð og í framtíð	0,4
Staðkvæmdarteygni á milli neysluvara	1,0
Hlutfall frítíma af heildartíma	0,4

Í næsta kafla skýrslunnar verða kannaðar þær breytingar sem verða á þjóðhagslíkani Hagfræðistofnunar við það að notuð sé metin stikagildi úr þessari rannsókn í stað þeirra erlendu.

## **Kafli V. Áhrif nýs mats á teygnistikum á jafnvægislíkan Hagfræðistofnunar**

Skipting framleiðsluþátta og atvinnuvega er svipuð í almenna jafnvægislíkani Hagfræðistofnunar samanborið við þessa rannsókn. Hvað varðar framleiðsluþáttaskiptinguna er sá munur aðeins á að tekið er sérstaklega tillit til vetnisnotkunar í líkani Hagfræðistofnunar. Hvað varðar atvinnuegaskiptinguna er hún nokkuð ítarlegri í líkani Hagfræðistofnunar en unnt reyndist að hafa hana í þessari rannsókn.

Í þessum kafla er gerð grein fyrir þeim breytingum sem eru gerðar á teygnistikum í líkani Hagfræðistofnunar með tilkomu matsins. Byrjað er á að gera grein fyrir hvernig hinir nýju teygnistikar eru fengnir með hliðsjón af matinu í kafla 3. Síðan eru niðurstöðurnar dregnar saman og þeir bornir saman við þá sem fyrir eru.

### **5.1. Nýjir teygnistikar**

Framkvæma þarf tvenns konar breytingar á metnu teygnistikunum úr kafla 3 þannig að hægt sé að nota þá í líkani Hagfræðistofnunar. Í fyrsta lagi þarf að umbreyta þeim í skuggastaðkvæmdarteygni (e. shadow elasticity of substitution). Í öðru lagi þarf að taka tillit til þess að í þessari rannsókn er metin staðkvæmdarteygni milli hverra tveggja framleiðsluþátta en ekki milli eins framleiðsluþáttar og eins eða fleiri annarra þátta, eins og notað eru í líkani Hagfræðistofnunar og fjallað var um í kafla 4.

### 5.1.1. Skuggastaðkvæmdarteygni

Teygnistíkar í líkani Hagfræðistofnunar eru ekki samkvæmt Allen staðkvæmdarteygni, eins og þeir sem metnir voru í kafla 3, heldur eru þeir samkvæmt skuggastaðkvæmdarteygni. Það er því nauðsynlegt að breyta teygnistíkunum sem fengnir eru í þessari rannsókn þannig að hægt sé að nota þá í líkani Hagfræðistofnunar.

Til þess að framkvæma þessar breytingar þarf að taka tvö skref. Fyrst er teygnistuðlum samkvæmt Allen staðkvæmdarteygni breytt í teygnistuðla samkvæmt Morishima staðkvæmdarteygni (e. Morishima elasticity of substitution). Þeir teygnistuðlar eru síðan notaðir til þess að reikna skuggastaðkvæmdarteygni.

Morishima staðkvæmdarteygni fæst með því að nota eftirfarandi jöfnu:<sup>11</sup>

$$\sigma_{ij}^M = \varepsilon_{ij} - \varepsilon_{jj}, \quad (5.1)$$

þar sem  $\sigma_{ij}^M$  er Morishima staðkvæmdarteygni milli þátta  $i$  og  $j$ ,  $\varepsilon_{ij}$  er verðvixlteygni þátta  $i$  og  $j$  og  $\varepsilon_{jj}$  er verðteygni þáttar  $j$ . Skuggastaðkvæmdarteygni fæst síðan með því að nota eftirfarandi jöfnu:

$$\sigma_{ij}^S = \frac{S_i}{S_i + S_j} \sigma_{ij}^M + \frac{S_j}{S_i + S_j} \sigma_{ji}^M, \quad (5.2)$$

Þar sem  $\sigma_{ij}^S$  er skuggastaðkvæmdarteygni milli þátta  $i$  og  $j$ ,  $S_j$  er hlutfall kostnaðar vegna framleiðsluþáttar  $j$  af heildarframleiðslukostnaði.

---

<sup>11</sup> Sjá Chambers (1997), bls.96 – 97.

### 5.1.2. Aðrar breytingar og athugasemdir

Rannsóknin metur mikilvæga stuðla í framleiðslufalli helstu atvinnugreina líkansins. Í nokkrum tilvikum er atvinnugreinaflokkunin í líkani Hagfræðistofnunar ítarlegri en í rannsókninni og því gilda sömu stíkar fyrir nokkrar atvinnugreinar. Þetta á við um framleiðslugeiranna: fiskveiðar, fiskvinnslu, sem taka gildi metin fyrir fiskveiðar; önnur matvælaframleiðsla og annar iðnaður nota gildi metin fyrir iðnað; og þrír ólíkir þjónustugeirar nota stuðla sem metnir eru fyrir þjónustu í heild sinni.

Rannsóknin nær ekki til staðkvæmdar á milli ólíkra orkugjafa, né staðkvæmdar á milli innlendra og erlendra aðfanga. Í þeim tilvikum eru eldri stuðlar notaðir áfram í líkaninu.

Til samræmingar á milli metinna stuðla rannsóknarinnar og stuðla jafnvægislíkansins þarf að beyta eftirtöldum þvingunum:

$$\begin{aligned}\sigma_{ML} &= \sigma_{MK} = \sigma_{ML} = \gamma^0, \\ \sigma_{LK} &= \sigma_{LE} = \gamma^1, \\ \sigma_{KE} &= \gamma^2,\end{aligned}\tag{5.3}$$

þar sem  $\sigma_{ij}$  stendur fyrir metna staðkvæmdateygni á milli framleiðsluþátta  $i$  og  $j$ , þar sem  $M$  eru aðföng,  $K$  er fjármagn,  $L$  er vinnuafli og  $E$  er orka, ýmist jarðeldsneyti eða raforka eftir atvikum.  $\gamma^0$ ,  $\gamma^1$  og  $\gamma^2$  eru staðkvæmdastuðlar sem notaðir eru í líkaninu á mismunandi þrepum framleiðslufallsins:  $\gamma^0$  er staðkvæmdateygnin á milli aðfanga og samsettrar vöru fjármagns, vinnuafli og orku.  $\gamma^1$  er staðkvæmdarteygni á milli vinnuafli og samsettrar vöru fjármagns og orku.  $\gamma^2$  er staðkvæmdarteygni á milli fjármagns og orku.

Eins og fjallað var um að framan gefa líkönin mat á teygnistikum fyrir hvert ár. Til þess að fá mat á teygnistikum sem notað er í líkani Hagfræðistofnunnar voru aðeins

notaðir teygnistíkar sem fengust fyrir árin 1990 – 1997 þar sem líkan Hagfræðistofnunar byggir fyrir árin 1992 og 1995. Notuð eru meðaltöl fyrir þessi ár.

## 5.2. Samanburður

Að gefnum framangreindum breytingum og athugasemdum varðandi metnu teygnistíkana í kafla 3 fást teygnistíkar sem hægt er að nota í líkani Hagfræðistofnunar. Í töflum 5.1 – 5.3 eru þessir teygnistuðlar sýndir og þeir bornir saman við þá teygnistuðla sem fyrir eru í líkani Hagfræðistofnunar.<sup>12</sup>

Tafla 5.1. Staðkvæmdarteygni á milli vinnuafis, annars vegar, og fjármuna, olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar

Atvinnugreinar	Líkan Hagfræðistofnunar	Samkæmt rannsókninni
Landbúnaður	0,60	0,0
Fiskveiðar	0,60	0,52
Fiskvinnsla	0,60	0,52
Önnur matvælaframleiðsla	0,60	0,89
Annar iðnaður	0,88	0,89
Ál- og kísiljárnframleiðsla	1,05	0,65
Rafmagn, hiti og annað	0,29	1,63
Byggingarstarfsemi	3,12	0,77
Verslun, hótél og veitingastaðir	1,24	0,41
Samgöngur á landi	1,68	0,40
Samgöngur í lofti	1,68	2,94
Samgöngur á sjó	1,68	0,05
Önnur ferðaþjónusta ásamt pósti og fjarskiptum	3,12	0,41
Fjármálastofnanir, tryggingar og fasteignaviðskipti	3,12	0,41
Önnur þjónusta	3,12	0,41
Hið opinbera	1,00	0,82

<sup>12</sup> Í þeim tilvikum þar sem skuggastaðkvæmdarteygnin er neikvæð er gildið sett jafnt og núll, en neikvætt gildi samræmist ekki fallformi heildarjafnvægislíkansins.

Tafla 5.2. Staðkvæmdarteygni á milli annarra aðfanga, annars vegar, og fjármuna, vinnuafis, olíu, rafmagns og vetnis, hins vegar

Atvinnugreinar	Líkan Hagfræðistofnunar	Samkæmt rannsókninni
Landbúnaður	0,00	0,00
Fiskveiðar	0,00	1,08
Fiskvinnsla	0,00	1,08
Önnur matvælaframleiðsla	0,00	0,94
Annar iðnaður	0,00	0,94
Ál- og kísiljárnframleiðsla	0,00	0,60
Rafmagn, hiti og annað	0,00	1,66
Byggingarstarfsemi	0,00	0,65
Verslun, hótél og veitingastaðir	0,00	0,66
Samgöngur á landi	0,00	0,45
Samgöngur í lofti	0,00	1,38
Samgöngur á sjó	0,00	0,76
Önnur ferðaþjónusta ásamt pósti og fjarskiptum	0,00	0,68
Fjármálastofnanir, tryggingar og fasteignaviðskipti	0,00	0,68
Önnur þjónusta	0,00	0,68
Híð opinbera	0,00	1,33



Tafla 5.3. Staðkvæmdarteygni á milli fjármuna, annars vegar, og olú, rafmagns og vetnis, hins vegar

Atvinnugreinar	Líkan Hagfræðistofnunar	Samkæmt rannsókninni
Landbúnaður	0,40	0,00
Fiskveiðar	0,40	0,29
Fiskvinnsla	0,40	0,29
Önnur matvælaframleiðsla	0,40	1,37
Annar iðnaður	0,40	1,37
Ál- og kísiljárnframleiðsla	0,40	0,47
Rafmagn, hiti og annað	0,40	2,02
Byggingarstarfsemi	0,40	0,40
Verslun, hótél og veitingastaðir	0,40	0,40
Samgöngur á landi	0,40	0,40
Samgöngur í lofti	0,40	0,40
Samgöngur á sjó	0,40	0,40
Önnur ferðapjónusta ásamt pósti og fjarskiptum	0,40	0,40
Fjármálastofnanir, tryggingar og fasteignaviðskipti	0,40	0,40
Önnur þjónusta	0,40	0,40
Hið opinbera	0,40	0,40

Staðkvæmdarteygni á milli rafmagns, annars vegar, og olú og vetnis, hins vegar og staðkvæmdarteygni á milli olú og vetnis er óbreytt í líkani Hagfræðistofnunar.

## Kaflí VI. Áhrif nýs mats á spár líkans Hagfræðstofnunar

Til að kanna áhrif þessara metnu stíka á líkanið var mat á efnahagslegum áhrifum af takmörkun losun koltvísýrings vegna Kyoto bóknarinnar sem framkvæmt var árið 1998 endurgert með nýju stíkunum. Líkaninu er ætlað að lýsa jafnvægisstöðu í Íslenska hagkerfinu árið 2010 og er áætluð losun 2887 þúsund tonn í grunnmyndinni. Til að ná losuninni niður fyrir 2450 þúsund tonn, er lagður á skattur á losun CO<sub>2</sub>, bæði vegna brennslu á eldsneyti og iðnaðarferla. Tekjum og útgjöldum ríkisins er haldið föstum og auknum tekjum vegna CO<sub>2</sub> skatts mætt með lækkun á jaðarsköttum. Í sviðsmyndinni UNOLD er gert ráð fyrir að CO<sub>2</sub> skatturinn leggist jafnt á allar atvinnugreinar og neytendur en í EXOLD er gert ráð fyrir að atvinnugreinar stóriðja og sjávarútvegur séu undanþegnar slíkum skatti. Í báðum tilvikum er stuðst við upprunalega stuðla líkansins. Til samanburðar eru einnig sýndar sviðsmyndirnar UNNEW og EXNEW þar sem nýju stíkarnir eru notaðir.

Tafla 6.1 sýnir breytingar í helstu breytum samanborið við grunnmyndina:

Tafla 6.1. Áhrif nýrra staðkvæmdarteygnistíka á spár líkans Hagfræðistofnunar				
	UNNEW	EXNEW	UNOLD	EXOLD
Landsframleiðsla, breyting í % frá grunnmynd	0,11	-0,22	0,08	-0,21
Útflutningur, breyting í % frá grunnmynd	-3,82	-1,05	-3,40	-1,21
Innflutningur, breyting í % frá grunnmynd	-3,31	-0,91	-2,94	-1,05
Upphæð CO <sub>2</sub> skatts, í krónum á verðlagi 1998	1.875	17.832	1.573	16.587
Lækkun almenns jaðarskatts á laun, prósentustíg	-0,90	-2,20	-0,70	-2,10
Vinnuframboð, breyting í % frá grunnmynd	-0,10	0,06	-0,04	0,15
Velferð, breyting jafngildisbreytingar (e. equivalent variation) í % frá grunnmynd	0,11	-0,31	0,07	-0,31

Í efstu röð eru sýnd áhrif CO<sub>2</sub> skatts á landsframleiðslu. Í öllum tilvikum eru áhrifin lítil en örllítið meiri ef notaðir eru nýju stuðlarnir. Ef skatturinn leggst jafnt á alla losun leiðir hann til hækkunar landsframleiðslu sem nemur ríflega tíundar úr prósentí. Þó breytingin sé ekki mjög mikil er hún engu að síður markverð hlutfallsleg aukning

miðað við sviðsmyndina þegar eldri stuðlarnir eru notaðir (úr 0,08 prósentum í 0,11 prósent). Ef helstu útflutningsgreinar eru undanþegnar CO2 skatti snýst niðurstaðan hins vegar við: landsframleiðsla dregst saman um 0,22 prósent miðað við nýju stuðlana en 0,21 prósent ef þeir gömlu eru notaðir.

Næstu tvær línur töflunnar sýna glögggt hvers vegna hugsanlegt er að útflutningsgreinar yrðu undanþegnar slíkum skatti, en útflutningur dregst saman um 3,81 prósent við þessa skattlagningu. Innflutningur dregst saman um svipaða upphæð, enda gerir líkanið ráð fyrir að viðskiptajöfnuður haldist stöðugur með aðlögun á raungengi. Aftur eru áhrifin sterkari þegar nýju stuðlarnir eru notaðir. Ef stærstu útflutningsgreinarnar eru undanþegnar, er samdrátturinn í alþjóðaviðskiptum mun minni, en þó allnokkur. Munar þar mestu um samdrátt í innflutningi á bifreiðum sem hækkun eldsneytisverðs knýr (ekki sýnd hér).

Ef skatturinn leggst jafnt á allar greinar þarf tiltölulega hóflegan skatt til að ná þessu marki, eða 1.875 krónur (1.573 kr. miðað við gömlu stuðlana). Jafnvel þó þessar upphæðir séu á verðlagi 1988 eru þær ekki háar í samanburði við væntingar um verð á losunarheimildum á alþjóðlegum markaði. Öðru máli gegnir um tilfellið þegar sjávarútvegur á stóriðja eru undanþegin skattinum. Við það að skattstofninn minnki verulega þarf mun hærri skatt, eða 17.832 krónur (16.587 kr. miðað við eldri stuðla) á aðra geira til að ná settu marki. Svo hár skattur er varla framkvæmanlegur og aðrar leiðir svo sem binding koltvísýrings í gróðri vænlegri.<sup>13</sup>

Í fimmtu línu sést að lækka mætti jaðarskatt á launatekjur um 0,9 prósentustig (0,7 miðað við eldri stuðla) vegna aukinna tekna af CO2 skatti í sviðsmynd UNNEW. Enn meiri lækkun er hugsanleg í EXNEW sviðsmyndinni, þar sem mun hærri CO2 skatt þarf til að draga úr losun koltvísýrings, eða um 2,2 prósentustig (2,1).

---

<sup>13</sup> Ríflegar losunarheimildir Íslendinga samkvæmt viðbótarákvæði Kyoto bókunarinnar hindra Ísland í að kaupa viðbótarkvóta á alþjóðmarkaði.

Framboðsáhrif á vinnumarkaði eru sýnd þar fyrir neðan. Fleiri þættir en jaðarskattur koma inn í myndina þannig að UNNEW dregst vinnuframboðið lítillega saman, en eykst í EXNEW þegar lækkun jaðarskattsins er meiri. Hér koma fram skýr áhrif af breyttum stuðlum í framleiðslu, því vinnuframboð eykst meira í sambærilegum sviðsmyndum þegar eldri stuðlarnir eru notaðir þrátt fyrir að lækkun jaðarskatta sé minni í þeim tilvikum. Þetta skýrist af því að nýju stuðlarnir gera í flestum tilvikum ráð fyrir minni staðkvæmd á milli vinnuafis og annarra framleiðsluþátta (sjá töflu 5.1).

Neðsta línan sýnir reiknuð velferðaráhrif af þessum skattabreytingum. Jafngildisbreyting (e. equivalent variation) má túlka sem þá beingreiðslu sem neytendur telja jafngilda skattabreytingunni. Í töflunni er beingreiðslan birt í hlutfalli við peningalegt ígildi neyslu, frítíma. Jafngildisbreytingin tekur þannig bæði tillit til ábata/taps vegna hækkunar/lækkunar landsframleiðslu heldur einnig breytinga á andhverfu vinnuframlags – frítíma.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Velferðarfall neytenda tekur einnig til sparnaðar sem ekki er fjallað um hér. Túlka má nýttar af sparnaði sem fall af nytjum vegna neyslu eða frítíma í framtíðinni.

## Lokaorð

Í upphafi þessa verkefnis var því lýst með eftirfarandi hætti:

„Nota má tvö fyrirliggjandi íslensk haglíkön, langtímalíkan Þjóðhagsstofnunar og almennt jafnvægislíkan Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands, til að líkja eftir hagrænum áhrifum hugsanlegra skuldbindinga Íslands varðandi takmarkanir á losun á gróðurhúsalofttegundum. Þannig fæst mat á áhrifum mismunandi skuldbindinga Íslands og þeirra ólíku leiða sem færar eru til að mæta þeim á hagvöxt, lífskjör, fjárfestingar, þróun einstakra geira hagkerfisins o.s.frv. Hagmælingagrunnur þessara líkana nú er veikur því aðallega er byggt á mati erlendis frá, t.d. á eftirspurnarjöfnum mismunandi orkubera og staðgöngu þeirra innbyrðis og við aðra framleiðsluþætti, en þetta eru lykilatriði hvað varðar losun gróðurhúsalofttegunda. Markmið þessa verkefnis er að bæta úr þessu og styrkja þar með vísindalegan grunn íslenskrar stefnumótunar í loftslagsmálum. Safnað verður gögnum um notkun og verð mismunandi orkubera og annarra framleiðsluþátta eftir notkunarflokkum (þ.e.a.s. geirum hagkerfisins), metnar jöfnur með aðferðum hagamælinga og nýjar jöfnur loks prófaðar í fyrirliggjandi líkönum.“

Af ýmsum ástæðum reyndist aðeins unnt að prófa hinar nýju jöfnur sem metnar voru í þessu verkefni í líkani Hagfræðistofnunar Háskóla Íslands, en að öðru leyti hefur verkefnið gengið að mestu eins og ætlað var.

Upprunalega líkan Hagfræðistofnunar byggði á erlendu mati á stuðlum fyrir framleiðslutækni. Ljóst er að það nýja mat sem hér er birt, sem byggir alfarið á íslenskum gögnum, hefur talsverð áhrif á niðurstöður heildarjafnvægislíkansins og mun að öllum styrkja þær ályktanir sem dregnar verða á grunni þess. Þessi skýra niðurstaða bendir einnig til þess að rétt sé að halda áfram á þessari braut, að meta innlenda stuðla fyrir aðra hluta líkansins, fyrst og fremst eftirspurnarhlið þess.

## Heimildaskrá

- [1] Allen, C. and G. Urga (1999), Interrelated Factor Demand from Dynamic Cost Functions: An Application to the Non-energy Business Sector of the UK Economy, *Economica* (66), pp. 403 – 413.
- [2] Berndt, E. R. (1991), *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., ch. 9.
- [3] Berndt, E. R. and D. M. Hesse (1986), *Measuring and Assessing Capacity Utilization in the Manufacturing Sectors of nine OECD Countries*.
- [4] Chambers, R. G. (1988), *Applied Production Analysis: The Dual Approach*, Cambridge University Press, ch. 1.
- [5] Christopoulos, D. K. (2000), *The Demand for Energy in Greek Manufacturing*, *Energy Economics* (22), pp. 569 – 586.
- [6] Dargay, J. (1987), *Factor Demand in Swedish Manufacturing: Econometric Analyses*, Uppsala University.
- [7] Hall, A., L. A. Clements and J. P. Sturluson. (1998), *The Viking CGE Model: A Concise Survey*, mimeo, IoES University of Iceland.
- [8] Harðarson, Y. (1993), *CO<sub>2</sub> Afgift og Olieförbrug i Island*, mimeo, Economic Consulting & Forecasting Ltd. Reykjavik.
- [9] Urga, Giovanni (1999), *An Application of Dynamic Specifications of Factor Demand Equations to Interfuel Substitution in US Industrial Energy Demand*, *Economic Modelling* (16), pp. 503 - 513.

## Viðauki A

Úr jöfnu 1.6 höfum við eftirfarandi:

$$\ln C = \ln C[\exp(\ln P_1), \exp(\ln P_2), \dots, \exp(\ln P_N), \exp(\ln y), t].$$

Ef framkvæmd er 2. gráðu Taylurútvíkkun (e. Taylor expansion) á þessu falli um  $\ln P_1 = \ln P_2 = \dots = \ln P_N = \ln y = t = 0$ , þ.e.  $P_1 = P_2 = \dots = P_N = y = 1$ , fæst eftirfarandi:

$$\begin{aligned} \ln C(P_1, P_2, \dots, P_N, y, t) &= \ln C(0, 0, \dots, 0) + \sum_{i=1}^N \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial^2 \ln C}{\partial \ln P_i \partial \ln P_j}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \times [\ln P_j - 0] \\ &+ \frac{\partial \ln C}{\partial \ln y}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln y - 0] + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln C}{\partial (\ln y)^2}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln y - 0]^2 \\ &+ \frac{\partial \ln C}{\partial t}(0, 0, \dots, 0) \times [t - 0] + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln C}{\partial t^2}(0, 0, \dots, 0) \times [t - 0]^2 \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^N \frac{\partial^2 \ln C}{\partial \ln P_i \partial \ln y}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \times [\ln y - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^N \frac{\partial^2 \ln C}{\partial \ln y \partial \ln P_i}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln y - 0] \times [\ln P_i - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^N \frac{\partial^2 \ln C}{\partial \ln P_i \partial t}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \times [t - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^N \frac{\partial^2 \ln C}{\partial t \partial \ln P_i}(0, 0, \dots, 0) \times [t - 0] \times [\ln P_i - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln C}{\partial t \partial \ln y}(0, 0, \dots, 0) \times [t - 0] \times [\ln y - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln C}{\partial \ln y \partial t}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln y - 0] \times [t - 0], \end{aligned}$$

eða

$$\begin{aligned}\ln C &= \ln \alpha + \sum_{i=1}^N \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \delta_{ij} \ln P_i \ln P_j \\ &+ \beta_y \ln y + \frac{1}{2} \delta_{yy} (\ln y)^2 + \beta_t t + \frac{1}{2} \delta_{tt} t^2 \\ &+ \sum_{i=1}^N \delta_{iy} \ln P_i \ln y + \sum_{i=1}^N \delta_{it} (\ln P_i) t + \delta_{yt} (\ln y) t.\end{aligned}$$



## Viðauki B

Úr jöfnu 1.19 höfum við eftirfarandi:

$$\ln VC = \ln VC[\exp(\ln P_1), \exp(\ln P_2), \dots, \exp(\ln P_{N-1}), \exp(\ln x_N), \exp(\ln y), t].$$

Ef framkvæmd er 2. gráðu Taylurútvíkkun (e. Taylor expansion) á þessu falli um  $\ln P_1 = \ln P_2 = \dots = \ln P_{N-1} = \ln x_N = \ln y = t = 0$ , þ.e.  $P_1 = P_2 = \dots = P_{N-1} = x_N = y = 1$ , fæst eftirfarandi:

$$\begin{aligned} \ln VC(P_1, P_2, \dots, P_{N-1}, x_N, y, t) &= \ln C(0, 0, \dots, 0) + \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln P_i}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln P_i \partial \ln P_j}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \times [\ln P_j - 0] \\ &+ \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln x_N}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln x_N - 0] + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial (\ln x_N)^2}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln x_N - 0]^2 \\ &+ \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln y}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln y - 0] + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial (\ln y)^2}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln y - 0]^2 \\ &+ \frac{\partial \ln VC}{\partial t}(0, 0, \dots, 0) \times [t - 0] + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial t^2}(0, 0, \dots, 0) \times [t - 0]^2 \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln P_i \partial \ln x_N}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \times [\ln x_N - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln x_N \partial \ln P_i}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln x_N - 0] \times [\ln P_i - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln P_i \partial \ln y}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \times [\ln y - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln y \partial \ln P_i}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln y - 0] \times [\ln P_i - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln P_i \partial t}(0, 0, \dots, 0) \times [\ln P_i - 0] \times [t - 0] \\ &+ \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial t \partial \ln P_i}(0, 0, \dots, 0) \times [t - 0] \times [\ln P_i - 0] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial x_N \partial \ln y} (0,0,\dots,0) \times [\ln x_N - 0] \times [\ln y - 0] \\
& + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln y \partial x_N} (0,0,\dots,0) \times [\ln y - 0] \times [\ln x_N - 0] \\
& + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln x_N \partial t} (0,0,\dots,0) \times [\ln x_N - 0] \times [t - 0] \\
& + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial t \partial \ln x_N} (0,0,\dots,0) \times [t - 0] \times [\ln x_N - 0] \\
& + \frac{1}{2} \times \frac{\partial^2 \ln VC}{\partial \ln y \partial t} (0,0,\dots,0) \times [\ln y - 0] \times [t - 0],
\end{aligned}$$

eða

$$\begin{aligned}
\ln VC &= \ln \alpha + \sum_{i=1}^{N-1} \beta_i \ln P_i + \frac{1}{2} \times \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=1}^{N-1} \delta_{ij} \ln P_i \ln P_j \\
& + \beta_x \ln x_N + \frac{1}{2} \delta_{xx} (\ln x_N)^2 + \beta_y \ln y \\
& + \frac{1}{2} \delta_{yy} (\ln y)^2 + \beta_t t + \frac{1}{2} \delta_{tt} t^2 \\
& + \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{ix} \ln P_i \ln x_N + \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{iy} \ln P_i \ln y \\
& + \sum_{i=1}^{N-1} \delta_{it} (\ln P_i) t + \delta_{xy} \ln x_N \ln y \\
& + \delta_{xt} (\ln x_N) t + \delta_{yt} (\ln y) t.
\end{aligned}$$

## Viðauki C

Í þessum viðauka eru sýndar niðurstöður úr mati á kyrrstæða líkaninu í kafla 1.1.  $K$  eru fjármunir,  $L$  er vinnuafl,  $O$  er olía,  $E$  er rafmagn,  $M$  eru önnur aðföng og  $T$  er tímvísir. Tímavísirinn tekur gildi frá 1 og upp í 25.

Þegar niðurstöður úr mati á kostnaðarjöfnunum eru skoðaðar skal haft í huga að  $K$  vísar til  $\beta_K$ ,  $KK$  til  $\delta_{KK}$  í og  $KL$  til  $\delta_{KL}$  í líkaninu.

Þegar niðurstöður úr mati á kostnaðarhlutfallajöfnunum eru skoðaðar skal haft í huga að í kostnaðarhlutfallajöfnu fyrir  $L$  vísar fastinn til  $\beta_L$  og  $K$  til  $\delta_{KL}$  í líkaninu.

Þegar fylki afleiða kostnaðarhlutfallajafnanna eru skoðuð skal haft í huga að raðirnar standa fyrir jöfnur og dálkarnir fyrir breytur. Þannig eru röð  $L$  afleiður kostnaðarhlutallsjöfnunnar fyrir  $L$  m.t.t. breytanna í dálkunum.

Stikamatið fyrir heildarkostnaðarjöfnuna er í fyrri línunni og t-gildi mats í þeirri neðri.

Tafla C.1. Landbúnaður										
Heildarkostnaðarjafna										
Fasti	K	L	T	KK	LL	TT	KL	KT	LT	
0.28	0.59	0.12	0.08	-0.09	0.08	-0.01	-0.06	0.01	0.00	
5.26	3.32	19.15	7.42	-1.56	10.62	-4.91	-5.24	1.07	-4.94	
Kostnaðarhlutfallajöfnur										
	Fasti	K	L	T						
K	0.59	-0.09	-0.06	0.01						
L	0.12	-0.06	0.08	0.00						
Reiknaðir stuðlar										
M	0.29								Athugasemdir:	
MM	-0.12								Matsaðferð: Ítrekuð ML.	
KM	0.14								Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.	
LM	-0.02								Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.	
MT	-0.01								Fjöldi athugana: 25.	

Tafla C.2. Fiskveiðar														
Heildarkostnaðarjafna														
Fasti	K	L	M	T	KK	LL	MM	TT	KL	KM	KT	LM	LT	MT
2.23	0.15	0.33	0.37	-0.06	-0.06	0.09	-0.17	0.00	-0.04	0.12	0.00	0.04	0.00	0.00
41.68	13.54	39.33	27.28	-6.72	-1.98	3.55	-3.01	5.16	-1.98	3.00	-1.73	1.22	-3.88	2.61
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	K	L	M	T									
K	0.15	-0.06	-0.04	0.12	0.00									
L	0.33	-0.04	0.09	0.04	0.00									
M	0.37	0.12	0.04	-0.17	0.00									
Reiknaðir stuðlar														
O	0.16											Athugasemdir:		
OO	0.09											Matsaðferð: Ítrekuð ML.		
KO	-0.02											Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.		
LO	-0.09											Fjöldi athugana: 25.		
MO	0.01													
OT	0.00													

Tafla C.3. Iðnaður															
Heildarkostnaðarjafna															
Fasti	K	L	M	T	KK	LL	MM	TT	KL	KM	KT	LM	LT	MT	
2.72	0.69	0.20	0.19	0.02	0.05	0.12	0.02	0.00	-0.07	0.03	-0.01	-0.04	0.00	0.00	
26.26	4.45	1.90	2.23	1.73	3.58	12.42	1.09	-2.21	-7.71	2.50	-1.22	-4.90	-0.13	0.53	
Kostnaðarhlutfallajöfnur															
	Fasti	K	L	M	T										
K	0.69	0.05	-0.07	0.03	-0.01										
L	0.20	-0.07	0.12	-0.04	0.00										
M	0.19	0.03	-0.04	0.02	0.00										
Reiknaðir stuðlar															
E	-0.08											Athugasemdir:			
EE	0.01											Matsaðferð: Ítrekuð ML.			
KE	0.00											Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.			
LE	-0.01											Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.			
ME	0.00											Fjöldi athugana: 25.			
ET	0.00														

Tafla C.4. Ál- og kísiljárnframleiðsla															
Heildarkostnaðarjafna															
Fasti	K	L	M	T	KK	LL	MM	TT	KL	KM	KT	LM	LT	MT	
1.53	0.11	0.63	-0.25	-0.03	0.04	0.07	0.05	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.02	-0.02	
4.52	9.10	1.56	-0.58	-0.60	1.46	5.78	1.15	0.57	0.14	-0.28	-0.90	-0.80	2.39	-0.64	
Kostnaðarhlutfallajöfnur															
	Fasti	K	L	M	T										
K	0.11	0.04	0.00	-0.01	0.00										
L	0.63	0.00	0.07	-0.01	0.02										
M	-0.25	-0.01	-0.01	0.05	-0.02										
Reiknaðir stuðlar															
E	0.50											Athugasemdir:			
EE	0.13											Matsaðferð: Ítrekuð ML.			
KE	-0.03											Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.			
LE	-0.06											Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangslíðum.			
ME	-0.04											Fjöldi athugana: 25.			
ET	0.00														

Tafla C.5. Rafmagn og hiti														
Heildarkostnaðarjafna														
Fasti	K	L	M	T	KK	LL	MM	TT	KL	KM	KT	LM	LT	MT
1.12	0.58	0.08	0.30	-0.01	-0.17	0.03	-0.22	0.00	-0.03	0.23	-0.01	-0.01	0.00	0.01
17.67	30.25	10.34	20.08	-1.21	-2.96	1.88	-4.66	-0.84	-1.08	5.14	-5.28	-0.85	2.41	6.16
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	K	L	M	T									
K	0.58	-0.17	-0.03	0.23	-0.01									
L	0.08	-0.03	0.03	-0.01	0.00									
M	0.30	0.23	-0.01	-0.22	0.01									
Reiknaðir stuðlar														
O	0.04													Athugasemdir:
OO	0.01													Matsaðferð: Ítrekuð ML.
KO	-0.03													Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.
LO	0.01													Fjöldi athugana: 25.
MO	0.01													
OT	-0.02													



Tafla C.6. Byggingarstarfsemi										
Heildarkostnaðarjafna										
Fasti	K	L	T	KK	LL	TT	KL	KT	LT	
2.02	0.31	0.79	0.01	0.02	0.06	0.00	-0.03	-0.01	-0.02	
Kostnaðarhlutfallajöfnur										
	Fasti	K	L	T						
K	0.31	0.02	-0.03	-0.01						
L	0.79	-0.03	0.06	-0.02						
Reiknaðir stuðlar										
M	-0.10								Athugasemdir:	
MM	0.03								Matsaðferð: Ítrekuð ML.	
KM	0.01								Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.	
LM	-0.03								Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangslíðum.	
MT	0.02								Fjöldi athugana: 25.	

Tafla C.7. Verslun og h6tel										
Heildarkostnaðarjafna										
Fasti	K	L	T	KK	LL	TT	KL	KT	LT	
1.49	0.09	0.47	0.02	0.02	0.18	0.00	-0.10	0.00	0.00	
9.62	2.85	7.64	0.85	0.63	5.67	0.21	-3.53	0.37	-0.43	
Kostnaðarhlutfallajöfnur										
	Fasti	K	L	T						
K	0.09	0.02	-0.10	0.00						
L	0.47	-0.10	0.18	0.00						
Reiknaðir stuðlar										
M	0.44								Athugasemdir:	
MM	0.01								Matsaðferð: Ítrekuð ML.	
KM	0.08								Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.	
LM	-0.08								Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangslíðum.	
MT	0.00								Fjöldi athugana: 25	

Tafla C.8. Samgöngur á landi										
Heildakostnaðarjafna										
Fasti	K	L	T	KK	LL	TT	KL	KT	LT	
-0.08	0.25	0.27	-0.01	0.11	0.10	0.00	-0.06	0.00	0.00	
-0.64	12.91	12.40	-0.63	3.39	3.56	0.41	-2.85	2.93	0.04	
Kostnaðarhlutfallajöfnur										
	Fasti	K	L	T						
K	0.25	0.11	-0.06	0.00						
L	0.27	-0.06	0.10	0.00						
Reiknaðir stuðlar										
M	0.48								Athugasemdir:	
MM	0.09								Matsaðferð: Ítrekuð ML.	
KM	-0.05								Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.	
LM	-0.04								Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.	
MT	0.00								Fjöldi athugana: 25.	

Tafla C.9. Samgöngur í lofti														
Heildarkostnaðarjafna														
Fasti	K	L	M	T	KK	LL	MM	TT	KL	KM	KT	LM	LT	MT
0.32	1.03	0.65	-0.44	0.03	0.04	0.10	-0.03	0.00	-0.02	0.05	-0.02	-0.05	-0.02	0.04
3.57	6.25	4.87	-3.00	2.22	0.84	3.70	-0.42	-4.16	-0.71	1.47	-2.68	-1.28	-2.90	4.34
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	K	L	M	T									
K	1.03	0.04	-0.02	0.05	-0.02									
L	0.65	-0.02	0.10	-0.05	-0.02									
M	-0.44	0.05	-0.05	-0.03	0.04									
Reiknaðir stuðlar														
O	-0.23													Athugasemdir:
OO	0.08													Matsaðferð: Ítrekuð ML.
KO	-0.07													Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.
LO	-0.03													Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangslíðum.
MO	0.02													Fjöldi athugana: 25.
OT	-0.05													

Tafla C.10. Samgöngur á sjó															
Heildarkostnaðarjafna															
Fasti	K	L	M	T	KK	LL	MM	TT	KL	KM	KT	LM	LT	MT	
0.72	0.24	0.30	0.42	0.01	-0.09	0.13	-0.23	0.00	-0.10	0.23	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	
13.90	20.10	37.00	37.23	1.30	-1.90	2.97	-5.21	-1.85	-2.98	5.91	-4.38	-0.45	-9.31	11.86	
Kostnaðarhlutfallajöfnur															
	Fasti	K	L	M	T										
K	0.24	-0.09	-0.10	0.23	-0.01										
L	0.30	-0.10	0.13	-0.01	-0.01										
M	0.42	0.23	-0.01	-0.23	0.01										
Reiknaðir stuðlar															
O	0.04											Athugasemdir:			
OO	0.03											Matsaðferð: Ítrekuð ML.			
KO	-0.03											Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.			
LO	-0.01											Fjöldi athugana: 25.			
MO	0.02														
OT	-0.01														

Tafla C.11. Póstur og fjarskipti										
Heildarkostnaðarjöfnur										
Fasti	K	L	T	KK	LL	TT	KL	KT	LT	
1.15	0.23	0.46	-0.12	0.01	0.16	0.00	-0.08	0.00	-0.01	
2.45	9.32	9.17	-2.29	0.36	4.55	1.09	-3.07	-1.85	-2.19	
Kostnaðarhlutfallajöfnur										
	Fasti	K	L	T						
K	0.23	0.01	-0.08	0.00						
L	0.46	-0.08	0.16	-0.01						
Reiknaðir stuðlar										
M	0.31								Athugasemdir:	
MM	0.00								Matsaðferð: Ítrekuð ML.	
KM	0.07								Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.	
LM	-0.07								Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangslíðum.	
MT	0.01								Fjöldi athugana: 25.	

Tafla C.12. Starfsemi hins opinbera										
Heildarkostnaðarjafna										
Fasti	K	L	T	KK	LL	TT	KL	KT	LT	
2.63	0.06	0.72	-0.06	-0.01	0.16	0.00	-0.09	0.00	0.00	
18.28	0.65	10.13	-3.20	-0.27	4.18	2.23	-2.43	1.02	0.78	
Kostnaðarhlutfallajöfnur										
	Fasti	K	L	T						
K	0.06	-0.01	-0.09	0.00						
L	0.72	-0.09	0.16	0.00						
Reiknaðir stuðlar										
M	0.22								Athugasemdir:	
MM	-0.03								Matsaðferð: Ítrekuð ML.	
KM	0.10								Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.	
LM	-0.07								Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangslíðum.	
MT	-0.01								Fjöldi athugana: 25.	

## Viðauki D

Í þessum viðauka eru sýndar niðurstöður úr mati á hálfkyrrstæða líkaninu í kafla 1.2.  $K$  eru fjármunir,  $L$  er vinnuafli,  $O$  er olía,  $E$  er rafmagn,  $M$  eru önnur aðföng og  $T$  er tímvisir. Tímavísirinn tekur gildi frá 1 og upp í 25.

Þegar niðurstöður úr mati á kostnaðarjöfnunum eru skoðaðar skal haft í huga að  $L$  vísar til  $\beta_L$  og  $KL$  til  $\delta_{KL}$  í líkaninu.

Þegar niðurstöður úr mati á kostnaðarhlutfallajöfnunum eru skoðaðar skal haft í huga að í kostnaðarhlutfallajöfnu fyrir  $L$  vísar fastinn til  $\beta_L$  og  $M$  til  $\delta_{LM}$  í líkaninu.

Þegar fylki afleiða kostnaðarhlutfallajafnanna eru skoðuð skal haft í huga að raðirnar standa fyrir jöfnur og dálkarnir fyrir breytur. Þannig eru röð  $L$  afleiður kostnaðarhlutallsjöfnunnar fyrir  $L$  m.t.t. breytanna í dálkunum.

Stikamatið fyrir jöfnu breytilegs kostnaðar er í fyrri línunni og t-gildi mats í þeirri neðri.



Tafla D.1. Landbúnaður									
Jafna breytilegs kostnaðar									
Fasti	M	K	T	MM	KK	MK	TT	MT	KT
0,75	0,85	0,69	-0,06	0,10	-0,25	-0,04	0,00	0,00	0,00
3,03	50,86	2,48	-2,49	19,43	-1,32	-1,32	0,87	-0,42	0,09
Kostnaðarhlutfallsjafna									
	Fasti	M	K	T					
M	0,85	0,10	-0,04	0,00					
Reiknaðir stuðlar									
L	0,15	Y	0,31						
LL	0,06	YY	-0,25						
KL	0,04	KY	0,25						
ML	-0,10	MY	0,04						
LT	0,00	YT	0,00						
LY	-0,04								

Athugasemdir:  
Matsaðferð: Ítrekuð ML.  
Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.  
Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.  
Fjöldi athugana: 25.

Tafla D.2. Fiskveiðar														
Jafna breytilegs kostnaðar														
Fasti	L	M	K	T	LL	LM	MM	KK	LK	MK	TT	LT	MT	KT
1,57	0,41	0,45	0,82	-0,01	0,18	-0,09	0,10	-0,09	0,09	-0,10	0,00	0,00	-0,01	-0,01
16,49	3,46	8,60	6,72	-1,04	4,47	-2,52	2,47	-2,51	2,97	-3,10	1,70	-0,56	-2,27	-0,94
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	L	M	K	T									
L	0,41	0,18	-0,09	0,09	0,00									
M	0,45	-0,09	0,10	-0,10	-0,01									
Reiknaðir stuðlar														
O	0,14	Y	0,18	OY	-0,01									
OO	0,08	YY	-0,09											
KO	0,01	KY	0,09											
LO	-0,08	LY	-0,09											
MO	0,00	MY	0,10											
OT	0,02	YT	0,01											

Athugasemdir:  
Matsaðferð: Ítrekuð ML.  
Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.  
Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.  
Fjöldi athugana: 25.

Tafla D.3. Iðnaður														
Jafna breytilegs kostnaðar														
Fasti	L	M	K	T	LL	LM	MM	KK	LK	MK	TT	LT	MT	KT
2,93	0,64	0,28	-0,08	-0,01	0,07	-0,06	0,06	-0,15	0,02	-0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
77,18	63,68	170,24	-17,34	0,09	5,48	-4,66	4,33	-8,36	2,62	-2,09	-2,88	-0,84	-0,07	2,44
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	L	M	K	T									
L	0,64	0,07	-0,06	0,02	0,00									
M	0,28	-0,06	0,06	-0,19	0,00									
Reiknaðir stuðlar														
E	0,08	Y	1,08	EY	-0,17									
EE	0,01	YY	-0,15											
KE	0,17	KY	0,15											
LE	-0,01	LY	-0,02											
ME	0,00	MY	0,19											
ET	0,01	YT	0,00											

Athugasemdir:  
Matsaðferð: Ítrekuð ML.  
Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.  
Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.  
Fjöldi athugana: 25.

Tafla D.4. Ál- og kísiljárnframleiðsla														
Jafna breytilegs kostnaðar														
Fasti	L	M	K	T	LL	LM	MM	KK	LK	MK	TT	LT	MT	KT
0,77	0,14	0,15	1,15	0,03	0,07	0,00	0,02	-0,01	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,01	-0,02
4,80	9,26	1,07	12,88	1,41	5,34	0,20	0,62	-1,53	0,06	-2,40	-1,49	-2,81	0,91	-5,02
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	L	M	K	T									
L	0,14	0,07	0,00	0,00	0,00									
M	0,15	0,00	0,02	-0,03	0,01									
Reiknaðir stuðlar														
E	0,71	Y	-0,15	EY	-0,03									
EE	0,09	YY	-0,01											
KE	0,03	KY	0,01											
LE	-0,07	LY	0,00											
ME	-0,03	MY	0,03											
ET	-0,01	YT	0,02											

Athugasemdir:  
Matsaðferð: Ítrekuð ML.  
Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.  
Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.  
Fjöldi athugana: 25.

Tafla D.5. Rafmagn og hiti														
Jafna breytilegs kostnaðar														
Fasti	L	M	K	T	LL	LM	MM	KK	LK	MK	TT	LT	MT	KT
15,77	0,75	0,32	0,12	-0,73	0,08	-0,05	0,05	-0,42	0,13	-0,14	0,02	-0,01	0,00	0,00
0,30	6,23	2,42	0,39	-0,43	3,10	-2,07	1,72	-0,85	2,26	-2,11	0,61	-1,65	0,28	0,07
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	L	M	K	T									
L	0,75	0,08	-0,05	0,13	-0,01									
M	0,32	-0,05	0,05	-0,14	0,00									
Reiknaðir stuðlar														
O	-0,07	Y	0,88	OY	-0,01									
OO	0,02	YY	-0,42											
KO	0,01	KY	0,42											
LO	-0,02	LY	-0,13											
MO	0,00	MY	0,14											
OT	0,01	YT	0,00											

Athugasemdir:  
Matsaðferð: Ítrekuð ML.  
Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.  
Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangslíðum.  
Fjöldi athugana: 25.

Tafla D.6. Byggingarstarfsemi										
Jafna breytilegs kostnaðar										
Fasti	M	K	T	MM	KK	MK	TT	MT	KT	
2,13	0,17	0,35	-0,01	0,04	-0,02	-0,02	0,00	0,01	0,00	
41,06	1,47	2,47	-1,44	1,52	-1,83	-3,74	-0,92	1,37	-0,11	
Kostnaðarhlutfallsjafna										
	Fasti	M	K	T						
M	0,17	0,04	-0,02	0,01						
Reiknaðir stuðlar										
L	0,83	Y	0,65							Athugasemdir:
LL	0,02	YY	-0,02							Matsaðferð: Ítrekuð ML.
KL	0,02	KY	0,02							Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.
ML	-0,04	MY	0,02							Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangslíðum.
LT	-0,01	YT	0,00							Fjöldi athugana: 25.
LY	-0,02									

Tafla D.7. Verslun og h6tel										
Jafna breytilegs kostnaðar										
Fasti	M	K	T	MM	KK	MK	TT	MT	KT	
1,59	0,40	-0,04	-0,02	0,13	0,11	-0,18	0,00	0,01	-0,01	
9,24	16,13	-1,64	-0,90	5,93	2,30	-6,30	2,74	4,23	-2,36	
Kostnaðarhlutfallsjafna										
	Fasti	M	K	T						
M	0,40	0,13	-0,18	0,01						
Reiknaðir stuðlar										
L	0,60	Y	1,04							Athugasemdir:
LL	-0,06	YY	0,11							Matsaðferð: Ítrekuð ML.
KL	0,18	KY	-0,11							Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.
ML	-0,13	MY	0,18							Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.
LT	-0,01	YT	0,01							Fjöldi athugana: 25.
LY	-0,18									

Tafla D.8. Samgöngur á landi										
Jafna breytilegs kostnaðar										
Fasti	M	K	T	MM	KK	MK	TT	MT	KT	
-0,67	0,43	-0,58	0,00	0,13	-0,29	-0,30	0,00	0,01	0,00	
-5,58	10,53	-5,13	-0,07	5,43	-1,74	-6,64	1,56	4,79	0,59	
Kostnaðarhlutfallsjafna										
	Fasti	M	K	T						
M	0,43	0,13	-0,30	0,01						
Reiknaðir stuðlar										
L	0,57	Y	1,58							Athugasemdir:
LL	-0,17	YY	-0,29							Matsaðferð: Ítrekuð ML.
KL	0,30	KY	0,29							Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.
ML	-0,13	MY	0,30							Fjöldi athugana: 25.
LT	-0,01	YT	0,00							
LY	-0,30									



Tafla D.9. Samgöngur í lofti														
Jafna breytilegs kostnaðar														
Fasti	L	M	K	T	LL	LM	MM	KK	LK	MK	TT	LT	MT	KT
0,62	0,52	0,00	0,18	-0,01	0,11	-0,04	0,03	-0,08	0,05	-0,05	0,00	0,02	0,02	-0,01
7,07	4,35	-0,04	2,03	-0,81	6,36	-1,91	0,76	-4,12	4,27	-2,76	-4,26	2,99	4,13	-1,65
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	L	M	K	T									
L	0,52	0,11	-0,04	0,05	0,02									
M	0,00	-0,04	0,03	-0,05	0,02									
Reiknaðir stuðlar														
O	0,49	Y	0,82	OY	0,00									
OO	0,05	YY	-0,08											
KO	0,00	KY	0,08											
LO	-0,07	LY	-0,05											
MO	0,02	MY	0,05											
OT	-0,04	YT	0,01											

Athugasemdir:  
Matsaðferð: Ítrekuð ML.  
Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.  
Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.  
Fjöldi athugana: 25.

Tafla D.10. Samgöngur á sjó														
Jafna breytilegs kostnaðar														
Fasti	L	M	K	T	LL	LM	MM	KK	LK	MK	TT	LT	MT	KT
0,16	0,87	0,01	0,58	0,06	0,03	-0,01	0,01	-0,10	0,11	-0,13	0,00	-0,01	0,00	0,00
1,45	5,42	0,06	3,59	4,03	0,99	-0,27	0,33	-1,68	4,15	-4,31	-2,59	-1,58	-0,28	-0,38
Kostnaðarhlutfallajöfnur														
	Fasti	L	M	K	T									
L	0,87	0,03	-0,01	0,11	-0,01									
M	0,01	-0,01	0,01	-0,13	0,00									
Reiknaðir stuðlar														
O	0,13	Y	0,42	OY	-0,01									
OO	0,02	YY	-0,10											
KO	0,01	KY	0,10											
LO	-0,02	LY	-0,11											
MO	0,00	MY	0,13											
OT	0,01	YT	0,00											

Athugasemdir:  
Matsaðferð: Ítrekuð ML.  
Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.  
Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.  
Fjöldi athugana: 25.

Tafla D.11. Póstur og fjarskipti									
Jafna breytilegs kostnaðar									
Fasti	M	K	T	MM	KK	MK	TT	MT	KT
0,15	0,34	0,67	-0,05	-0,01	-0,15	-0,22	0,00	-0,02	-0,01
0,45	3,39	4,57	-1,18	-0,34	-3,61	-5,89	0,49	-2,10	-1,37
Kostnaðarlutfallsjafna									
	Fasti	M	K	T					
M	0,34	-0,01	-0,22	-0,02					
Reiknaðir stuðlar									
L	0,66	Y	0,33	Athugasemdir:					
LL	-0,24	YY	-0,15	Matsaðferð: Ítrekuð ML.					
KL	0,22	KY	0,15	Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.					
ML	0,01	MY	0,22	Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.					
LT	0,02	YT	0,01	Fjöldi athugana: 25.					
LY	-0,22								

Tafla D.12. Starfsemi hins opinbera									
Jafna breytilegs kostnaðar									
Fasti	M	K	T	MM	KK	MK	TT	MT	KT
2,80	0,43	-0,23	-0,11	0,05	0,10	-0,09	0,00	0,00	0,00
7,82	39,69	-8,47	-2,59	1,45	1,49	-3,65	1,95	-1,62	1,08
Kostnaðarhlutfallsjafna									
	Fasti	M	K	T					
M	0,43	0,05	-0,09	0,00					
Reiknaðir stuðlar									
L	0,57	Y	1,23	Athugasemdir:					
LL	-0,05	YY	0,10	Matsaðferð: Ítrekuð ML.					
KL	0,09	KY	-0,10	Upphafsgildi ítrekunar: OLS mat á stikum.					
ML	-0,05	MY	0,09	Leiðrétt fyrir sjálffylgni í afgangliðum.					
LT	0,00	YT	0,00	Fjöldi athugana: 25.					
LY	-0,09								

