



# Vistspor Íslands

Sigurður Eyberg Jóhannesson



Líf- og umhverfisvísindadeild  
**Háskóli Íslands**  
**2010**



# Vistspor Íslands

Sigurður Eyberg Jóhannesson

60 eininga ritgerð sem er hluti af  
Magister Scientiarum gráðu í Umhverfis- og auðlindafræði

Leiðbeinandi  
Brynhildur Davíðsdóttir

Prófdómari  
Stefán Gíslason

Líf- og umhverfisvísindadeild  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Reykjavík, maí 2010

Vistspor Íslands

Mæling á Vistspori (Ecological Footprint) Íslands fyrir árið 2005.

60 eininga ritgerð sem er hluti af Magister Scientiarum gráðu í Umhverfis- og auðlindafræði

Höfundarréttur © 2010 Sigurður Eyberg Jóhannesson

Öll réttindi áskilin

Líf- og umhverfisvísindadeild

Verkfræði- og náttúruvísindasvið

Háskóli Íslands

Askja, Sturlugötu 7

107 Reykjavík

Sími: 525 4000

Skráningarupplýsingar:

Sigurður Eyberg Jóhannesson, 2010, Vistspor Íslands, meistararitgerð, Líf- og umhverfisvísindadeild, Háskóli Íslands, 111 bls.

Prentun: Grágás

Reykjavík, maí 2010

# Útdráttur

Á undanförunum árum hefur ákallið um sjálfbæra þróun farið stöðugt hækkandi. Í kjölfar þessa hafa komið fram hinir ýmsu vísar sem leitast við að mæla sjálfbærni. Einn slíkra er Vistsporið eða The Ecological Footprint. Markmið þessarar rannsóknar var að reikna út Vistspor Íslands eftir viðurkenndum leiðum Global Footprint Network og um leið reyna að meta hversu hentugur vísirinn er fyrir íslenskar aðstæður. Niðurstöður rannsóknarinnar leiða í ljós að með því að leggja vísinn óbreyttan á Ísland fær það langstærsta Vistspor jarðar; 56 jarðhektara á mann. Þessi niðurstaða er þó röng þar sem ekki er tekið tillit til sérstakra aðstæðna landsins í orkumálum og sjávarútvegi. Talan er því mun hærri en hún ætti að vera. Þrátt fyrir það virðist allt benda til þess að Íslendingar séu neyslufrekasta þjóð jarðar miðað við þær niðurstöður sem fást með aðferðum Vistsporsins. Rannsóknin er um fram allt fyrsta skrefið í leitinni að raunhæfri niðurstöðu fyrir Vistspor Íslands og kallar eftir fleiri rannsóknum auk þess að benda á leiðir til frekari aðlögunar sem gætu hjálpað til við að gera vísinn hentugan fyrir íslenskar aðstæður.

## Abstract

The push for sustainable development is gaining momentum with each year passing. As a result of this a variety of indicators have been created in an attempt to measure sustainability. One such indicator is the Ecological Footprint. The aim of this thesis is to measure the Ecological Footprint of Iceland according to the official guidelines given by Global Footprint Network as well as evaluating how appropriate the indicator is for Icelandic circumstances. The results show that Iceland's Footprint is by far the biggest on earth; 56 global hectares. These results are incorrect since the method fails to take into account the unique situation Iceland is in when it comes to energy production and fishing. Taking some of these unique factors into account rapidly lessens the Footprint although the results indicate that according to the Ecological Footprint Icelanders are earth's biggest consumers. This paper serves as first steps towards finding a realistic figure for Iceland's Footprint and points towards improvements to the method that may help to make the Ecological Footprint a suitable indicator for Iceland.









# Efnisyfirlit

Myndir .....	x
Töflur .....	xi
Skammstafanir .....	xii
Þakkir .....	xiii
<b>1 Inngangur .....</b>	<b>1</b>
1.1 Sjálfbær þróun .....	2
1.2 Mæling á sjálfbærni .....	3
1.3 Mælingar á hagvexti .....	3
1.4 Vísar – þurfum við marga? .....	4
1.4.1 Vísar – kostir og gallar .....	5
1.4.2 Stutt yfirlit yfir flokka Vemuri og Costanza .....	5
1.4.3 Dæmi um vísa .....	7
1.5 Val á vísi .....	15
<b>2 Vistspor .....</b>	<b>17</b>
2.1 Mælingar á Vistspori og líffræðilegri getu .....	17
2.2 Afleiddar vörur .....	18
2.3 Úr hekturum í jarðhektara .....	19
2.3.1 Framleiðnistuðlar .....	19
2.3.2 Jöfnunarstuðlar .....	20
2.4 Viðskipti .....	21
2.5 Landgerðir Vistsporsins .....	21
2.5.1 Ræktað land .....	21
2.5.2 Beitoland .....	22
2.5.3 Fiskveiðilendur .....	22
2.5.4 Skóglendi .....	23
2.5.5 Kolefnisjöfnunarland .....	23
2.5.6 Mannvirki .....	24
2.6 Vistfræðilegur skortur .....	24
2.7 Vistfræðilegur afgangur .....	24
2.8 Vistfræðileg skuld .....	24
2.9 Vistsporið í hnotskurn .....	24
<b>3 Gagnrýni .....</b>	<b>27</b>
3.1 Undirliggjandi andstaða við viðskipti .....	27
3.2 Útreikningar á áhrifum notkunar jarðefnaeldsneytis .....	28
3.3 Skortur á greinarmun á sjálfbærri- og ósjálfbærri nýtingu .....	29
3.4 Eru þéttbýli vandamál? .....	30
<b>4 Vistsporið í dag .....</b>	<b>31</b>

4.1	Gagnabankar .....	31
4.2	Jarðhektarar .....	31
4.3	Landgerðir .....	32
4.4	Viðskipti .....	32
4.5	Orka og kolefni .....	33
4.6	Áhrif á önnur mikilvæg vistkerfi .....	33
4.7	Hagnýting .....	34
<b>5</b>	<b>Fyrri mælingar á Vistspori Íslands .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>Niðurstöður .....</b>	<b>37</b>
6.1	Stærðir landsvæða .....	37
6.2	Framleiðnistuðlar .....	38
6.3	Jöfnunarstuðlar .....	39
6.4	Vistspor mannvirkja .....	39
6.5	Kolefnisspor .....	40
6.6	Vistspor fiskveiða .....	43
6.6.1	Helstu aflatölur .....	43
6.6.2	Framleiðni .....	45
6.7	Vistspor skóglendis .....	45
6.8	Vistspor beitolands .....	46
6.8.1	Utanríkisverslun með dýraafurðir .....	47
6.8.2	Fóðurrækt á landinu .....	47
6.8.3	Fóðurþörf búfénaðar á Íslandi .....	48
6.9	Vistspor ræktaðs lands .....	48
6.9.1	Utanríkisverslun með landbúnaðarafurðir .....	49
6.9.2	Framleiðsla á landbúnaðarvörum .....	51
6.9.3	Framleiðni .....	51
6.10	Líffræðileg geta landsins .....	52
6.11	Niðurstöður .....	53
<b>7</b>	<b>Umraður .....</b>	<b>55</b>
7.1	Vistspor mannvirkja .....	55
7.2	Kolefnisspor .....	56
7.3	Vistspor fiskveiða .....	57
7.4	Vistspor skóglendis .....	60
7.5	Vistspor beitolands .....	61
7.6	Vistspor ræktaðs lands .....	62
7.7	Niðurstöður með breytingum fyrir íslenskar aðstæður .....	62
7.8	Veikleikar rannsóknar .....	64
<b>8</b>	<b>Lokaorð .....</b>	<b>67</b>
	<b>Heimildir .....</b>	<b>69</b>
	<b>Viðauki A .....</b>	<b>77</b>
	Útskýringar með vistsporsmælingu fyrir Ísland .....	77
	Grunnskjöl – fastar ofl. ....	77
	Vistspor mannvirkja .....	78
	Kolefnisspor .....	78

Vistspor fiskveiða .....	81
Vistspor skóglendis .....	83
Vistspor beitilands .....	85
Vistspor ræktaðs lands .....	88
Líffræðileg geta.....	89
Summary .....	90
<b>Viðauki B.....</b>	<b>91</b>
Rafrænn viðauki – Vistspor Íslands 2005, útreikningar. ....	91
<b>Viðauki C.....</b>	<b>93</b>
Rafrænn viðauki – Vistspor Íslands 2005, útreikningar m.t.t. íslenskra aðstæðna.....	93

# Myndir

Mynd 6.1 Hlutföll landgerða.....	54
Mynd 7.1 Hlutföll landgerða m.t.t. íslenskra aðstæðna .....	63

# Töflur

Tafla 1.1 Útreikningar ISEW.....	9
Tafla 6.1 Stærðir landsvæða.....	37
Tafla 6.2 Framleiðnistuðlar Íslands 2005.....	38
Tafla 6.3 Jöfnunarstuðlar GFN fyrir árið 2005.....	39
Tafla 6.4 Vistspor mannvirkja.....	40
Tafla 6.5 Kolefnisspor.....	40
Tafla 6.6 Helstu tölur utanríkisverslunar.....	41
Tafla 6.7 Stærstu kolefnisspor utanríkisverslunar.....	42
Tafla 6.8 Áætlað Vistspor millilandaflutninga.....	42
Tafla 6.9 Vistspor fiskveiða.....	43
Tafla 6.10 Helstu aflatölur.....	43
Tafla 6.11 Þyngd og Vistspor utanríkisverslunar með sjávarafurðir.....	44
Tafla 6.12 Vistspor skóglendis.....	46
Tafla 6.13 Vistspor beitolands.....	47
Tafla 6.14 Stofnar búfénaðar.....	48
Tafla 6.15 Vistspor ræktaðs lands.....	49
Tafla 6.16 Utanríkisverslun með landbúnaðarafurðir.....	49
Tafla 6.17 Framleiðsla landbúnaðarafurða.....	51
Tafla 6.18 Líffræðileg geta.....	52
Tafla 6.19 Vistspor og líffræðileg geta Íslands 2005.....	53
Tafla 6.20 Vistspor og líffræðileg geta á hvern Íslending 2005.....	53
Tafla 6.21 Ísland - jörðin samanburður á ýmsum þáttum Vistsporsins.....	54
Tafla 7.1 Vistspor Íslands á mann, leiðrétt m.t.t. íslenskra aðstæðna.....	63
Tafla 7.2 Ísland - jörðin, samanburður á ýmsum þáttum m.t.t. íslenskra aðstæðna.....	64

# Skammstafanir

EF – Ecological Footprint

ENNP – Environmental Net National Product

FAO – United Nations Food and Agriculture Organization

GFN – Global Footprint Network

GPI – Genuine Progress Indicator

GWh – Gigavattstund

ha – hektari

IEA – International Energy Agency

jha – jarðhektari

HDI – Human Development Index

HNA – Human Needs Assessment

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

ISEW – Index of Sustainable Economic Welfare

MEW – Measure of Economic Welfare

PQLI – Physical Quality of Life Index

SEEA – System of Environmental Accounting

SITC Rev – Standard International Trade Classification, Revision

SNI – Sustainable National Income

t – tonn

UN – United Nations

UNDP – United Nations Development Programme

þe – þurrefni

# **Þakkir**

Ómældar þakkir fyrir stuðning og aðstoð með einum eða öðrum hætti fá:

Brynhildur Davíðsdóttir, Guðmundur Ingi Guðbrandsson, Kristín Vala Ragnarsdóttir, Umhverfisstofnun, Arnór Snorrason, Borgar Páll Bragason, Ólafur R. Dýrmundsson, Anders Reed, Mathis Wackernagel, Katrín Halldóra Árnadóttir, Anna Guðrún Þórhallsdóttir, Egill Rafn Sigurgeirsson, Jón V. Jónmundsson, Eggert Guðjónsson, Bjarney Guðbjörnsdóttir, Magnús Ágústsson, Ólafur Eggertsson, Tjörvi Bjarnason, Kolbeinn Árnason, Ingvar Matthíasson, Katla Gylfadóttir, Jón Már Halldórsson, Halldór Pálmar Halldórsson, Kolbrún Jóhannsdóttir, Þróstur Eysteinnsson, Edda S. Oddsdóttir, Haukur Eggertsson, Þórey Birgisdóttir, Hafdís Hafliðadóttir, Þóroddur F. Þóroddsson, Elísabet Björney Lárusdóttir, Anna Sigurveig Ragnarsdóttir, Jón Páll Haraldsson, Ægir Sigurðsson, Fanney Ósk Gísladóttir, Jóhannes Sigurðsson, Soffí Þóra Magnúsdóttir, Magnús Jóhannesson og fjölskylda, Margrét Þórarinsdóttir og fjölskylda, Magnea Gógó og fjölskylda, Þór Sigurðsson, Hrafnkell Tumi Kolbeinnsson, ættingjar og vinir nær og fjær og Hema Mangoo.









# 1 Inngangur

Stöðugt fleiri rannsóknir sýna nú fram á að mannkynið sé að ganga svo á auðlindir jarðar að hún hafi ekki undan að framleiða náttúruleg gæði til að standa undir neyslunni (IPCC, 2007, Worm et al., 2007, Gleick, 2008). Fiskistofnar hrynja, vatnsskortur eykst, jarðvegur tapast og koltvísýringur safnast fyrir í andrúmsloftinu. Allt útlit er nú fyrir að haldi áfram sem horfir muni þessi ágangur mannkyns á hið náttúrulega umhverfi sitt valda komandi kynslóðum ómældu tjóni, efnahagslegu, félagslegu og vistfræðilegu. Af þessum sökum hefur hugmyndin um sjálfbæra þróun rutt sér til rúms á síðastliðnum áratugum. Hugmyndin gengur út á það að við lifum innan þolmarka jarðar svo mannkynið geti þrífist hér áfram um aldur og ævi og að við séum ekki að skerða tækifæri komandi kynslóða. Hugmyndin verður stöðugt háværrari en til þess að hægt sé að hrinda henni í framkvæmd á einhvern hátt verðum við fyrst að vita hvar við stöndum og hvar við þurfum að standa í tilliti sjálfbærrar þróunar.

Þetta hefur orðið til þess að menn hafa reynt að búa til mælistikur eða vísa sem geta hjálpað okkur að mæla þessa hluti með einhverjum hætti. Fjölmargir slíkir vísar hafa komið fram sem mæla ótal ólíka hluti enda umfang verkefnisins gríðar mikið. Einn slíkra vísa er svokallað Vistspor (Ecological Footprint). Vistsporið reynir að meta ágang manna á jörðina með því að mæla neyslu þeirra á frumframleiðni og bera saman við frumframleiðni getu jarðar. Með þessu er sporið fundið og því meiri sem neyslan er því stærra er það. Ef Vistsporið er minna en frumframleiðsla jarðar er viðkomandi samfélag innan marka sjálfbærni.

Vistsporið hefur náð nokkru flugi á undanförunum árum og áratugum og hafa flestar þjóðir jarðar fengið spor sitt mælt af Global Footprint Network en það eru samtök sem stofnuð voru sérstaklega utan um hugmyndafræðina. Hlutur Íslands hefur hinsvegar verið rýr í þessum mælingum, það er að segja ekki hafa verið birtar margar niðurstöður fyrir Ísland í slíkum mælingum. Árið 1999 birtu Mathis Wackernagel helsti forsvari aðferðarinnar og félagar hans þó niðurstöður fyrir Ísland (Wackernagel et al, 1999) en það var áður en aðferðafræðin náði yfir svæði sjávar og gefa þær því takmarkaða mynd af ástandinu á landinu. Þá eru tölurnar sem notaðar voru í rannsókninni orðnar 17 ára gamlar auk þess sem talnabankar Sameinuðu Þjóðanna sem notaðir voru á þessum tíma höfðu ekki mjög ítarlegar upplýsingar um Ísland.

Markmið þessarar rannsóknar er að gera mælingu á Vistspori Íslands og reyna að meta um leið hvort vísirinn sé hentugur fyrir íslenskar aðstæður. Rannsóknarspurningin er því í tveimur hlutum:

- Hvert er Vistspor Íslands?
- Er Vistsporið hentugur sjálfbærnivísir fyrir Ísland?

Leitast verður við að fara eins nákvæmlega og hægt er eftir viðurkenndum aðferðum Global Footprint Network við mælinguna en samtökin hafa gefið út talsvert af efni sem ætlað er að auðvelda fólki slíka mælingu og að koma í veg fyrir notkun á ólíkum aðferðum

á ólíkum stöðum sem kemur í veg fyrir möguleika á samanburði á niðurstöðum auk þess að valda ruglingi um aðferðafræðina. Í einu verður þó vikið frá hefðbundnum aðferðum samtakanna en það er í notkun gagnabanka. Opinbera aðferðin kveður á um notkun alþjóðlegra gagnabanka svo sem þeirra hjá Sameinuðu Þjóðunum en hér munu verða notaðir íslenskir gagnabankar alstaðar sem slíku verður komið við enda litið svo á að þeir séu líklega réttari þar sem þeir standi nær upptökunum auk þess sem það eru almennt innlend gagnasöfn sem láta þeim erlendu í té sínar upplýsingar.

Áður en kemur að umfjöllun um aðferðaræði Vistsporsins mun verða fjallað stuttlega um þróun sjálfbærni hugtaksins og stiklað á stóru yfir nokkra af þeim vísnum sem fram hafa komið í kringum þá umræðu. Í kjölfar umræðu um aðferðafræðina verður svo litið á helstu gagnrýni sem hún hefur fengið og hvar hún stendur í dag. Þá verður greint frá niðurstöðum rannsóknarinnar og fjallað um þær í umræðum.

## 1.1 Sjálfbær þróun

Samkvæmt einni frægustu skilgreiningu sjálfbærrar þróunar sem kemur fram í skýrslu WCED (World Commission on Environment and Development) Our Common Future (1987) er sjálfbær þróun;

“þróun sem mætir þörfum nútímans án þess að draga úr möguleikum komandi kynslóða til að fullnægja sínum þörfum” (WCED, 1987)<sup>1</sup>

Hugtakið er þó talsvert eldra og hefur verið í nokkurri umferð síðan 1972 eða síðan Sameinuðu Þjóðirnar héldu fyrstu umhverfisráðstefnu sína í Stokkhólmi. Hugtakinu er ætlað að ná yfir efnahagslega framþróun, náttúruleg gæði og félagslegt jafnrétti (Rogers et al, 2008) og er gjarnan talað um þessa þrjá þætti sem burðarvirki sjálfbærrar þróunar og að allir þurfi þeir að hafa jafnt vægi til að jafnvægi haldist. En ekki eru allir á eitt sáttir við hugtakið. Gagnrýni af ýmsum toga hefur komið fram (Dobson, 1996, Barry, 1996) og helst fyrir þær sakir að hugtakið sé svo loðið að allt og ekkert geti í raun rúmast innan þess (Richardson, 1997) og jafnvel að það stuðli að því að eyða hugmyndinni um að efnahagslegur vöxtur og takmarkanir náttúrunnar séu í mótsögn eins og haldið var fram í Limits to Growth (Meadows et al, 1972) og Blueprint for Survival (Goldsmith et al, 1972). Þetta hafi þannig hjálpað til við að ýta undir nýfrjálshyggju og aukna neyslu með því að skeyta saman vistfræðilega hlutanum (sjálfbærni) og efnahagslega hlutanum (þróun) andstætt því sem fyrri tíðar menn eins og Meadows og Goldsmith höfðu gert með því að beina sjónum sínum að sjálfbærni einni saman og tala fyrir vaxtaleysi í hagkerfi ríkra þjóða (Paton, 2007). Fleiri hafa tekið undir þetta með því að segja að í raun geti sjálfbær þróun aðeins orðið að veruleika með því að vera þróun án vaxtar (Daly and Townsend, 1993). Þykir sumum Brundtland og félagar þannig hafa tekið of mikið tillit til sjónarmiða OECD í skilgreiningu sinni þannig að meira að segja The World Bank, sem hefur ekki verið þekktur af afrekum sínum í umhverfismálum, sá sér fært að gefa út yfirlýsingu 1988 þar sem segir að eftirleiðis muni sjálfbær þróun vera órjúfanlegur hluti markmiða hans (Paton,

---

<sup>1</sup> “development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”

2007). Með þessu hafi nýfrjálshyggjan í raun yfirtekið hugtakið og notað það til eigin þarfa. Til að sporna við þessu hafa komið fram aðrar skilgreiningar á sjálfbærri þróun sem leitast við að gera hlut náttúrunnar skýrari:

“The permanent process for generating economic benefits while maintaining the natural-resource base” (Mayers, 1987).

Ekki verður farið lengra með þessar umræður hér en hugtakið tekið gott og gilt sem viðmið um líf innan þolmarka náttúrunnar og látið nægja að segja að hugtakið hefur náð fótfestu og er nú haft til hliðsjónar í stefnumótun hjá mörgum þróuðum ríkjum og má td. nefna að G7 þjóðirnar gáfu út árið 1989 að til þess að sjálfbær þróun næðist myndu þær sjá til þess að hagvöxtur og þróun myndu haldast í hendur við verndun náttúrunnar (Paton, 2007).

## 1.2 Mæling á sjálfbærni

Spurningin sem við þurfum að svara áður en við komumst lengra er: Er hægt að mæla sjálfbærni? Getum við vitað hvenær við erum innan þolmarka jarðar og hvenær utan? Undanfarin ár hafa komið fram fjölmargar tilraunir til að gera einmitt þetta. Í því skyni eru hannaðir vísar (indicators) sem ætlað er að mæla ástand umhverfisins auk félagslegra og efnahagslegra þátta svo sem neyslu, menntunar, launa o.s.frv. enda eins og áður hefur komið fram byggir sjálfbær þróun á þessum þremur þáttum: Umhverfislegum-, félagslegum- og efnahagslegum þáttum.

Þessir vísar sem hafa verið hannaðir eru fjölmargir og æði misjafnir þegar kemur að því hvaða þætti þeir taka með í mælingum sínum og hversu mikið vægi þeir gefa hverjum þætti fyrir sig en allir eiga þeir það þó sameiginlegt að þeir leitast við að gefa okkur hugmynd um hvar við stöndum gangvart því að vera innan marka sjálfbærni.

Til glöggvunar má taka dæmi af þekktum vísi sem er mæling á hagvexti (GDP). Hagvaxtarmælingar taka hinsvegar eingöngu mið af vexti innan hagkerfisins og undanskilja því umhverfisþáttinn sem og félagslega þáttinn. Seinni tíma vísar sem ætlað er að mæla sjálfbærni - og mætti því kalla sjálfbærnivísa - eru gjarnan um leið andsvar við hefðbundnum hagvaxtarmælingum. Eðlilegast er að hefja umræður um nýja vísa á stuttri umfjöllun um hagvaxtarmælingar.

## 1.3 Mælingar á hagvexti

Þó rekja megi tilraunir til að mæla þjóðartekjum til átjándu aldar er upphaf nútíma landframleiðslu-/hagvaxtarmælinga almennt talið liggja í áhrifum frá kreppunni miklu, seinni heimsstyrjöld og kenningum hagfræðingsins John Keynes. Frá seinni stríði hefur hagvöxtur svo verið meginmarkmið allrar hagstjórnar (Nordhaus og Tobin 1973, Manning 2001). Stjórnvöld um allan heim eru stöðugt að leita leiða til að auka hagvöxt og leikur lítill vafi á að tilgangur þess er að auka mannlega velferð (Samuelson et al 1978, Kaosa-ard 2000).

Á síðasta aldarfjórðungi hefur risið alda gagnrýni á landframleiðslu-/hagvaxtarmælingarnar. Grunntónn þeirrar gagnrýni hafa verið efasemdir um að slíkar mælingar gefi rétta mynda af velferð þegna þess samfélags sem mælingarnar taka til. Algengasta andsvarið við þeirri gagnrýni er að landsframleiðslu-/hagvaxtarmælingunum hafi aldrei verið ætlað að mæla hluti eins og velferð heldur aðeins flæði fjármagns.

Sir William Petty gerði tilraun til að mæla þjóðartekjur á 18. öld. Þróun slíkra mælinga var síðan hæg þar til að til kom, eins og áður segir, samblanda kreppunnar miklu, seinni heimsstyrjaldar og macro-hagfræðikenninga Keynes sem varð kveikjan að nútíma þjóðarbókhaldi (Carson 1975). Síðan þá hafa slíkir reikningar verið notaðir til ýmissa verka sérstaklega með tilliti til hagnýttara fjárhagslegra þátta svo sem við gerð reglugerða og til stefnumótunar. Auk þessa hafa þeir verið notaðir til samanburðar á velferð á milli þjóða og tímabila. Einn af höfundum slíks þjóðarbókhalds, Simon Kuznets vildi meina að einn helsti ábati þess að safna saman gögnum um framleiðslu þjóðar væri að þau myndu segja til um velferð þjóðarinnar í nútíð og framtíð:

“National income may be defined as the net value of all economic goods produced by the nation... Any claim to significance such a total would have would lie in its presumptive usefulness as an appraisal of the contribution of economic activity to the welfare of the country's inhabitants, present and future” (Kuznets, 1985)

Moses Abramovitz var einn þeirra fyrstu til að draga í efa þetta samband og kallaði á frekari rannsóknir (Abramovitz 1959). Síðan hefur þetta verið bitbein milli hagfræðinga og annarra sem láta sig málið varða þar sem sumir vilja meina að hagvaxtarmælingar komi velferð ekki við og sé ekki ætlað að mæla neitt slíkt (Juster 1973) meðan aðrir mæla því í mót með því að það sé nú samt það sem iðulega gerist hjá hagfræðingum, að þeir blandi þessu tvennu saman, annarsvegar “hreinna” hagfræði sem nær eingöngu yfir tölur um fjármagn og hinsvegar félagslegri hagfræði sem tekur til hinna félagslegu þátta velferðar (England 1997) en þetta tvennt var aðskilið af Pigou snemma á 20 öldinni. Daly and Cobb hafa bent á að hagfræðingar verði að gera sér grein fyrir því að mannskepnan sé ekki eingöngu “homo-economicus” eða “hinn neytandi maður”, heldur margþætt og flókin vera. Þetta þurfi að hafa í huga þegar þeir veita ráðgjöf til stjórnmalamanna og fyrirtækja (Daly and Cobb 1994).

## 1.4 Vísar – þurfum við marga?

Í kjölfar þessara umræðna hafa komið fram fjölmargar nýjar mælingarleiðir sem ætlað er að koma í stað hagvaxtar mælinganna. Þessar nýju leiðir taka til mismunandi þátta og hafa misjafnar áherslur, allt eftir markmiðunum sem stefnt er að. Nokkrir af þeim vísam sem fram hafa komið eru: Measure of Economic Welfare (MEW – undanfari ISEW), Human Needs Assessment (HNA), System of Economic Environmental Accounting (SEEA), Sustainable National Income (SNI), Genuine Progress Indicator (GPI – arftaki ISEW), Environmental Net National Product (ENNP), The Ecological Footprint, The Quality of Life Index og The Physical Quality of Life Index (PQLI) og The Index of Well-Being svo einhverjir séu nefndir.

Þessir vísar eru að ýmsu leiti ólíkir eftir því hvað þeir leitast við að mæla en eiga það sameiginlegt að reyna að bæta við hinar hefðbundnu hagvaxtarmælingar þar sem aðeins er tekið tillit til markaðarins.

### **1.4.1 Vísar – kostir og gallar**

Vemuri og Costanza (2006) skipta öllum þessum mismunandi vísam og nálgunarleiðum í fimm flokka:

1. Hefðbundnar hagvaxtar- og landsframleiðslumælingar.
2. Human Development Index Sameinuðu Þjóðanna sem bætir heilsu- og menntaþáttum við landsframleiðslumælingar.
3. Víðtækari mælistikur sem taka á “hagrænni velferð” með því að taka hluta af landsframleiðslumælingunum og blanda saman við breytur sem taka á öðrum þáttum svo sem dreifingu fjármagns, náttúrauðlindum, félagslegum auðlindum og mannauði. Dæmi um slíka stiku er ISEW (Index of Sustainable Economic Welfare – Daly og Cobb 1989) og GPI (Genuine Progress Indicator – Anielski og Rowe, 1999).
4. Mælistikur sem byggja á margskonar breytum eins og Human Welfare Index (HWI) sem inniheldur meira en 87 undir-vísa og the Well-Being Index sem blandar saman HWI og the Environmental Welfare Index (Prescott-Allen, 2001).
5. Vísar sem mæla velferð með huglægum leiðum (subjective well-being - SWB) sem ganga út á að spyrja einstaklinga hvernig þeir meta eigin hamingju eða lífsfyllingu.

### **1.4.2 Stutt yfirlit yfir flokka Vemuri og Costanza**

1. Hagvöxtur er vöxtur þjóðarframleiðslu. Þjóðarframleiðsla er heildarverðmæti allrar vöru og þjónustu sem þjóð framleiðir á einu ári. Landsframleiðsla er þjóðarframleiðsla plús tekjur af eignum og vinnu útlendinga á Íslandi, mínus tekjur af eignum og vinnu Íslendinga erlendis. Ekki verður fjallað frekar um þessi hugtök hér og verður rætt um þau öll jöfnum höndum enda litið svo á að þau séu öll greinar af sama meiði.

2. HDI (Human Development Index) sem kemur frá Þróunaráætlun Sameinuðu Þjóðanna (the United Nations Development Programme – UNDP) gengur út frá því að mannauðurinn séu hin raunverulegu auðæfi þjóðar. Þar eru meginmarkmiðin skilgreind sem langlífí og góð heilsa, þekkingaröflun og nægilegt aðgengi að auðlindum til að geta haldið uppi sómasamlegum lifnaðarháttum (eða; heilsufar, menntastig og lifnaðarhættir). Þar með er áherslan lögð á það sem nægir í stað þess sem mettar (UN 1994).

HDI hefur verið gagnrýnt fyrir að vera gagnslítið tæki ef bera á saman mun á velferð innan hinna ríku vestrænu þjóða, þar sem munurinn á þeim mælist svo lítill (England 1997) og einnig fyrir það að hinir þrír þættir sem stuðst er við vega allir jafn þungt, sem þykir handahófskennt auk þess sem þeir hafa áhrif hver á annan innbyrðis. Þá hefur einnig verið sett spurningarmerki við mælistikurnar sem notaðar eru og hvort ekki ætti að taka með í reikninginn hluti eins og fátækt, atvinnuframboð, aðgengi að mat o.s.frv. Læsi þykir einnig lélegur mælikvarði fyrir menntastig og setur markið lágt, enda skýrist hinn litli munur á ríkari þjóðum meðal annars af því að langstærstur hluti þeirra þjóða er læs. Auk

Þess má spyrja af hverju leshæfni vegur tvo þriðju á móti einum þriðja sem er skráðir nemar í skóla (Sunstein 1997).

Þrátt fyrir þessa vankanta er HDI án efa gagnlegt innlegg í leitina að mælistiku fyrir mannlega velferð og hefur hún verið notuð víða og með ýmsu móti. Svíþjóð hefur breytt þessum áherslum á þann hátt að sundurskilja hina mismunandi þætti sem rannsakaðir eru og draga þannig úr stærðfræðilegri úrvinnslu ferlisins. Þetta þýðir auðvitað að ekki fæst ein tala á endanum en fleiri þættir eru teknir til greina. Þá gerði Háskólinn í Helsinki samanburðarkönnun á Skandinavísku löndunum þar sem þeir tóku til þá þætti sem Svíar nota (heilbrigði, menntun og hæfileikar, húsnæði, öryggi lífs og eigna þar með talið frelsi frá glæpum, aðgengi að menningu og afþreyingu, atvinna, tekjur og fjárhagur og þátttaka í stjórnámálum) auk umhverfisþátta að meðtalinni loft- og vatnsmengun, samskipta við fólk innan samfélagsins, fjölskyldunnar og vinnunnar og tækifæra til að njóta náttúrunnar.

Valérie Bérenger og Audrey Verdier-Chouchane (2007) hafa sett fram hugmyndir byggðar á hugmyndum Amartya Sen þar sem þær skipta velferðarmælingum í tvennt, Quality of Life og Standard of Living. Með því vilja þær reyna að komast fyrir helstu gagnrýnina á Human Development Index sem er hversu fáar breyturnar eru sem eru teknar inni jöfnuna og innvortis tengsl breytanna. Þrátt fyrir það komast þær að þeirri niðurstöðu að Human Development Index gefi þrátt fyrir alla gagnrýnina nokkuð góða mynd af því ástandi sem fyrir er því niðurstöður þeirra úr þessu endurbætta líkani þeirra eru mjög svipaðar því sem fást með aðferðum HDI jafnvel þó að Quality of Life og Standard of Living aðferðin taki yfir mun breiðara svið.

3. The Index of Sustainable Economic Welfare kemur frá Herman Daly og John Cobb (1989) og er þeirra tilraun til að taka umhverfisþætti með í reikninginn ásamt félagslegum og fjárhagslegum þáttum. Þannig reyna þeir að láta vísinn ná yfir ójöfnuð, umhverfisskaða, skerðingu á frítíma og ólaunaða vinnu svo sem heimilisstörf. Helsti munurinn á ISEW og HDI er kannski sá að ISEW mælir, eins og mælingar á hagvexti, neyslu og framleiðslu með hinum óaðskiljanlega undirtón að aukin neysla leiði til aukinnar velferðar.

Lönd sem hafa notast við ISEW eru til dæmis Bandaríki Norður Ameríku, Stóra Bretland, Holland, Austurríki, Þýskaland og Svíþjóð. ISEW og arftaki þess the Genuine Progress Indicator (GPI) hafa verið gerðir fyrir sum lönd (t.d. US) frá árinu 1970 og niðurstöður sýna mikinn mun á þeim mælingum og hefðbundnum hagvaxtarmælingum, þar sem hagvöxtur vex en ISEW mælingin á hinni sjálfbæru velferðarþróun stendur í stað. Það þykir þó sýnt að ISEW er fjarri því gallalaust og eru uppi spurningar um hvort gallar séu á aðferðafræðinni sem valda miklum mun á mælingum á hagvexti annarsvegar og ISEW mælingum hinsvegar (Neumayer, 2000). Annar höfundur ISEW, Herman Daly, hefur sagt um kerfið að það sé eins og filter á sígarettu – betra en ekkert (England, 1997). Óneitanlegur kostur við ISEW eða GPI er að kerfið tekur yfir marga þætti og sameinar í eina tölu.

Mick Common (2007) hefur bent á að gallinn við mælingar eins og Genuine Progress Indicator og Index of Sustainable Economic Welfare er að þau notast við peningaleg viðmið og setja á þann hátt peninga ofar öllu. Þetta skapar auðvitað vandamál þegar meta á hluti sem illa verða metnir til fjár eins og til dæmis hreint loft eða hamingju manns. Human Development Index var á hinn bóginn þróað út frá hugmyndum Amartya Sen (sem var einn af höfundum þess) sem ganga út frá því að þróun mannsins sé mun víðtækari



en einungis fjárhagslegur vöxtur (hagvöxtur) og sé margþætt og nái til allra þátta velferðar. Kjarninn í þessu er hugmyndafræðilegur ágreiningur.

Vemuri og Costanza taka Vistsporið (The Ecological Footprint) ekki fyrir í rannsókn sinni en það virðist þó standa næst þessum flokki falla undir þennan flokk sem vísir sem inniheldur margskonar breytur en byggir þó ekki á peningalegum viðmiðum og undanskilur því alla slíka þætti svo sem landsframléiðslu, tekjur og þess háttar.

4. Well-Being Index reynir að blanda saman huglægum leiðum í formi spurninga til viðmælenda og hlutlægum mælingum á ytri þáttum (Vemuri og Costanza, 2006). Niðurstöður Vemuri og Costanza frá 2006 sýna að náttúrulegur auður hefur mikil áhrif á lífsfyllingu fólks og vilja þeir meina að þó HDI gefi ágæta hugmynd um slíka hluti væri hægt að bæta vísinn mikið með því að taka náttúruauð inn í mælingarnar. WBI vantar betri vísa til að ná yfir félagslegu þættina svo sem mikilvægi vina og fjölskyldu.

5. Vísar sem mæla velferð eftir huglægum leiðum notast ekki við neinar mælingar á ytri þáttum heldur nota svör viðmælenda sem viðmið um velferð. Dæmi um slíka vísa eru: Self-Anchoring Striving Scale, Sixty Second Happiness Measure, PANAS og The Satisfaction with Life Scale. Þessir vísar einblína á félagslega þáttinn en þó er einhver skörun við hina tvo þætti sjálfbærrar þróunar. Þannig þykir til dæmis sýnt að þeir sem mælast hátt samkvæmt eigin svörum eru líklegri til að þéna meira en hinir sem mælast lægri (Diener et al, 2002). Þessir vísar eru þó helst frábrugðnir hinum vegna þess að þeir eru huglægir en ekki hlutlægir eins og áður segir.

### **1.4.3 Dæmi um vísa**

Til að gefa okkur skýrari mynd af þessum nýju vísnum verður nú gefið stutt yfirlit yfir þrjá þeirra sem geta talist nokkuð fyrirferðamiklir innan þessara fræða. Þeir vísar sem við beinum sjónum að í þessu tilliti eru ISEW (Index of Sustainable Economic Welfare), HDI (Human Development Index) og Vistsporið. Fyrst verður litið á bakgrunn hvers vísis fyrir sig, aðferðina sem hann beitir í nálguninni og að endingu varpað fram grófu yfirliti yfir helstu kosti og galla.

#### **ISEW**

Index of Sustainable Economic Welfare var þróað af Daly og Cobb (1989) og var nokkurs konar andsvar við þeirri niðurstöðu Nordhaus og Tobin's (1973) að hagvexti fylgdi alltaf aukin velferð. Var þetta starf Daly og Cobb af ýmsum álitum mjög metnaðarfullt því þeir reyndu að búa til vísi sem náði yfir mjög margt, bæði meðferð á náttúruauðlindum sem og velferð, og byggði í raun á þeirri hugmynd að velferð þyrfti að mæla sem það flæði sem kemur frá allri þjónustu mannkyns en ekki aðeins framléiðslu á vörum sem fara í gegnum markaðinn (England, 1998).

ISEW kom fyrst fram í bók Daly og Cobb For Our Common Good (1989) sem hefur síðan verið mikill áhrifavaldur innan fræða umhverfishagfræðinnar. Í bókinni útskýrðu þeir hugmyndafræðina og aðferðina á bak við ISEW og reiknuðu út velferð Bandaríkja Norður Ameríku fyrir tímabilið 1950 – 1986. Fimm árum seinna bættu Cobb og Cobb (1994) við fleiri breytum og gerðu endurbætur á aðferðafræðinni.

Seinna hafa fleiri orðið til að reyna að gera endurbætur á ISEW og hafa þannig orðið til ýmsar afleiður og er GPI (Genuine Progress Indicator) ein af þeim (Anielski og Rowe 1999).

Reiknuð hefur verið velferð ýmissa þjóða með aðferð ISEW þar á meðal eru Stóra-Bretland, Svíþjóð, Danmörk, Noregur og flest lönd í Vestur-Evrópu auk Kanada, Ástralíu, Chile og fleiri þjóða. Þó niðurstöður þessara mælinga sýni mismikinn mun á hefðbundnum hagvaxtar-/landsframleiðslumælingum og mælingum gerðum með ISEW aðferðinni ber öllum ISEW mælingunum saman um að þegar hagvöxtur nær ákveðnu marki hættir frekari vöxtur hagkerfisins að bæta við velferð þjóðarinnar. Eftir að þessu marki er náð getur aukinn vöxtur haft öfug áhrif á velferð.

Þessar niðurstöður styðja kenningar Max-Neef (1995) um “þröskuld” (threshold hypothesis). Kenningin gengur út á nákvæmlega þetta, það er að segja að það sé eitthvað hámark á velferð sem hægt er að ná með hagvexti og aukinni landsframleiðslu en þegar því hámarki er náð bæti aukinn vöxtur hagkerfisins engu við því þá sé kostnaðurinn við þann vöxt orðinn meiri en ábatinn (Lawn 2003). Við komum nánar að þessari kenningu þegar rætt verður um kosti og galla ISEW.

### Aðferðafræði ISEW

Upphafsréitur ISEW er kostnaður við einkaneyslu. Sá kostnaður gengur síðan undir viðamiklar umbætur sem ætlað er að reikna út sjálfbært flæði nýtanlegrar þjónustu. Tafla 1.1 sýnir þá liði sem eru notaðir í hefðbundnum útreikningum á ISEW.

Tafla 1.1 Útreikningar ISEW

---

**Liðir**

---

Einkaneysla  
Einkaneysla með viðmið af launaójöfnuði  
+ Þjónusta af heimavinnu  
+ Þjónusta af varanlegum vörum neytanda (consumer durables)  
+ Þjónusta af vegum/strætum  
+ Þjónusta af sjálfböðavinnu  
+ Neysluþáttur opinbers kostnaðar við heilsu- og menntageira  
– Kostnaður af varanlegum vörum  
– Fyrirbyggjandi kostnaður í heilsu og menntun  
– Kostnaður við ferðir og umferðarslys  
– Kostnaður af hávaðamengun  
– Kostnaður af glæpum  
– Kostnaður af atvinnuleysi  
– Kostnaður af glötuðum frítíma  
– Kostnaður við að minnka mengun frá heimilinu  
– Kostnaður við upplausn fjölskyldu  
– Glötuð ræktunarlönd  
– Glötuð votlendi  
– Eyðing óendurnýjanlegra náttúruauðlinda  
– Eyðing ósónlagsins  
– Loftmengun  
– Mengun vatns  
– Langvarandi umhverfisskaði  
– Eyðing gamalla skóga (old-growth forests)  
+/- Fjárfestingar  
+/- Staða erlendra lána  
Samtala alls.

---

Liðir með – fyrir framan koma til frádráttar, liðir með + fyrir framan leggjast við og liðir með hvoru tveggja geta ýmist dregist frá eða lagst við.

Eins og sjá má á töflu 1.1 er það fyrsta sem gert er í ISEW að taka mið af launamismun. Hérna er gengið út frá því að sama aukning í tekjum hafi meiri áhrif á velferð þeirra fátækari en hinna sem hærrí tekjur hafa. Næst er áætlað verðmæti þeirrar vinnu sem fer fram innan veggja heimilisins, það er heimilisstarfa, og fleiri þátta svo sem þjónustu sem fæst af vegum, sjálfböðavinnu, vörum o.s.frv. þar sem sú vinna/þjónusta er utan marka markaðarins en hefur samt mikið hagfræðilegt gildi (Bleys 2007) og er þessu bætt við.

Því næst koma liðir til frádráttar eins og kostnaður af nýjum varanlegum vörum (vörur sem endast lengur en þrjú ár) og er hér miðað við að það séu hinar eldri varanlegu vörur sem veita þjónustuna ekki þær nýju. Einnig kemur til frádráttar kostnaður sem ekki leiðir til beinnar velferðar eins og ferðir, umferðarslys og mengun. Útgjöld til heilbrigðismála og menntunar er líka álitinn að mestu fyrirbyggjandi (defensive) og kemur því til frádráttar.

Til frádráttar koma einnig liðir sem taka á almennri mengun á vatni, lofti og hljóði. Daly og Cobb (1994) vilja meina að áætlanir þeirra um mengun sé of lágar og nefna þeir nokkrar

ástæður fyrir því svo sem að þó þeir taki inn kostnað við skemmdir á skógum, uppskeru og tækjum (durable) undanskilji þeir allan kostnað sem mengun veldur á heilsu fólks. Þannig sé samtala mengunarliðanna í ISEW reikningunum væntanlega of lág.

Eyðing náttúrulegra auðlinda kemur einnig til frádráttar og er hér áætlað hversu mikið af votlendi og ræktanlegu landi hefur verið lagt undir borgir og vegi o.s.frv. Er litið á það sem svo að hafi votlendi verið tekið undir veg eða önnur mannvirki geti það ekki lengur veitt þá þjónustu sem það áður gerði eins og flóðvarnir, hreinsun á grunnvatni og þess háttar. Hér er einnig litið svo á að þessar framkvæmdir séu óafturkræfar og ekki séu til neitt annað sem getur veitt þá þjónustu sem votlendi og ræktanlegt land veita og því sé kostnaður við hverja nýja einingu sem glatast (marginal loss) stöðugt að hækka með vexti borga og bæja. Af þessum sökum er reiknaður inn vaxandi (escalating) kostnaður af slíkum landbreytingum með tímanum (England, 1998).

Notkun á óendurnýjanlegum náttúruauðlindum í formi jarðefnaeldsneytis kemur einnig til frádráttar þeim forsendum að þetta sé kostnaður sem kynslóðir framtíðarinnar þurfi að bera og því skyldi hann falla á kynslóðina sem veldur þeim kostnaði. Til að meta þennan kostnað er áætlaður kostnaðurinn við að framleiða endurnýjanlegt eldsneyti sem komið getur í staðinn. Er reiknað með að sá kostnaður hækki um þrjú prósent á ári.

Langvarandi umhverfisskaði er á sama hátt kostnaður sem færast yfir á komandi kynslóðir og er því settur inn hér líka. Ekki eru allir á eitt sáttir við aðferðirnar sem eru notaðar við að meta þennan kostnað og ekki heldur við að meta kostnað af eyðingu ósónlagsins (England 1998) og verður vikið að því nánar þegar rætt verður um kosti og galla ISEW.

Að endingu er tekið til breytinga á stöðu fjármagns innanlands sem og fjármagnsstöðu landsins gagnvart umheiminum. Hér er gengið út frá því að aukning í fjárfestingu innanlands verði að fylgja aukningu í fólksfjölda landsins.

## Helstu kostir ISEW

- ISEW er gífurlega víðfeðmur vísir um velferð sem tekur fjölmargar breytur inni myndina. Hann hefur því alla möguleika til að gefa mjög nákvæma lýsingu á ástandinu.
- Mikið hefur verið skrifað um ISEW og er aðferðin í stöðugri þróun. Er engin ástæða til að ætla annað en að þessi þróun haldi áfram og er áhugi manna á vísinum síst minni nú en þegar hann kom fram fyrir rúmum tuttugu árum.
- ISEW útreikningar hafa verið gerðar fyrir margar þjóðir og er hægt að nota þær niðurstöður til viðmiðunar við nýjar rannsóknir.
- ISEW tekur margar breytur og reiknar niður í eina loka útkomu sem auðveldar skilning og samanburð milli ára sem og milli landa.
- Nær yfir velferð og sjálfbæra þróun.

## Helstu gallar ISEW

- Líkanið er ekki niðurnjörvað og þarf sá aðili sem sér um rannsóknina að velja þær breytur sem hann ætlar að nota og hvernig hann metur þær breytur (Bleys 2007).
- ISEW líkanið byggir á ákveðinni hlutlægni þar sem sumar breyturnar eru fengnar með útreikningum sem ganga út frá hugmyndum sem höfundar gefa sér.

- Ýmsir hafa velt fyrir sér þeim grundvelli sem útreikningar á langvarandi umhverfisskaða er byggður sem og nýtingu óendurnýjanlegra náttúruauðlinda (Neumayer, 1999 og 2000) auk efasemda um útreikning á eyðingu ósonlagsins (England, 1998). Ekki hefur fengið nein niðurstaða í þessum málum og er því látið nægja að nefna þetta hér sem stuðning fyrir því að ISEW þarfnast þó nokkurrar þróunar ennþá.
- ISEW líkanið er yfirgripsmikið og því í flóknara lagi.

## HDI

Human Development Index er einn mest notaði mælikvarði fyrir mannlega velferð (Moran et al 2007). HDI kom fyrst fram 1990 og var þróað af Þróunaráætlun Sameinuðu Þjóðanna. Hugmyndin á bak við HDI var að reyna að beina ljósi að því hverjir væru að hagnast á landsframleiðslunni, í stað þess að mæla eingöngu magn framleiðslunnar eins og hefðbundnar landsframleiðslu-/hagvaxtarmælingar gera.

Einn af höfundum HDI er Amartya Sen. Sen hefur löngum beitt sér á því sviði hagfræðinnar sem snýr að velferð í formi ójöfnuðar, kynjamismununar, fátæktar o.s.frv. Í grein sinni Economics of Life and Death (Sen, 1993) segir hann:

Economics is not solely concerned with income and wealth but also with using those resources as means to significant ends, including the promotion and enjoyment of long and worthwhile lives. If... the economic success of a nation is judged only by income..., as it so often is, the important goal of well-being is missed.

Tölur um dánartíðni gefa góða hugmynd um hvernig tekjur af landsframleiðslu er nýtt en slíkar tölur eru almennt auðfengnar og auðveldar í notkun. Dæmi eru um þjóðir sem hafa lækkað dánartíðni þegna sinna um meira en helming á tuttugu árum með réttum aðgerðum. Sri Lanka er eitt slíkt dæmi en þetta gerðu þeir með átaki til að auka leshæfni almennings, með því að auka heilbrigðisþjónustu og með því að dreifa grjónum til hinna fátæku. Slík dæmi eru óháð landsframleiðslu þjóðarinnar og sýna að það er ekki aðeins magn framleiðslunnar sem skiptir máli heldur hvernig hagnaðurinn dreifist og hvernig hann er notaður (England 1998).

Þetta er einmitt útgangspunktur HDI. Þar er áherslan lögð á mannaúðinn, hann sé í raun hin raunverulegu auðæfi þjóðar. Þar er markmið þróunar sagt vera að skapa umhverfi þar sem fólk getur lifað löngu, heilbrigðu og hamingjusömu lífi og að þróunin gangi út á að auka valkosti fólks (UN 1990).

Við gerð HDI var einnig lögð áhersla á að vísirinn væri einfaldur í útreikningi, auðskilinn og gagnsær á þann hátt að vekja myndi áhuga stjórnáráðgjafamanna, stjórnenda og almennings (Morse, 2003). Segja má með nokkurri vissu að þetta hafi tekist enda er HDI notað og vitnað í um allan heim og hefur hlotið mikla athygli frá fyrrnefndum hópum. Á hverju ári þegar útkoma hvers árs er kynnt fyrir heiminum er það stærsta tækifæri Þróunarskýrslu Sameinuðu Þjóðanna til að koma hugmyndum sínum um að setja fólk í öndvegi á framfæri (Neumayer, 2001).

## Aðferðafræði HDI

Höfundar HDI neita ekki að fjárhagur þjóðar skiptir miklu fyrir velferð hennar enda eru tekjur einn af burðabíttunum þremur sem bera vísinn uppi. Gengið er út frá því að á meðan lægri laun sjái fólki fyrir nauðþurftum fara hærra laun í ýmiskonar munað og framlag þeirra til þróunar er því minna. Af þessum sökum er ekki notast við landsframleiðslu í þessum lið heldur breytta landsframleiðslu með þetta í huga og fæst þannig það sem höfundar kalla PPP eða Purchasing Power Parity. Í þessari breytingu felst hugmyndin um að tekjur hjálpi aðeins til við framþróun og velferð þjóðar upp að ákveðnu marki og aukning í tekjum þar umfram bæti litlu eða engu við.

Menntaþátturinn skiptist í tvennt, annarsvegar er mælt læsi fullorðinna og hinsvegar samanlögð skráning í skóla (þessi þáttur hefur tekið ýmsum breytingum í gegnum árin). Þessir tveir liðir eru vegnir saman til að mynda eitt lóð á vogaskálarnar á þann hátt að læsið vegur tvo þriðju ( $2/3$ ) á móti einum þriðja ( $1/3$ ) sem er skráning í skóla.

Þriðji þátturinn sem hér kemur að er svo heilbrigði þjóðarinnar og er það mælt með lífslíkum við fæðingu.

Þessir þrjú þættir hafa síðan allir sama vægi og reiknast saman í einn stuðul frá 0 og uppi 1. Þjóð sem fengi einkunnina 1 væri þannig með fullkomið skor í öllum liðum.

## Helstu kostir HDI

- HDI er einfalt í útreikningi, auðskilið og skilar niðurstöðum í einni tölu svo mjög handhægt er að bera saman hvernig mismunandi þjóðir standa.
- HDI er gert af Þróunarskýrslu Sameinuðu Þjóðanna ár hvert svo í raun þarf enga útreikninga heima fyrir, nema ef menn vilja vera vissir um að tölurnar sem notaðar eru séu réttar og uppfærðar. Þannig að kostnaður við að taka þennan vísi upp getur verið nánast enginn.
- HDI gefur nokkuð góða hugmynd um hamingju/lífssýllingu fólks andstætt mælingum á landsframleiðslu/hagvexti, eins og Vemuri og Costanza (2006) hafa sýnt fram á.

## Helstu gallar HDI

- HDI tekur ekkert mið af umhverfislegum þáttum og því er sjálfbærni algjörlega utan myndarinnar sem vísirinn dregur upp.
- Einfaldleiki vísisins sem augljóslega er kostur er einnig galli þar sem hann gerir það að verkum að HDI er mjög grófur vísir og nær yfir mjög fáar breytur.
- HDI nær ekki að sýna ójafna skiptingu fjármuna eins vel og ætla mætti. Þetta á sérstaklega við um lítil hagkerfi þar sem fyrir eru risafyrirtæki sem starfa á heimsmarkaði en gefa upp “heima” sem geta skekkt myndina (Sweeney (1999) hefur bent á að betra væri að notast við þjóðarframleiðslu (GNP) frekar en landsframleiðslu (GDP) við útreikninga á tekju-/lífnaðarháttabættinum).
- Spurningar eru uppi um hvort HDI henti almennt til notkunar í hinum vestrænu, ríku ríkjum jarðar. Allar hinar ríku þjóðir koma mjög vel út og munurinn á milli þeirra er nánast enginn. Richard England (1998)

dregur í efa að þjóðir eins og Svíþjóð, Japan, Bandaríkin og Spánn séu eins einsleitar og HDI gefur til kynna.

- Vísirinn hefur tekið nokkrum stakkaskiptum í gegnum tíðina, þó kjarninn sé sá sami en það gerir það að verkum að samanburður milli ára er ekki algjörlega marktækur.

## Vistspor

The Ecological Footprint eða Vistsporið, kom fyrst fram í bók Mathis Wackernagel og William Rees; *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on Earth* árið 1996.

Hugmyndin sem þeir lýstu þar var í sjálfu sér einföld: Að reyna að gera grein fyrir hversu mikið af frjóu landsvæði menn nota til að lifa og starfa og hversu mikið sé til af slíku landsvæði. Vistsporið mælir neyslu þjóðar eða samfélags í einingum (mass units) og notast svo við tölur um framleiðni til að umbreyta þeim í líffræðileg framleiðslusvæði og að lokum er reiknuð út stærð þess landsvæðis sem þarf til að standa undir þeirri framleiðni. Með öðrum orðum hversu mikil áhrif þjóðarinnar eða samfélagsins er á jörðina, þ.e. hversu stórt er Vistsporið. Á einföldu máli mælir Vistsporið hversu mikið af náttúrulegum gæðum jarðar mannkynið notar í neyslu sína.

Aðferðin hefur verið notuð víða og á margvíslegan hátt. Flestir eru sammála um notagildi hennar til að meta mismuninn á neyslu milli svæða (landa, héraða o.s.frv.) og til þess að gefa hugmynd um áhrif mannglegra athafna á umhverfið (White 2007). Þetta skýrir án efa að einhverju leyti vinsældir Vistsporsins en það sem hugsanlega leikur ennþá stærra hlutverk í vinsældunum er hversu myndræn aðferðin er og grunnhugmyndin auðskilin. Meira en eitthundrað borgir og hérað hafa mælt Vistspor sitt og þá hafa verið gerðar mælingar fyrir yfir tvö hundruð lönd sum mörgum sinnum (Wackernagel og Rees, 1996, Bicknell et al, 1998, van Vuuren og Smeets, 2000 ofl.). Árið 2003 stofnaði Wackernagel ásamt konu sinni Susan Burns Global Footprint Network sem eru samtök sem hafa það markmið að stuðla að aukinni notkun á Vistsporinu um heim allan. Samtökin reikna út Vistspor yfir 150 þjóða á ári hverju og birta niðurstöðurnar í National Footprint Accounts sem birtast á vefsvæði samtakanna á netinu. Þá reka þau einnig rannsóknararm sem stöðugt leitast við að betrubæta aðferðafræðina á bakvið Vistsporið og koma í veg fyrir að aðferðin þynnist út með mismunandi aðferðum á mismunandi stöðum eða kvíslit í undirgreinar (Ewing et al, 2008).

## Aðferðafræði Vistsporsins

Aðferðin mælir landsvæði í *jarðhekturum* en það eru hektarar sem hafa verið aðlagðir þannig að þeir hafi allir sömu framleiðni eða meðal-framleiðni allra arðbærra land-, sjávar- og vatnasvæða jarðar á viðkomandi ári. Viðskipti með vörur og sorp gera það að verkum að þeir hektarar sem notaðir eru geta verið hvar sem er á hnettinum.

Þegar er mæling er gerð fyrir þjóð, eins og gert verður hér, er reiknað út það landsvæði sem þarf til að standa undir neyslu þjóðarinnar og til að taka við menguninni sem frá henni kemur. Að svo stöddu nær aðferðin að vísu aðeins yfir eina tegund úrgangs en það er koltvísýringur. Auðlindir sem fara í framleiðslu á vörum og þjónustu sem flutt er út reiknast á þjóðina sem þess neytir og kemur því útflutningur til frádráttar hjá útflutningsþjóðinni.

National Footprint Accounts notast við alþjóðlega gagnabanka frá Sameinuðu Þjóðunum (FAO og UN-Comtrade), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) og the International Energy Agency (IEA). Önnur gögn koma úr vísindagreinum, ritryndum af viðurkenndum vísindatímaritum (Kitzes et al, 2008). Hér verður þó leitast við að nota innlend gagnasöfn enda líklegt að þau séu nákvæmari þar sem erlendu gagnasöfnin fá sínar upplýsingar gjarnan frá þeim innlendu.

Í útreikningum á Vistspori er einnig reiknuð út *líffræðileg geta* en það er geta náttúrunnar til að framleiða gagnleg líffræðileg efni og til að taka við úrgangi mannkyns, miðað við nútíma tækni. “Gagnleg” í þessu samhengi á við þær náttúrulegu afurðir sem notaðar eru í hagkerfinu á viðkomandi ári. Þannig getur gagnsemi breyst ár frá ári og um leið líffræðileg geta viðkomandi vistkerfis. Líffræðileg geta er einnig talin í jarðhekturum og er reiknuð fyrir öll líffræðilega arðbær svæði jarðar.

Líffræðilega arðbær svæði eru öll svæði jarðar, land, sjór og vötn sem gefa af sér teljanlega frumframleiðni og lífmassa sem nýtist mannkyni. Svæði sem hafa litla eða enga framleiðni (svo sem úthöf og ísilögð svæði (cryosphere)) eru ekki talin með, né svæði sem framleiða lífmassa sem ekki eru nýttur af mönnum.

Árið 2009 nota 80% af íbúum jarðar meiri lífmassa en líffræðileg geta landsins sem þau búa í þolir. Þetta þýðir það að þeir eru að flytja inn auðlindir frá þeim fáu löndum sem enn lifa innan marka líffræðilegrar getu síns heimlands (Global Footprint Network, 2009).

Til þess að reikna út hversu stórt svæði fellur í hlut hvers jarðarbúa ef jafnt er skipt er einfaldlega deilt með fjölda jarðarbúa í svæði arðbærs lands sem til er.<sup>2</sup>

Þessir útreikningar á Vistsporinu og líffræðilegri getu eru uppistaðan í útreikningum Vistsporsins eða Ecological Footprint Accounting. Árið 2003 var Vistspor mannkyns tuttugu og fimm prósent stærra en líffræðileg geta jarðar (Kitzes et al, 2007). Samkvæmt því þyrftum við því í það minnsta fjórðung af einni jörð í viðbót til að standa undir neyslu okkar. Global Footprint Network segir þessa tölu orðna enn stærri árið 2009<sup>3</sup> en nú segja þeir okkur þurfa meira en þriðjung af annarri jörð að auki (Global Footprint Network, 2009).

## Helstu kostir Vistsporsins

- Aðferðin er myndræn og virðist eiga greiða leið að eyrum leikra sem lærðra. Þetta virðist reyndar vera langstærsti kostur aðferðarinnar.
- Búið er að gera þjóðarmælingar fyrir flestar þjóðir jarðar og eru þær endurteknar ár hvert af Global Footprint Network.
- Aðferðafræðin er í stöðugri endurmótun hjá Global Footprint Network.
- Skilar niðurstöðum í einni tölu.
- Auðvelt aðgengi er að kennsluefni um mælingar á Vistspori þjóðar.

---

<sup>2</sup> Ef tekið er dæmi af árinu 2003 væri það: arðbært land 11,2 milljarðar hektara/fólksfjöldi u.þ.b. 6,3 milljarðar = 1,8 jarðhektarar. Þetta tekur ekki tillit til þess að aðrar villtar tegundir en maðurinn nýta auðlindir jarðar líka.

<sup>3</sup> Það kemur ekki fram á heimasíðunni en reikna má með að tölurnar sem notast sé við séu frá 2006 vegna þess að það tíma þarf til að safna gögnum og reikna út.



## Helstu gallar Vistsporsins

- Það er ansi margt sem aðferðin nær ekki yfir en verður þó að teljast mikilvægt í rannsóknum á sjálfbærni svo sem ferskvatnsnotkun, þrávirk efni, fjölbreytni tegunda, gróðurhúsalofttegundir aðrar en koltvísýringur ofl.
- Mikið magn af tölulegum upplýsingum þarf í þjóðarmælingu svo aðferðin er ekki eins einföld og ætla mætti í fyrstu.
- Vistsporinu er ætlað að vera mælir á sjálfbærni en í raun tekur hann lítið mið af félagslegum og efnahagslegum þáttum nema að því marki sem þeir endurspeglast í neyslu.
- Aðferðafræði fyrir mælingu á Vistspori sjávar virðist ekki mjög nákvæm enn sem komið er en fiskveiðilendur er sú landgerð sem kom síðast inn í mælingarnar.

## 1.5 Val á vísi

Þegar kemur að því að velja úr hinum miklum fjölda þeirra vísa sem nú standa til boða svo sem Measure of Economic Welfare, Human Needs Assessment, Human Development Index, System of Economic Environmental Accounting, Sustainable National Income, Genuine Progress Indicator, Environmental Net National Product, The Ecological Footprint, The Quality of Life Index, The Index of Well-Being o.s.frv., er nauðsynlegt að hugleiða vel hvað á að mæla. Þeir vísar sem við höfum fjallað stuttlega um hér; ISEW, HDI og Vistsporið geta allir talist ágætir til síns brúks en henta þó alls ekki í allar mælingar. Þannig er td. ómögulegt að nota HDI til að meta sjálfbærni því vísirinn nær ekki til umhverfisþáttarins heldur leitast við að meta velferð og er þá ekki tekið tillit til þeirra raka að segja megi að nauðsynlegur hluti velferðar sé aðgengi að ómengaðri náttúru. Hinir tveir, ISEW og Vistsporið, myndu hinsvegar geta hentað ágætlega til starfans þó með þeim fyrirvara að Vistsporinu er eingöngu ætlað að mæla ágang mannkyns á jörðina en ekki félagslega- né efnahagslega þætti nema, eins og áður segir, að því marki sem þeir endurspeglast í neyslumynstri.

Af þessu má sjá að þó sjálfbærni hugtakið sé umdeilt og geti talist loðið hefur vísindasamfélagið þó í það minnsta tekið fyrstu skrefin í átt að því að leggja einhverskonar mælistiku á sjálfbærni. Allar þessar mælistikur eða vísar, bæði þeir sem hér hafa verið nefndir og aðrir eru ófullkomnir, það er að segja þeir eru ónákvæmir og geta aðeins gefið hugmynd um ástandið, eins og orð Herman Daly um sígarettuna gefa til kynna (England, 1997). Lengi er hægt að deila um hvað á að mæla, hvernig á að mæla það og hversu þungt það vegur í lokaútkomunni.

Næsta skref sem tekið verður hér er að leggja eina af þessum mælistikum á Ísland og freista þess þannig að komast að því hvar við stöndum í dag á leið okkar í átt til sjálfbærni auk þess að færa okkur nær því að finna hentugan vísir fyrir íslenskar aðstæður. Vísirinn sem verður fyrir valinu er Vistsporið, helst vegna þess hve myndrænn hann er og því hentugur til fræðslu almennings. Þá hefur innlend mæling á Vistspori Íslands ekki verið gerð áður.

Í mælingunni verður fylgt eftir þeim aðferðum sem notaðar eru af Global Footprint Network og samtökin leggja blessun sína yfir sem hina réttu aðferð. Til að hjálpa rannsakendum hafa þeir gefið út ýmis hjálpargögn til leiðbeiningar sem stuðst verður við

svo sem *Guidebook to the National Footprint Accounts 2008* (Kitzes et al, 2008), *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts 2008 Edition* (Ewing et al, 2008), *Ecological Footprint Standards* (Global Footprint Network, 2009) og *The Ecological Footprint Atlas 2008* (Ewing et al, 2008). Þá hafa forsprakkar samtakanna verið duglegir við að skrifa greinar sem útskýra aðferðafræði eða aðra þætti Vistsporsins, dæmi um slíkt eru greinarnar: *A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts* (Kitzes et al., 2009), *Answers to common questions in Ecological Footprint accounting* (Kitzes og Wackernagel, 2009), *An evaluation of the ecological footprint* (Wackernagel, 1999), *Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges* (Wackernagel et al, 2004) og *Methodological advancements in footprint analysis Introduction* (Wackernagel, 2009). Þá geta námsmenn einnig fengið svokallað Academic Licence sem veitir aðgang að mælingu fyrir Ungverjaland frá árinu 2005 og fyrir jörðina í heild fyrir sama ár. Mæling mín fylgir þessum leiðbeiningum skilmerkilega eftir og mun ég frekar benda á hvar mögulega mætti laga aðferðafræðina betur að íslenskum aðstæðum en að innleiða þær inní mælinguna.

Hér að ofan fórum við lauslega yfir aðferðafræði Vistsporsins en við skulum nú skoða hana nánar til frekari glöggvunar.

## 2 Vistspor

Eins og áður segir er Vistsporinu ætlað að mæla ágang mannkyns á auðlindir jarðar og byggir hugmyndin á sex staðreyndum sem hún álítur sannar (Wackernagel et al, 2002):

- Hægt er að rekja stærstan hluta þeirra auðlinda sem mannkynið neytir eða nýtir og sorpið sem frá því kemur.
- Hægt er að mæla stærstan hluta þessara ferla í því arðbæra landsvæði<sup>4</sup> sem þarf til að standa undir þeim. Þær auðlindir og þeir sorpferlar sem ekki er hægt að mæla í dag eru undanskildir frá Vistsporinu sem leiðir til kerfislægs vanmats á Vistspori mannkyns.
- Með því að gefa hverri landgerð vægi í samræmi við framleiðni þess er hægt að umbreyta öllum svæðum í einingar af jarðhekturum sem eru hektarar með meðalframleiðni miðað við hnattrænt samhengi.
- Vegna þess að einn jarðhektari er aðeins talinn einu sinni og á hverju ári eru allir jarðhektarar með sömu framleiðni og er hægt að leggja þá saman og fá þannig heildarútkomu fyrir Vistsporið eða líffræðilega getu.
- Hægt er að bera ágang mannkyns á jörðina við líffræðilega getu hennar þegar hvort tveggja er mælt í jarðhekturum.
- Landsvæðið sem mannkynið gengur á getur verið stærra en svæðið sem er framleitt ef neyslan fer fram úr líffræðilegri getu. Þannig geta menn tímabundið gengið á auðlindirnar umfram framleiðslugetu þeirra. Þetta ástand nefnist rányrkja (overshot).

Vistspor sem mælir neyslu þjóðar tekur til neyslu á frumframleiðslu auk innfluttra gæða að viðbættum breytingum á birgðum og frádregnum útflutningi. Yfir 200 vöruflokkar eru teknir inni mælingarnar svo sem kornvörur, búfé, fiskur, timbur o.s.frv. Þá er sérstaklega talin ein úrgangstegund en það er koltvísýringur.

### 2.1 Mælingar á Vistspori og líffræðilegri getu

Vistsporið skiptir jörðinni upp í sex landgerðir: Ræktanlegt land, beitiland, mannvirki, fiskveiðilundur, skóglendi og skóglendi til kolefnaupptöku eða kolefnisjöfnunarland. Ágangur á landgerðirnar er mældur með neyslu mannkyns á þeim gæðum sem svæðin gefa af sér nema annarsvegar ágangur á mannvirki sem er mældur í þeirri framleiðni sem hverfur undir byggingar og vegi og hinsvegar ágangur á kolefnisjöfnunarland sem mælist í þeirri getu sem svæðið hefur til að binda koldíoxíð.

Framleiðnitölur eru að mestu metnar útfrá upplýsingum frá talnabönkum Sameinuðu Þjóðanna (FOA ResourceSTAT Statistical Databases) og fleiri slíkum og er þeim aldrei

---

<sup>4</sup> Til að losna við þreytandi útskýringar eða orðskrápi eins og land-/sjávarsvæði mun ég nota orðið landsvæði yfir allt yfirborð jarðar, láð og lög.

blandað saman, það er að segja ef ákveðinn hektari eru notaður undir ræktun á fleiri en einni tegund er honum skipt upp en hann aldrei tvítalinn. Framleiðnitölunum er svo deilt uppí neysluna og þannig fæst Vistsporið.

Framleiðnin er mæld í jarðhekturum en útreikningur á þeim er útskýrður hér að neðan en í stuttu máli eru jarðhektarar áætlaðir útfrá tveimur stuðlum; *framleiðnistuðli* sem ber saman meðal-landsframleiðslu og meðal-framleiðslu á heimsvísu innan sömu landgerðar og *jöfnunarstuðli* sem tekur til mismunandi framleiðslugetu mismunandi landgerða. Jafnan fyrir hverslags neyslu verður því:

Vistspor = (ársneysla í tonnum/landsframleiðsla í tonnum á hektara) • Framleiðnistuðull • Jöfnunarstuðull

Eða:

$$EF = \frac{P}{Y_N} \bullet YF \bullet EQF \quad (1a)$$

Þar sem  $P$  er framleitt magn vöru eða úrgangs,  $Y_N$  er meðal-framleiðni viðkomandi lands (N) fyrir  $P$ ,  $YF$  er framleiðnistuðull og  $EQF$  er jöfnunarstuðull. Báðir fastar eru fyrir landgerðina sem varan er framleidd frá.

Í flestum tilfellum er þessi jafna þó einfölduð eins og fram kemur hér neðar.

Líffræðileg geta ( $BC$ ) fyrir hverja landgerð er reiknuð með eftirfarandi jöfnu:

$$BC = A \bullet YF \bullet EQF \quad (2)$$

Þar sem  $A$  er stærð svæðisins sem landgerðin nær yfir.

## 2.2 Afleiddar vörur

Summan af allri frum-uppskeru og sorp upptökugetu landgerðanna er það sem á endanum gefur Vistsporið fyrir framleiðslu lands. Stundum er þó nauðsynlegt að vita Vistsporið sem kemur frá vörum sem eru leiddar af eða búnar til úr frum-vörunum. Þá er afleiddu vörunum umbreytt í viðeigandi frumframleiðsluvörur (svo sem haframjöli í heila hafra eða tréspæni í timbur) og til þess að finna út Vistsporið fyrir þær eru svo notuð *extraction rates* ( $EXTR_D$ ) sem eru mismunandi fyrir hverja vörutegund fyrir sig. Extraction rates eru reiknuð af Global Footprint Network fyrir afleiddar vörur út frá meðaltalstölum FAO. Þannig er framleiðni ólífuólú fundin með því að margfalda framleiðni ólífa með 0.20 sem er extraction rate ólífuólú. Framleiðni ólífa var 1.75 tonn á hvern hektara árið 2005<sup>5</sup>. Framleiðni ólífuólú er því metin af Global Footprint Network  $1.75 \cdot 0.20 = 0.35$ .

Jafnan er:

---

<sup>5</sup> Meðaltal fyrir jörðina.

$$Y_D = Y_P \cdot EXTR_D \quad (3a)$$

Þar sem  $Y_D$  er framleiðni afleiddu vörunnar (D) og  $Y_P$  er framleiðni frum-vörunnar (P) og  $EXTR_D$  er extraction rate afleiddu vörunnar (D).

## 2.3 Úr hekturum í jarðhektara

Ekki hafa allar landgerðir sömu arðbærni og sömu landgerðir hafa ekki sömu arðbærni milli landa. Til að hægt sé að bera saman mismunandi landgerðir og lönd er Vistsporið og líffræðileg geta almennt skilgreind í hnattrænu meðaltali. Til þess eru notaðir tveir stuðlar; jöfnunarstuðull og framleiðnistuðull.

### 2.3.1 Framleiðnistuðlar

Framleiðnistuðull segir til um mismuninn á framleiðni á sömu landgerð á milli landa og gerir okkur þannig kleift að bera saman Vistspor milli landa. Hvert land hefur sinn framleiðnistuðul fyrir hverja landgerð á hverju ári<sup>6</sup>. Framleiðnistuðull lands er hlutfall framleiðni landsins á móti meðal-framleiðni jarðar. Hann er reiknaður í nothæfum vörum<sup>7</sup> hvers árs. Framleiðnistuðull (YF) lands fyrir ákveðna landgerð (L) er því:

$$YF_L = \frac{\sum_{i \in U} A_{W,i}}{\sum_{i \in U} A_{N,i}} \quad (4a)$$

Þar sem U eru allar þær nothæfu frum-vörur sem landgerðin gefur af sér og  $A_{W,i}$  er svæðið sem þarf til að sinna þörfum landsins fyrir vöruna i miðað við framleiðni jarðar (W) og  $A_{N,i}$  er svæðið miðað við framleiðni viðkomandi lands (N). Útreikningur á þeim er:

$$A_{N,i} = \frac{P_i}{Y_N} \quad (5a)$$

og

$$A_{W,i} = \frac{P_i}{Y_W} \quad (5b)$$

Þar sem  $P_i$  er árleg aukning á vörunni i á landsvísu og  $Y_N$  er framleiðni vörunnar á landsvísu (N) og  $Y_W$  framleiðni vörunnar á heimsvísu (W).  $A_{N,i}$  er því alltaf það svæði sem

---

<sup>6</sup> Venjan er að byggt land fái sama framleiðnistuðul og ræktað land vegna þess að oftast byggjast þéttbýliskjarnar upp á besta landinu

<sup>7</sup> Nothæfar vörur teljast allar vörur sem fara í gegnum hagkerfið á ári hverju (Kitzes et al, 2007).

framleiðir  $i$  í viðkomandi landi ( $N$ ) en  $A_{W,i}$  er samsamandi meðal-landsvæði á hnattræna vísu ( $W$ ) sem gefur af sér  $i$ .

Flestar landgerðir gefa aðeins af sér eina afurð (skóglendi gefur timbur, beutiland; gras o.s.frv.) þetta gerir það að verkum að jafnan fyrir framleiðnistuðulinn einfaldast í:

$$YF_L = \frac{Y_N}{Y_W} \quad (4b)$$

Fyrir þessar landgerðir er hægt að skeyta saman jöfnum (4b) og (1a) og fá út einfaldaða mynd af jöfnunni fyrir Vistsporið í jarðhekturum:

$$EF = \frac{P}{Y_W} \cdot EQF \quad (1b)$$

Þar sem  $P$  er framleitt magn vöru eða úrgangs,  $Y_W$  er meðalframleiðni á heimsvísu fyrir  $P$  og  $EQF$  er jöfnunarstuðull. Í framkvæmd er ræktað land eina landgerðin sem ekki notar einfaldari útgáfu jöfnunar.

### 2.3.2 Jöfnunarstuðlar

Til að hægt sé að leggja saman Vistspor mismunandi landgerða þarf að beita jöfnunarstuðli til að breyta hekturum í jarðhektara. Jöfnunarstuðlar fyrir allar landgerðir eru reiknaðar ár hvert af Global Footprint Network og eru þeir hinir sömu fyrir öll lönd jarðar.

Fyrir árið 2005, sem er viðmiðunarár þessarar rannsóknar, voru jöfnunarstuðlar eftirfarandi: Ræktað land: 2.64, skóglendi: 1.33, beutiland: 0.50, fiskveiðilundur (sjór): 0.40, mannvirki (fær sama jöfnunarstuðul og ræktað land): 2.64, fiskveiðilundur (vötn og ár) (sama og lögur): 0.40, virkjanalón (gert ráð fyrir að þetta sé land í meðallagi að gæðum miðað við aðrar landgerðir): 1, kolefnisjöfnunarland: (fær sama jöfnunarstuðul og skóglendi): 1.33.

Eins og sjá má fær land sem lagt hefur verið undir mannvirki sama jöfnunarstuðul og ræktað land vegna þess að gert er ráð fyrir að byggt sé á eða í kringum bestu landssvæðin sem svo hverfa undir byggðina eftir því sem hún vex. Miðað við þetta er framleiðni ræktað lands meira en helmingi meiri en meðal-framleiðni allra landgerða samanlagt á meðan sjór og vötn hafa aðeins 40% af meðal-framleiðni allra landgerða samanlagt o.s.frv.

Kolefnisjöfnunarlandi er gefinn sami stuðull og skóglendi vegna þess að þar fer kolefnisupptakan fram (nánar verður vikið að ástæðum þess hvers vegna votlendi og önnur kolefnisbindandi svæði eru ekki tekin með í Vistsporsreikninga síðar).

Landsvæði sem fer undir vatn vegna vatnsaflsvirkjanna fær stuðulinn 1 og er þar með gert ráð fyrir að það hafi meðal-framleiðni allra landgerða.

Jöfnunarstuðull sjávar er reiknaður þannig að einn jarðhektari beutilands gefi jafnmargar hitaeiningar af nautakjöti og einn jarðhektari sjávar getur gefið af hitaeiningum af laxi. Vatnasvæðum er gefinn sami stuðull og sjávarsvæðum.

Fyrir nánari útskýringar á hvernig jöfnunarstuðlarnir eru reiknaðir út má benda á *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts, 2008 Edition* (Ewing et al, 2008).

## 2.4 Viðskipti

Vistsporið leggur ábyrgðina á herðar neytandans þegar kemur að viðskiptum en ekki framleiðandans. Þannig er Neysluvistspor þjóðar ( $EF_C$ ) Vistspor allrar framleiðslu á vörum og þjónustu innanlands að viðbættu Vistspori alls innflutnings á vörum og þjónustu en að frádregnu Vistspori á útfluttum vörum og þjónustu. Sem er:

$$EF_C = EF_P + EF_I - EF_E \quad (6)$$

Þar sem  $EF_P$  er Vistspor framleiðslu,  $EF_I$  er Vistsporið sem felst í framleiðslu á innfluttum vörum og þjónustu og  $EF_E$  er Vistsporið sem felst í framleiðslu á útfluttum vörum og þjónustu. Hér er reynt að ná yfir þau náttúrulegu gæði sem fara í framleiðslu á vörum bæði í formi hráefnis sem notað er til framleiðslunnar og í formi úrgangshreinsunar og móttöku.

## 2.5 Landgerðir Vistsporsins

Eins og áður segir eru landgerðir þær sem notaðar eru í Vistsporsmælingum sex talsins. Rétt er þó að taka fram að kolefnisjöfnunarland er aðeins mælt í Vistspori en ekkert land er tekið frá til að mæla líffræðilega getu fyrir það enda væri þá verið að tvítelja líffræðilega getu skóglendis.

### 2.5.1 Ræktað land

Ræktað land er sú landgerð sem hefur mesta framleiðni og samanstendur af öllu því svæði sem notað er undir ræktun og á það jafnt við um kornrækt til mannelis, í fóður, til gúmmíframleiðslu o.s.frv. Venjulega er það gjöfulasta landið sem er notað til ræktunar (nema það hafi farið undir mannvirki) og því eru nytjar mannsins af því mestar. Þetta er ástæðan fyrir því að fjöldi jarðhektara af ræktuðu landi er meiri en fjöldi hektara þess (framleiðni þess er mest allra landgerða).

Vistspor hvernar uppskeru fyrir sig er reiknað út sem það svæði sem þyrfti til að rækta þá uppskeru miðað við meðal-framleiðni hennar á hnattræna vísu. Í 2008 útgáfu National Footprint Accounts (sem stuðst er við hér) er ræktað land eina landgerðin sem gefur af sér fleiri en eina frum-vöru og notar því jöfnu (4a) til að reikna út framleiðnistuðul.

Á landsvísu getur neysla verið umfram líffræðilega getu landsins vegna innflutnings (á heimsvísu er Vistsporið ævinlega jafn stórt og svæðið sem notað er til ræktunar á ári hverju).

## 2.5.2 BeitiLand

Vistspor beitiLands reiknast sem það graslendi sem þarf til að fæða búfénað eftir að annað fóður hefur verið dregið frá. Jafnan er:

$$P_{GR} = TFR - F_{Mkt} - F_{Crop} - F_{Res} \quad (7)$$

Þar sem  $P_{GR}$  er magn lífmassa sem þarf til að fæða búfénað eftir notkun á uppskornu- og tilbúnu fóðri, TFR er heildar-fóðurþörf,  $F_{Mkt}$  er fóður á markaði,  $F_{Crop}$  er uppskera sem sérstaklega er ræktuð í fóður og  $F_{Res}$  eru uppskeruafgangar (crop residues).

Land getur verið í *vistfræðilegri skuld*<sup>8</sup> þegar kemur að beitiLandi ef neysla heima fyrir er meiri en líffræðileg geta landsins stendur undir.

## 2.5.3 Fiskveiðilendur

Þar sem 95% af fiski veiddum úr sjó kemur af landgrunni er öll svæði utan þess ekki innifalin í útreikningum á Vistsporinu (Kitzes et al, 2007).

Fiskveiðisporið byggist á að reikna út þá frumframleiðni sem þarf til að viðhalda þeirri tegund sem veidd er. Líffræðileg geta er byggð á áætlunum um veiðar innan sjálfbærnimarka sett fram í jafngildri frumframleiðni.

Árleg frumframleiðsla er fundin með því að margfalda votþyngd (wet weight) fisks með þörf frumframleiðslu (PPR):

$$PPR = CC \cdot DR \cdot \left(\frac{1}{TE}\right)^{(TL-1)} \quad (8)$$

Þar sem CC er kolefnisinnihald votþyngdar fisksins, DR er stuðull fyrir brottkast sem er 1,27 fyrir allar tegundir fisks,<sup>9</sup> TE er skilvirkni í orkufærslu milli þrepa í fæðukeðjunni (gert er ráð fyrir að það hún sé 0,1 fyrir allar fiskitegundir, þ.e. að 10% af lífmassa færist á milli þrepa) og TL er þrep viðkomandi tegundar í fæðukeðjunni.

Framleiðni sjávar er fundin með því að byggja á áætluðum tölum um aflamörk ýmissa fiskitegunda (Gulland, 1971) sem síðan er umbreytt í frumframleiðni samkvæmt jöfnu (8). Heildaraflamörk frumframleiðslu ( $PP_S$ ) er því:

$$PP_S = \sum(Q_{S,i} \cdot PPR_i) \quad (9)$$

---

<sup>8</sup> Nánar útskýrt í kafla 2.8

<sup>9</sup> Þetta þýðir að fyrir hvert tonn af lönduðum fiski er reiknað með að 0,27 tonnum sé kastað.



Þar sem  $Q_{S,i}$  er aflamark fyrir tegundirnar  $i$  og PPR er jafngildi þeirra í frumframleiðni í tonnum kolefnis PP fyrir hvert tonn af fiski. Með þessu finnst líffræðileg geta sem deilt er á landgrunn jarðar. Framleiðni sjávar ( $Y_M$ ) er því:

$$Y_M = \frac{PP_S}{A_{CS}} \quad (10)$$

Þar sem  $A_{CS}$  er heildarlandsvæðið sem landgrunn sjávar á jörðu tekur yfir.

Hjá hverri þjóð reiknast framleiðni sjávar eftir meðal-nettó frumframleiðslu innan hagkerfis þess.

Þjóð arðrænir fiskveiðilendur sínar ef svæðið sem þarf til að standa undir sjálfbærum veiðum er stærra svæðinu sem til er.

#### 2.5.4 Skóglendi

Vistspor skóglendis reiknast eftir árlegri neyslu á skógarafurðum og tekur til alls skóglendis. Framleiðnin er einfaldlega árleg aukning timburs (sem fer á markað) á hvern hektara.

#### 2.5.5 Kolefnisjöfnunarland

Kolefnisjöfnunarland er það landsvæði sem þarf til að binda þann koltvísýring sem mannkynið losar út í andrúmsloftið. Gert er ráð fyrir að þetta sé skóglendi þar sem það er þar sem mesta bindingin á sér stað á landi. Þetta er eina landgerðin sem aðeins hefur það hlutverk að skrá eina úrgangstegund; koltvísýring. Jafnan fyrir Kolefnissporið ( $EF_C$ ) er:

$$EF_C = \frac{P_C \cdot (1 - S_{Ocean})}{Y_C} \cdot EQF \quad (11)$$

Þar sem  $P_C$  er árlegur útblástur koltvísýrings,  $S_{Ocean}$  er hlutfall útblásturs af manna völdum sem bundinn er af sjó á tilteknu ári og  $Y_C$  er bindigeta meðal-skóglendis<sup>10</sup> á viðkomandi ári.

Samkvæmt Vistsporinu eru flest vestræn ríki nú þátttakendur í miklu arðrání á kolefnisjöfnunarlandi jarðar. Það er að segja að útblástur koltvísýrings er nú mun meiri en

---

<sup>10</sup> Hér er átt við meðal framleiðni skóga heimsins á viðkomandi ári.

það land sem til er til kolefnisjöfnunar ræður við að binda og því safnast loftegundin, ásamt öðrum gróðurhúsalofttegundum<sup>11</sup> fyrir í andrúmsloftinu.

### 2.5.6 Mannvirki

Landgerðin mannvirki nær yfir allt landsvæði sem fellur undir mannvirki svo sem vegi, byggingar, iðnaðarsvæði og virkjanalón. Vegna skorts á gögnum er gert ráð fyrir að virkjanalón hylji land sem hefur meðal-framleiðni í hnattrænu samhengi og að stærð þess sé í réttu hlutfalli við framleiðslugetu virkjunar.

## 2.6 Vistfræðilegur skortur

Þegar Vistspor þjóðar er stærra líffræðilegri getu er talað um að þjóðin búi við *vistfræðilegan skort*. Þetta þarf þó ekki að valda verulegum vandræðum innan hagkerfis þess vegna þess að þjóðin getur flutt inn lífmassa frá öðrum þjóðum, tekið af sameiginlegum gæðum jarðar eða arðrænt eigin auðlindir.

Þegar þetta á sér stað hnattrænt þá er ekki um það að ræða að flytja lífmassa inn annarsstaðar frá og því jafngildir vistfræðilegur skortur á hnattræna vísu arðráni.

## 2.7 Vistfræðilegur afgangur

Þegar Vistspor þjóðar rúmast innan líffræðilegrar getu þess (er smærra) er talað um að þjóðin eigi *vistfræðilegan afgang*. Það þýðir þó ekki að það svæði sé ónotað heldur getur það verið notað af öðrum þjóðum sem þá flytja það inn auk þess sem heimþjóðin getur tekið svæðið frá fyrir kynslóðir framtíðar eða villtar tegundir lífríkisins.

## 2.8 Vistfræðileg skuld

*Vistfræðileg skuld* nefnist samansafn árlegs vistfræðilegs skorts. Hnattrænt er hægt að skilgreina þetta sem *jarð-ár*, en þá jafngildir eitt jarð-ár þeim nothæfa lífmassa sem jörðin framleiðir ár hvert.

## 2.9 Vistsporið í hnotskurn

Í hnotskurn felst aðferðin í eftirfarandi þrepum:

---

<sup>11</sup> Af hverju þær eru ekki innifaldar í þessum reikningum má sjá í kafla 3.2.

1. Gagnasöfnun:

- Stærðir landgerða.
- Fólksfjöldi.
- Tölur yfir neyslu/framleiðslu og inn- og útflutning.

2. Útreikningur á framleiðniföstum eftir jöfnum (4a) og (4b).

3. Jöfnunarstuðlar og fastar sóttir til Global Footprint Network.

4. Útreikningar á Vistsporum framleiðslu, inn- og útflutnings allra landgerða með viðeigandi jöfnum.

5. Útreikningur á líffræðilegri getu eftir jöfnu (2).

6. Útreikningur á Vistspori neyslu eftir jöfnu (6).

7. Neysluvistspor fyrir hverja landgerð lögð saman til að fá heildarvistsporið.

8. Vistsporið borið saman við líffræðilega getu og fundin út vistfræðilegur skortur eða vistfræðilegur afgangur viðkomandi þjóðar.

Aðferðafræði Vistsporsins byggir á þennan hátt á samtölugögnum um þjóðarneyslu sem losar rannsakendur undan því að þurfa að geta gert grein fyrir endanlegum notum hvernar vöru fyrir sig enda eru slíkar upplýsingar mun vandfundnari en samtölurnar (Monfreda et al, 2004). Aðferðin hefur breyst talsvert í gegnum árin og vinna starfsmenn Global Footprint Network stöðugt að endurbótum. Þrátt fyrir það hafa háar gagnrýnisraddir risið gegn aðferðinni (van der Bergh og Verbruggen, 1999; Moffatt, 2000; Beynon og Munday 2008; Fiala, 2008 ofl.) og verður nú drepið á nokkrum af þeim atriðum sem þar hafa komið fram.



## 3 Gagnrýni

Þrátt fyrir vinsældir Vistsporsins síðustu ár hafa miklar efasemdir risið varðandi nákvæmni mælinga þess sem og um aðferðafræðina á bak við þær. Hér verður litið á hluta þessarar gagnrýni sem vert er að hafa í huga þegar skoðaðar eru niðurstöður þessarar rannsóknar fyrir Ísland.

### 3.1 Undirliggjandi andstaða við viðskipti

van der Bergh og Verbruggen (1999) veltu upp mörgum spurningum varðandi Vistsporið meðal annars á notkun þess í stefnumótun fyrir opinbera stjórnsýslu. Þeir ganga svo langt að segja að notkun þess í þeim tilgangi gæti jafnvel leitt til ósiðferðilegra ákvarðanna. Þetta segja þeir vera vegna þess að það sé innbyggð andstaða við viðskipti innifalin í Vistsporinu svo eina leiðin til að minnka ofneyslu þjóða sé með aðgerðum sem hefta fólksfjölgun.

Það er vissulega rétt að Wackernagel og Rees (1996) tala um að Vistsporið geti verið notað við áætlanagerð en á hinn bóginn hefur sagan sýnt að reyndin hefur orðið sú að það er miklu fremur notað sem til viðmiðunar og sem samanburðartæki. Hugsanlega er það vegna þessara aðvarana frá van der Bergh og Verbruggen og fleirum (Ayres, 2000; Moffatt, 2000; Ferng, 2002).

Vuuren og Smeets (2000) eru ekki sammála þessari hugmynd um að Vistsporið hafi innbyggða andstöðu við viðskipti, þvert á móti vilja þau meina að það beini langþráðu kastljósi á afleiðingar viðskipta á umhverfið.

Bicknell et al (1998) vilja nota viðskipti til að draga úr landnotkun, eða nýta land á hagkvæmari hátt með því að leyfa iðnaði sem notar orkufreka tækni að flæða (flow) til svæða sem nota tækni sem er sparari á orku. Þau voru þau fyrstu af mörgum til að nota input-output analysis í mælingum á Vistspori. Notkun á input-output analysis mun án efa draga upp skýrari mynd af Vistspori viðkomandi svæðis svo sem áhrif framleiðslu sem á sér stað erlendis á umhverfið. Vandamálið við input-output analysis, eins og með ýmis önnur tilbrigði og tilraunir til umbóta á Vistsporinu, er að aðgerðin tekur ansi mikið frá einum stærsta kosti Vistsporsins en það er hversu einfalt það er. Með orðum Wackernagel og Rees (1996):

“...there is virtue in accurate simplicity. However complete a theory or model purports to be, it cannot include all aspects of reality”

Þessi orð eru þó töluð snemma í þróun Vistsporsins og síðan hefur mikið vatn runnið til sjávar og aðferðin vaxið að umfangi og um leið orðið flóknari og eru mælingarnar í stöðugri endurskoðun eins og áður segir. Ýmsir hafa orðið til þess að beita input-output analysis á Vistsporsmælingar (McDonald and Patterson, 2003, 2004; Lenzen and Murray, 2003; Ferng, 2002; Wood and Lanzen 2003; Hubacek

and Giljum, 2003; McGregor et al, 2004a,b) og árið 2006 skrifaði Wackernagel grein í félagi við þrjá aðra (Wiedmann et al, 2006) þar sem þeir beita aðferðinni á fyrirliggjandi Vistsporsmælingu fyrir Bretland. Þannig breyta þeir ekki aðferðafræði Vistsporsins, ólíkt því sem aðrir sem hafa farið input-output leiðina hafa gert, heldur bæta aðeins við hana. Með þessu vonast þeir til að komast skrefi nær því að njörva aðferðafræðina niður þannig að hún sé alltaf eins framkvæmd og ekki sé þörf á að reyna nýjar leiðir, því hún nái nú betur til hagfræðilegra líkana sem og félagslegra þátta með því að hægt er að kanna neyslu mismunandi þjóðfélagshópa. Þetta ætti einnig að nýtast við notkun Vistsporsins í stefnumótun. Því þrátt fyrir allt vilja Wackernagel og félagar hjá Global Footprint Network enn meina að tækið gagnist ríkisstjórnnum og stefnumótendum og kemur það skýrt fram í efni því sem kemur frá þeim svo sem the *Ecological Footprint Atlas 2008* þar sem þeir tala um hvernig ríkisstjórnir geti notað Vistsporið meðal annars til að hafa eftirlit með því hvernig þjóðinni gengur að ná fram varanlegri og sjálfbærri efnahagsþróun (Ewing et al, 2008).

Þrátt fyrir að Wackernagel telji input-output analysis eina mikilvægustu viðbót við Vistsporsmælingar sem fram hefur komið (Wackernagel, 2009) er henni ekki beitt í nýjustu útreikningum Global Footprint Network, né er hún hluti af útgefni aðferðafræði samtakanna frá 2008. Næstu útreikningar eru væntanlegir 2010 og er mögulegt að þessar aðferðir hafi ratað inn þá. Líklegt má þó telja að svo verði ekki heldur verði þessi viðbót innan “leyfilegra marka” aðferðafræði Vistsporsins eins og kemur fram í riti samtakanna um staðla í aðferðafræði *Ecological Footprint Standards 2009* (Global Footprint Network, 2009).

Möguleg ástæða þessa er sú að input-output analysis er ekki án galla frekar en aðrar leiðir að markinu. Beynon og Munday (2008) halda því fram að þegar input-output analysis sé framkvæmd verði menn að taka með í reikninginn ónákvæmni í talnabönkum sem notaðir eru. Þeir beita “fuzzy” aðferð sem lögð var fram af Zadeh (1965) og er ætlað að taka tillit til ónákvæmni eða í raun gera ráð fyrir henni. Þeir draga ekki í efa gildi þess að geta meitlað Vistsporsmælingarnar betur svo auðveldara sé að bera saman mismunandi rannsóknir en telja að án þess að gera grein fyrir ónákvæmninni geti aðferðin leitt menn afvega sérstaklega þegar hún er gerð ár eftir ár og sömu talnabankar eru notaðir með möguleikanum á samskonar skekkju ár frá ári.

## 3.2 Útreikningar á áhrifum notkunar jarðefnaeldsneytis

Annað umkvörtunarefni van der Burgh og Verbruggen (1999) er varðandi útreikninga á notkun á jarðefnaeldsneyti. Þessi þáttur nemur yfirleitt um helmingi Vistsporsins hjá ríkari þjóðum jarðar. Aðferðin sem notuð er til að mæla áhrif jarðefnaeldsneytis á náttúruna er að meta hversu stórt svæði þarf til að rækta skóg til að binda samsvarandi magn af kolefni í andrúmsloftinu. Vandmálið sem van der Burgh og Verbruggen sjá í þessu er að skógrækt er ekki ódýrasta leiðin til að binda kolefni og því mun þetta sýna stærra Vistspor en ella þar sem skógrækt þarf dýrmætt land o.s.frv. Þó þetta sé ágætis punktur er erfitt að koma auga

á hvaða lausnir þeir eru að benda á í þessu samhengi, allavega ekki neitt sem fellur að einfaldleika Vistsporsmælinganna.

Wackernagel et al (2004) vilja meina að mælingar á jarðefnaeldsneyti séu algjörlega í samhengi við rannsóknarspurninguna hversu mikið af náttúrunni þarf til að standa undir neyslu mannkyns. Wackernagel og Rees (1996) halda einnig fram að allar þeirra mælingar og niðurstöður séu mjög hógværar þar sem þeir byggja alla útreikninga á því að ræktunarhættir samtímans (í landbúnaði og skógrækt) séu sjálfbærir sem þeir í flestum tilfellum séu alls ekki. Að auki taki þeir aðeins inni reikningana algera grunnþætti þeirrar þjónustu sem náttúran sér okkur fyrir svo sem nýtingu endurnýjanlegra og óendurnýjanlegra auðlinda, móttöku úrgangs og land sem byggt er á en skilja undan marga aðra þætti mengunar eins og jarðvegmengun og grunnvatnsnýtingu.

Þetta er síðastnefnda er reyndar nokkuð sem Graham Chambers (2001) tekur upp í skýrslu sinni fyrir STOA (Scientific and Technological Options Assessment) nefnd Evrópusambandsins þar sem hann leggur mat á Vistsporið sem leið til að mæla sjálfbærni. Þó hann telji aðferðina vera þá bestu sinnar tegundar, þe. af þeim sem draga niðurstöður saman í eina tölu, þá telur hann einn af veikleikum hennar vera að hún nær ekki yfir mengun. Þá er hann einnig sammála van der Burgh og Verbruggen um að útreikningar fyrir kolefnisspor Vistsporsins séu of svartsýnir og mælir með að önnur leið verði fundin til að meta áhrif þess.

Þetta er alveg rétt hjá Chambers að margskonar mengun er ekki tekin með í Vistsporsreikningum og útskýrist það helst af því að engir talnabankar eru til yfir marga þætti mengunar. Í The Ecological Footprint Atlas frá 2008 er talað um súrt regn í þessu samhengi. Ljóst er að áhrif þess á lífríkið eru mikil en engir gagnabankar eru fyrirbyggjandi sem gera vandann tölfræðilegan og því engin leið að láta reikningana ná yfir hann. (Ewing et al, 2008). Svipaða sögu er að segja af lofttegundum sem valda gróðurhúsaáhrifum. Eina lofttegundin sem notuð er í mælingarnar er koltvísýringur. Tilraunir eru þó hafnar með að taka aðrar með eins og td. metan (Walsh et al, 2009).

Þó verður að taka fram að vegna þess að koltvísýringur er eina gróðurhúsalofttegundin sem tekin er með í reikninginn hlýtur kolefnissporið að mælast smærra en það raunverulega er og mælir það að einhverju leyti á móti gagnrýni Chambers og van der Burgh og Verbruggen um að það sé ofátlað. Að auki má nefna að gróðurhúsalofttegundir sem losna við breytingar á landi, svo sem þegar skógar eru höggðir eða votlendi ræst fram eru ekki teknar með í Vistsporsmælingum. Samkvæmt skýrslu IPCC frá 2001, getur þetta numið allt að 30% af heildarmengun gróðurhúsalofttegunda. Aftur eru það vandkvæði við mælingar sem aftra þessu frá því að vera tekið með í reikninginn auk þess sem erfitt væri að tengja þessa mengun við neyslu manna.

### **3.3 Skortur á greinarmun á sjálfbærri- og ósjálfbærri nýtingu**

Næsta vandamál sem van der Bergh og Verbruggen (1999) taka á og enduróma frá Bicknell et al (1998) og snýr að hvernig ekki er greint á milli nýtingar lands sem er sjálfbær og nýtingar lands sem er ósjálfbær. Þeir halda fram að þetta sé lágmarkskrafa á

tæki sem ætlað er í að stuðla að aukinni sjálfbærni. Það sem er athyglisvert við þetta sjónarmið þeirra er að það að greina ekki á milli sjálfbærni og ósjálfbærni leiðir til minna Vistspors þar sem öll nýting er álitin sjálfbær. Hér virðast van der Bergh og Verbruggen því vera að halda því fram að Vistspor eigi það á hættu að sýna áhrif mannlegrar neyslu minni en hún í reyndinni er. Þetta er auðvitað þveröfugt við það sem þeir áður héldu fram með orkumælingarnar.

Annað vandamál sem þeir benda á varðandi landnýtingu er hvernig aðferðin notar jarðhektara í stað raunverulegra hektara. Þetta segja þeir að geti leitt fræðimenn og aðra, td. þá sem starfa í opinberri stjórnsýslu til að halda að hér sé átt við raunverulegt land. Þessi mótmæli virðast frekar léttvæg sérstaklega í ljósi þess að summa hnattrænna hektara jarðar er gerð jöfn summu raunverulegra hektara jarðar (Wackernagel et al 1999).

### **3.4 eru þéttbýli vandamál?**

Að lokum eru van der Burgh og Verbruggen (1999) ósáttir við að þéttbýl svæði sýni stærra Vistspor en strjálbýl. Þetta leiðir okkur aftur að spurningunni um viðskipti. Því minna sem svæðið er því meira mun það þurfa að treysta á viðskipti til að sjá íbúum fyrir nauðsynjum. Lítið svæði sem ber marga íbúa verður þannig nánast algjörlega háð viðskiptum.

Aftur verðum við að huga að rannsóknarspurningu Wackernagel og Rees; hversu mikið af náttúrunni þarf til að standa undir neyslu mannkyns? Viðskipti þurfa orku og orka er stærsti liðurinn í hinu vistfræðilega Vistspori svo þangað til okkur tekst að skipta jarðefnaeldsneyti út fyrir umhverfisvænni orkugjafa munu viðskipti, með sínum stóru vörusendingum sem sendar eru langar leiðir milli áfangastaða, vera áhrifamikill þáttur í stærð Vistspors.



## 4 Vistsporið í dag

Í grein sinni *A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts* (2009) tekur Justin Kitzes, ásamt stórum hluta af þeim vísindamönnum sem mest hafa fjallað um Vistsporið, á þessum og fleiri aðferðafræðilegum vandamálum sem bent hefur verið á í tengslum við hugmyndafræðina. Þar er tekið fram að sú gagnrýni sem hefur komið fram á Vistsporið sé tekin alvarlega og litin jákvæðum augum af þeim sem starfa með mælingarnar en hafi hún ekki orðið til þess að breyta aðferðafræðinni sé það oft vegna þess að til þess vantar fé og mannauð en ekki vegna skorts á áhuga. Í greininni eru nefnd tuttugu og sex atriði, sem falla undir sjö liði, sem eru í athugun eða þarfnast nánari skoðunar. Verður nú stiklað á þeim helstu enda gefa þau ágæta yfirsýn yfir stöðu Vistsporsins í dag og hvað þeir sem mest nota fræðin telja að hægt sé að lagfæra.

### 4.1 Gagnabankar

Mælingar verða aldrei betri en gagnabankarnir sem þær notast við og því er mikilvægt að þau gögn sem notuð eru séu rétt og nákvæm. Ekki er hægt að ganga úr skugga um þetta nema með sjálfstæðum rannsóknum á þeim gagnabönkum sem notaðir eru í Vistsporsmælingum. Kalla Kitzes og félagar (2009) því eftir slíkum rannsóknum. Þá mæla þeir með því að þar sem því verður við komið að notast verði við marga gagnabanka í Vistsporsmælingum. Með því er svo hægt að bera saman mismun á niðurstöðum eftir því hvaðan tölurnar koma.

Fastar sem eru notaðir eru byggðir á bestu fáanlegum heimildum, svo sem hversu mikið einn hektari af meðal skóglendi tekur upp af kolefni, hver eru aflamörk fyrir sjávarfisk o.s.frv. Þessar heimildir þarf að rannsaka sérstaklega til að ganga úr skugga um áreiðanleika þeirra en þær koma úr ýmsum áttum<sup>12</sup>.

Síðasta dæmið undir gagnabankaliðnum er ákall eftir prófun á aðferðum Vistsporsins. Það er að segja eftir því að notaðar verði aðrar aðferðir til að prófa áreiðanleika aðferða þess og þeirra niðurstæða sem hún gefur.

### 4.2 Jarðhektarar

Ekki eru allir sáttir við útreikninga á jarðhekturum og notkun á þeim eins og fram hefur komið. Í því sambandi nefna Kitzes og félagar (2009) að hægt sé að nota hefðbundna hektara í mælingunni en þá er framleiðnistafastanum sleppt úr reikningnum. Þessi leið tekur meira á stærð landsins sem tiltekin þjóð eða þjóðfélagshópur notar í stað framleiðninnar og

---

<sup>12</sup> Þessar sem hér eru nefndar frá IPCC (2006) og FAO (1971) og Pauly (1996).

hinum endurnýjanlegu auðlindum og verður rannsóknarspurningin sem leitast er við að svara því að vera í samræmi við það.

Vegna þess að framleiðnitölur breytast ár frá ár getur verið erfitt að greina breytingu í neyslumunstri út frá Vistsporsmælingum. Það er að segja neyslan breytist ár frá ári en framleiðni landsins gerir það líka svo erfitt er að segja hvort breyting á neyslu eða breyting á framleiðni veldur breytingu á Vistsporinu. Til að aðgreina þetta er hægt að gera mælingu yfir tíma (þe. fleiri en ein mæling – time series) en nota sömu framleiðnitölur. Með þessu er hægt að einangra breytingu í neyslu.

### 4.3 Landgerðir

Hægt væri að bæta mælingar á sjávarvistspori með því að meta framleiðni út frá ástandi tegunda, í það minnsta þeirra helstu. Aftur er það skortur á upplýsingum sem stendur þessu fyrir þrífum. Þetta væri þó mögulega hægt á Íslandi þar sem helstu tegundir eru nokkuð vel kortlagðar hér.

Vegna þess að aldrei er talað um arðrán þegar kemur að ræktuðu landi, þar sem sáð er til að uppskera, mætti ætla að rekstur á því væri innan marka sjálfbærni. Svo er þó ekki heldur nær Vistsporið einfaldlega ekki yfir tap á næringarefnum, mengun á ferskvatni, jarðvegstapi og þess háttar sem skapast af völdum ræktunar og því þarf að leggja aðrar mælistikur á þessa hluti og nota með Vistsporsmælingum.

Mannvirki eru venjulega talin standa á landi sem áður var ræktanlegt. Þetta er ekki í öllum tilvikum rétt og því má gera mælinguna nákvæmari með því að komast að því hvers konar land fór undir mannvirkin á hverjum stað fyrir sig.

Nokkrar breytingar hafa orðið á hvaða landgerðir eru notaðar í Vistsporsmælingum. Nú eru þær sex landgerðir taldar til sem mest áhrif hafa samkvæmt aðferðinni. Votlendi virðist vera sú landgerð sem kemst næst því að komast inn en vegna þess að þau ná yfir frekar lítinn hluta af yfirborði jarðar og hafa þannig tiltölulega lítil áhrif á Vistspor jarðarinnar er það ennþá undanskilið, auk þess sem erfiðleikar við að meta framleiðni og getu þess til hreinsunar og upptöku úrgangs flækja notkunarmöguleika þess. Leiða má líkur að því að áhrif þess að taka votlendi með í reikninginn gæti haft merkjanleg áhrif á Vistspor Íslands.

### 4.4 Viðskipti

Vistsporið margfaldar þyngd þeirrar vöru sem flutt er milli landa með því álagi sem framleiðsla hennar veldur á jörðina og fær þannig niðurstöðu í jarðhekturum. Álagið er reiknað út frá framleiðni vistkerfisins að viðbættum efnis- og orkugildum sem oftast eru fengin með LCA (life cycle analysis) greiningu á vörunni. Helst er hægt að bæta þessa aðferð með því að fá nákvæmari tölur yfir orkuna sem fer í framleiðsluna í hverju landi fyrir sig.

Hin aðferðin til að mæla þetta sem mest hefur verið nefnd er input-output analysis en sú aðferð hefur einnig galla sem áður hafa verið nefndir og virðist ekki ætla að velta þeirri fyrrnefndu úr sessi en þó má geta þess að LCA greiningar nota í auknum mæli input-output analysis í sínum útreikningum og er því hugsanlegt að aðferðirnar blandist að einhverju leyti saman á endanum (Kitzes et al, 2009).

Í dag er það þannig að Vistspor vöru sem flutt er á milli landa lendir hjá þeirri þjóð sem neytir vörunnar. Einværjar hugmyndir hafa komið fram um að nær væri að deila þessu milli framleiðanda og neytenda. Ekki telst þó líklegt að þessi breyting nái inn í mælingarnar þar sem bæta þyrfti þá við talnabönkum sem væru hagfræðilegir en ekki byggðir á lífmassa og myndi það í raun bæta annarri vídd í mælingarnar og flækja þær þannig óþarflega. Önnur ástæða og hugsanlega veigameiri í að hindra breytingar í þessa átt er að mun erfiðara væri að útskýra hugmyndafræðina á einfaldan hátt fyrir almenningi. Nú er hægt að segja; Vistsporið er allt það svæði sem þarf til að framleiða þær vörur sem þú neytir og að taka við öllu því sorpi sem frá þér fellur. Ef dreifa ætti ábyrgðinni milli neytanda og framleiðanda myndi þessi útskýring verða mun flóknari og hætt við að hugmyndafræðin ætti ekki eins greiða leið að almenningi en það er mögulega stærsti kostur hennar.

Vistspor ferðamanna skrifast nú á landið sem þeir ferðast um. Þetta er í ósamræmi við hugmyndafræði Vistsporsins þar sem neysla þjóðarinnar á að ná yfir alla jörðina það er að segja hvar sem neyslan fer fram, svo sem með innfluttar vörur. Það myndi hinsvegar kosta gríðarlega vinnu að safna nauðsynlegum gögnum til að geta metið Vistspor ferðalanga eftir þjóðerni og reikna inní Vistspor þjóðar þeirra. Afar hæpið er því að hægt sé að breyta þessu í náinni framtíð.

## 4.5 Orka og kolefni

Eins og áður hefur komið fram hefur útreikningur á kolefnisjöfnunarlandi fengið nokkuð harða gagnrýni og tína Kitzes og félagar (2009) fram nokkrar aðrar leiðir sem hafa verið nefndar. Engin þeirra er þó gallalaus og virðist engin þeirra sérstaklega líklega til að ryðja þeirri sem nú er notuð úr vegi en útreikningur á kolefnisjöfnunarlandi nú fer þannig fram að reiknað er út það landsvæði sem þarf til að binda magn koltvísýrings sem blásið er út miðað við meðal-bindingu skóglendis eftir að tekið hefur verið tillit til upptöku sjávar.

## 4.6 Áhrif á önnur mikilvæg vistkerfi

Vatnsnotkun er mögulega einn mikilvægasti þátturinn sem er undanskilin í Vistspormælingum. Þetta kemur til vegna þess að erfitt er að mæla vatn sem hluta lífríkisins þó það flæði í gegnum það. Þetta gerir það að verkum að erfitt er að úthluta vatni framleiðnitölum líkt og öðrum afurðum lífkeðjunnar svo sem uppskeru eða skógum. Að þessum sökum gæti reynst erfitt að finna leið til að mæla neyslu á vatni sem fellur að aðferðum Vistsporsins en má telja að það sé brýnt rannsóknarefni fyrir þá sem vilja bæta aðferðafræðina ef tekið er mið af mikilvægi þess fyrir líf á jörðu. Þó má segja að vatn

komi óbeint að mælingunum því það hefur auðvitað bein áhrif á uppskeru, vöxt skóga og þess háttar.

Právirki efni eru ekki tekin með í mælingunum eins og þær standa í dag. Það er að segja aðeins sá lífmassi sem fer í að búa þau til er mældur en ekki það svæði sem þyrfti til að eyða þeim aftur enda yrði ómögulegt að gefa þá tölu þar sem þau eyðast ekki. Eins og með vatnið þá koma þau óbeint að mælingum þar sem þau hafa áhrif á líffræðilega getu vistkerfa. Möguleikar á frekari framþróun Vistsporsins eru fyrir hendi hér. Þegar taka á ákvarðanir um notkun á slíkum efnum er Vistsporið ekki rétti kvarðinn til að nota eins og staðan er í dag nema þá með öðrum.

Fjölbreytni tegunda er annað sem Vistsporið tekur ekki til sérstaklega eins og það er í dag. Það mælir aðeins það landsvæði sem til er og hversu mikið er notað en lætur öðrum kvörðum um að túlka hversu mikið þarf að skilja eftir ósnert til að viðhalda tegundafjölbreytni. Kitzes og félagar stinga uppá að hægt væri að taka mið af hversu mikið landsvæði er tekið frá á vernduðum svæðum. Mælingarnar eru þó ekki gagnslausar þegar kemur að þessu máli því þær mæla neyslu á líffræðilegum auðlindum og losun úrgangs en hvort tveggja eru stórir áhrifaþættir á fjölbreytni tegunda. Ef ætlunin er hinsvegar að fá nokkuð nákvæma sýn á tegundafjölbreytni er mælt með að aðrar kvarðar séu notaðir (Kitzes et al, 2009).

Eitt mikilvægasta atriðið sem ekki er tekið með í reikningana eru áhrif aðgerða okkar í dag á líffræðilega getu í framtíðinni. Reikningarnir eru statískir og sýna því aðeins ástandið eins og það er í dag án þess að spá fyrir um áhrif á framtíðina. Þannig er ekki tekið mið af því álagi sem við með aðgerðum okkar getum verið að leggja á kynslóðir framtíðarinnar. Vegna óvissu um tækniþróun er þetta afar erfitt auk þess sem þá þyrfti að notast við einhverskonar afsláttarleið eins og gert er í hagfræðilegum ákvörðunum en þær tölur er vandasamt að velja og fá sátt um. Ef hægt væri að þróa leið sem tæki á þessu myndi það bæta miklu við Vistsporið og hægt væri að nota það til að spá fyrir um líffræðilega getu vistkerfa framtíðarinnar. Þetta er þó algjörlega utan aðferðarinnar eins og hún stendur nú.

## 4.7 Hagnýting

Kitzes og félagar (2009) enda grein sína á því að undirstrika mikilvægi þess að Vistsporið sé notað með öðrum kvörðum; að hver slíkur kvarði sýni ákveðinn hluta myndarinnar en enginn þeirra geti staðið einn og sér. Framtíðar breytingar á aðferðafræðinni ættu að taka mið af þessu svo hægt sé að gera slíkt auðveldara. Lykilatriði er þó við hagnýtingu aðferðarinnar að gera sér grein fyrir hvað henni er ætlað að mæla og hvað það er sem fellur utan þess ramma.

## 5 Fyrri mælingar á Vistspori Íslands

Þegar kemur að mælingum á vistfræðilegu Vistspori Íslands eru heimildir hverfandi. Þrátt fyrir það hefur Vistspor Íslands verið mælt af Wackernagel et al (1999). Vistspor Íslands reynist þá vera 7.4 jarðhektarar og var landið með líffræðilega getu uppá 14.3 jarðhektara. Rétt er að taka það fram að mikið vatn hefur runnið til sjávar síðan að rannsóknin var gerð bæði í hagkerfi og lífsstíl Íslendinga (tölurnar sem voru notaðar voru frá 1993) sem og í aðferðafræði Vistsporsins. Má þar til dæmis nefna að í þessari rannsókn var sjórinn ekki talinn með. Stuðst var við alþjóðlega talnabanka en þeir virðast ekki hafa haft mjög ítarlegar upplýsingar um Ísland.



## 6 Niðurstöður

Upplagg þessarar rannsóknar var að framkvæma mælingu á Vistspori Íslands og hvika hvergi frá hefðbundnum leiðum aðferðafræðinnar eins og hún er sett fram af Global Footprint Network. Hér verður farið yfir helstu niðurstöður rannsóknarinnar. Gerð verður grein fyrir stærðum landsvæða, fólksfjölda, framleiðnistuðlum, jöfnunarstuðlum, niðurstöðum útreikninga fyrir hverja landgerð, Vistspori framleiðslu, inn- og útflutnings og neyslu ásamt líffræðilegri getu Íslands. Vegna umfangs er ekki hægt að gera nákvæma grein fyrir öllum tölum um framleiðslu/neyslu Íslendinga en vísað er í viðauka A, B og C.

### 6.1 Stærðir landsvæða

Tafla 6.1 Stærðir landsvæða

Heimild	Lýsing	Landgerð	Stærð (ha)
CORINE2006	Ræktað land	Ræktað land	381,900
CORINE2006	Tún og beutiland	Beutiland	130,300
CORINE2006	Skógar	Skóglendi	31,373
CORINE2006	Kjarr	Beutiland	30,100
CORINE2006	Straum- og stöðuvötn	Fiskveiðil. - vötn og ár	204,150
WRI	Sjór - landgrunn	Fiskveiðilendur - sjór	10,868,300
CORINE2006	Manngert yfirborð	Mannvirki	39,600
CORINE2006	Virkjandalón	Virkjandalón	24,800

Global Footprint Network notar ýmsa talnabanka sem heimildir fyrir stærð landsvæða en þar sem það er hægt er notast við Corine2000. Landmælingar Íslands hafa nýlega lokið við slíka úttekt á Íslandi og er hún okkar helsta heimild í þessum flokki; Corine 2006 (Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson, 2009).

Ræktað land; Samkvæmt Corine verkefni Landmælinga nemur ræktað land um 708,300 hekturum en samkvæmt þeim tölum sem hafa fengist við gagnasöfnum þessa verkefnis er svæði það sem nýtt er undir ræktun einungis 361,500 þess. Ástæðan fyrir þessu er sú að í Corine er ræktuðu landi skipt í tvo flokka: Akur- og garðyrkja og Blönduð ræktun. Í síðari flokknum eru einnig tekin til tún sem ekki ná þeirri stærð sem krafist er í flokkunarkerfinu og er þeim þannig skeytt saman við ræktað land. Stærð túna í þessum flokki er talin vera um 65% (Kolbeinn Árnason, persónulegar upplýsingar 21 jan 2010). Ef við notum allan hektarafjölda fyrri flokksins og 35% þess síðari fæst talan 381,900 hektarar sem er u.þ.b. sex prósentum hærri en talan sem við fáum ef við leggjum saman það ræktaða land sem er í notkun samkvæmt þeim tölum sem fengust hjá Bændasamtökunum. Samkvæmt Magnúsi Garðyrkjuráðunaut Bændasamtakanna er nánast allt ræktað land í notkun hverju sinni (persónulegar upplýsingar 20. jan. 2010.) svo hér verður notuð þessi sex prósentu umframtala Corine sem stærð þess svæðis sem er í hvíld þe. ekki í notkun árið 2005.

Beitiland; er sett í flokk með tünnum í Corine2006 en samkvæmt upplýsingum frá Bændasamtökunum (Ólafur Dýrmundsson, persónulegar upplýsingar 13. jan. 2010) er stærð túna 122,000 hektarar og afgangurinn því beitiland eða 130,300 hektarar. Global Footprint Network setur einnig flokkinn Other wooded land undir Beitiland og er því fylgt hér með þeim hætti að stærð lands sem nær yfir skógrækt sem ekki hefur náð tveggja metra hæð er skráð sem beitiland.

Skóglendi; hér er kjarri og ræktuðum skógi sem ekki nær 2 m hæð sleppt enda fellur það utan skilgreiningar á skógi samkvæmt Corine.

Fiskveiðilendur – sjór; hér er notuð tala frá World Resources Institute (<http://earthtrends.wri.org/text/coastal-marine/country-profile-84.html>, 9. feb. 2010) um stærð landgrunns við Íslands 10,868,300 ha.

Mannvirki; virkjanalón falla undir landgerðina mannvirki en til að sýna muninn á þessu tvennu er þetta aðgreint hér og sýnt í tvennu lagi. Þessi tala á því við um alla landþekju sem hverfur undir mannvirki án þess að flokka virkjanalón sem slík.

Virkjanalón; sýnir hér stærð svæðis sem er undir virkjanalónum samkvæmt upplýsingum frá Landmælingum Íslands (Bjarney Guðbjörnsdóttir, persónulegar upplýsingar 23. des. 2009). Þessar upplýsingar eru ekki notaðar þar sem aðferðafræði Global Footprint Network er að áætla Vistspor virkjanalóna útfrá framleiðslugetu virkjana. Hér verður farið eftir þessum hefðbundnu leiðum til að gæta samræmis milli rannsókna.

## 6.2 Framleiðnistuðlar

Tafla 6.2 Framleiðnistuðlar Íslands 2005

Landgerð [-]	Landsframleiðni [t ha <sup>-1</sup> ]	Heimsframleiðni [t jha <sup>-1</sup> ]	Framleiðnistuðull [jha ha <sup>-1</sup> ]
Ræktað land	-	-	1.25
Beitiland	0.64	1.30	0.49
Sjór	597	504	1.18
Vötn og ár	-	-	1.00
Skóglendi	0.45	2.36	0.19
Mannvirki	-	-	1.25

Ræktað land: Heildaruppskera Íslands er ræktuð á 361,500 hekturum. Til að framleiða sama magn með meðal-framleiðni á heimsvísu þyrfti 452,900 hektara. Framleiðnifasti Íslands fyrir ræktað land er því 1.25.

Beitiland: Ekki fundust neinar meðaltalstölur um framleiðni beitilands á Íslandi fyrir þessa rannsókn. Hér er því notað meðaltal þriggja framleiðnitala sem Katrín Halldóra Árnadóttir setur fram í meistararitgerð sinni Orkuvistspor: Spor í rétta átt? En þar gefur hún framleiðnitölur fyrir afmörkuð svæði beitilands á Íslandi (Halldóra Árnadóttir, 2009). Talan sem hér er notuð er því aðeins gróft viðmið.



Fiskveiðilendur: Samkvæmt [www.searoundus.org](http://www.searoundus.org) er NPP (net primary production) á hvern fermetra í íslenskri lögsögu  $492 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$ . Hafró hefur þessa tölu  $597 \text{ mgC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{day}^{-1}$  (Kristinn Guðmundsson og Kristín J. Valsdóttir, 2004) og þó hún sé mögulega eldri tölunni frá Sea around Us þá verður hún notuð hér þar sem hún er innlend í samræmi við þá stefnu að reyna að nota innlendar tölur þar sem það er hægt þar sem þær standa nær uppruninum þ.e. yfirleitt koma tölur erlendra gagnabanka frá innlendum aðilum.

Vötn og ár: Vegna almenns skorts á upplýsingum um framleiðni í þessum flokki er honum gefinn framleiðnifastinn 1 af Global Footprint Network og jöfnunarstuðullinn settur jafn jöfnunarstuðli sjávar. Hugsanlega mætti reikna þetta fyrir Ísland en til að gæta samræmis er það ekki gert.

Skóglendi: Framleiðnin er árlegur meðal-vöxtur íslenskra skóga. Meðal-vöxtur íslenskra skóga árin 2000-2010 var 14,000 m<sup>3</sup> (Arnór Snorrason, persónulegar upplýsingar 7. jan. 2010) eða 0.45 m<sup>3</sup> á hvern hektara.

Mannvirki: Vistspormælingarnar gera ráð fyrir að byggð byggist almennt á og í kringum besta landið og því sé það land sem hverfur undir mannvirki ræktanlegt land og fær þessi flokkur því sama framleiðnifasta og ræktað land.

## 6.3 Jöfnunarstuðlar

Tafla 6.3 Jöfnunarstuðlar GFN fyrir árið 2005

Landgerð	Jöfnunarstuðull (jha/ha)
Ræktað land	2.64
Skóglendi	1.33
Beitiland	0.5
Sjór	0.4
Vötn	0.4
Mannvirki	2.64

Tölur koma frá Global Footprint Network. Nánari útlítingu á hvernig jöfnunarstuðlarnir eru fundnir fyrir hverja landgerð er hægt að sjá í *Guidebook to the National Footprint Accounts 2008* (Kitzes et al, 2008) eða með því að biðja um þær frá Global Footprint network. Sjá nánari umfjöllun í kafla 2.3.2.

## 6.4 Vistspor mannvirkja

Sýnir það landsvæði sem hefur horfið undir mannvirki og virkjanalón. Með mannvirkjum er átt við allar framkvæmdir manna; byggð, vegi, iðnaðarhverfi, flugvelli, tómstundasvæði o.s.frv.

Vistspor virkjanalóna á Íslandi er 91 jarðhektari. Þetta sýnir Vistspor raforkuframleiðslu með vatnsafli á Íslandi. Talan um framleiðslu er fengin frá Orkustofnun (7015 GWh).

Vistspor mannvirkja<sup>13</sup> á Íslandi er 131,149 jarðhektarar. Tölur koma úr Corine2006, frá Landmælingum Íslands (Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson, 2009).

Tafla 6.4 Vistspor mannvirkja

Nafn [-]	Framleiðsla [jarðhektarar]	Innflutningur [jarðhektarar]	Útflutningur [jarðhektarar]	Neysla [jarðhektarar]
Mannvirki	131,166	-	-	131,166
Virkjanalón	91	-	-	91
<b>Samtals</b>	<b>131,257</b>	-	-	<b>131,257</b>

## 6.5 Kolefnisspor

Kolefnisspor sýnir það landsvæði sem þarf til að binda útblástur koltvíoxíðs sem þjóðin veitir út í andrúmsloftið. Nær til bruna á jarðolíu á Íslandi, kolefnanotkun sem fer til framleiðslu á vörum sem eru innfluttar og útfluttar auk þess að sýna hlut Íslands í flugi og siglingum milli landa.

Kolefnisspor framleiðslu er 830,946 jarðhektarar, þar af eru 26,335 vegna flutninga á milli landa. Kolefnisspor innflutnings er 2,614,244 jarðhektarar og útflutnings 3,956,318. Heildarkolefnisspor Íslendinga er núll vegna þess hver útflutningstalan er há þar sem aðferðafræði Vistsporsins dregur útflutning frá Vistspori þjóðarinnar þar sem sú neysla skrifast á aðrar þjóðir.

Tafla 6.5 Kolefnisspor

Nafn [-]	Framleiðsla [jarðhektarar]	Innflutningur [jarðhektarar]	Útflutningur [jarðhektarar]	Neysla [jarðhektarar]
Losun koldíoxíðs	804,611	2,614,244	3,956,318	0
Millilandaskattur	26,335	-	-	26,335
<b>Samtals</b>	<b>830,946</b>	<b>2,614,244</b>	<b>3,956,318</b>	<b>0</b>

Heildarútreymi koltvíoxíðs af mannavöldum á Íslandi 2005 var 2.9 milljón tonn (www.hagstofan.is). Hér er notuð heildartala fyrir koltvíoxíðslosun en það kemur ekki að sök því sömu framleiðni- og jöfnunarstuðlar eru notaðir fyrir allar losun kolefnis og niðurstaðan því sú sama hvort heldur heildartölunni er skipt milli mismundandi geira iðnaðar o.s.frv. eður ei.

Tölur um inn- og útflutning koma frá Hagstofunni.

<sup>13</sup> Að virkjanalónum undanskildum.

Tafla 6.6 Helstu tölur utanríkisverslunar

Heiti (enska) [-]	Innflutningur [kg ár <sup>-1</sup> ]	Útflutningur [kg ár <sup>-1</sup> ]
Fish, fresh, chilled or frozen	14,399,141	386,179,577
Fish, salted, dried or smoked	216,805	64,804,266
Crustacea & molluscs, fresh, chilled, salted, dried	47,062,332	3,819,157
Fish, in airtight containers	434,818	23,227,994
Wheat and meslin, unmilled	29,395,523	
Barley, unmilled	13,769,088	
Maize (corn), unmilled	21,876,604	
Refined sugar & other prod. of refining, no syr	11,160,302	6
Oil seed cake & meal & other veg. Oil residue	11,357,316	
Meat & fish meal, unfit for human consumption	1,873,036	196,795,234
Lumber, sawn, planed, etc. Conifer	67,619,099	47,356
Paper waste and old paper		12,280,900
Gypsum, plasters, limestone flux & calcareous s	11,816,197	
Sand excluding metal bearing sand	21,185,044	10,419
Gravel & crushed stone	158,312,110	1,071,367
Natural abrasives	8,888	74,982,510
Salt	108,820,807	2,105,477
Quartz, mica, feldspar, fluor spar, cryolite etc.	196,059,937	
Iron ore & concentrates ex roasted iron pyrit	38,058,272	
Bauxite and concentrates of aluminium	434,800,925	
Materials of animal origin, nes	136,242,685	38,468,914
Coal /anthracite, bituminous/	116,957,261	
Coke & semi coke of coal, of lignite or of pe	33,362,321	1,504,000
Petroleum, crude & partly refined	794,109,895	77,709,275
Residual fuel oils	40,889,353	24,627,010
Oils of fish and marine mammals	2,179,899	48,898,642
Tannic acids tannins and derivatives	11,377,053	15,858
Fertilizers, nes	34,225,013	
Other artificial resins and plastic materials	16,263,357	2,334,900
Chemical products and preparations, nes	18,151,979	22,171,683
Veneer sheets	14,054,523	3,519
Plywood, including veneered panels	11,333,071	22,415
Lime	132,462,031	83,318
Refractory bricks & other ref. construction ma	18,551,999	1,076
Manufactures of mineral mat., nes, no ceramic	19,387,155	4,260,371
Rails of iron or steel	56,791,520	169,113
Aluminium and aluminium alloys, unwrought	1,094,851	283,607,524
Aluminium and aluminium alloys, worked	10,404,669	65,889
Fin. structural parts & structures of iron ste	40,626,483	40,866
Tanks, vats and reservoirs for storage	10,336,771	29,580
Construction and mining machinery, nes	11,864,620	1,416,766
Mechanical handling equipment	15,934,624	437,112
Electrical machinery and apparatus, nes	151,287,173	1,293,279
Chassis with engs. Mntd. For vehicles of 732.	34,772,910	323,340
Trailers & oth vehicles not motorized, & part	13,243,424	25,420
Furniture	22,832,407	31,798
Articles of artif. plastic materials, n.e.s.	10,251,318	1,559,685

Mestur er útflutningur á fiski 386,179,577 tonn og áli 283,607,524 tonn. Innflutningur er mestur á olíu 794,109,895 tonn og bákítí til álvinnslu 434,800,925 tonn.

Tafla 6.7 Stærstu kolefnisspor utanríkisverslunar

Heiti (enska) [-]	Fótsp. Innfl. [jha]	Fótsp. Útfl. [jha]
Fish, fresh, chilled or frozen	32,053	859,652
Fish, salted, dried or smoked	483	144,257
Crustacea & molluscs, fresh, chilled, salted, dri	104,763	8,502
Fish, in airtight containers	968	51,706
Meat & fish meal, unfit for human consumption	2,085	219,037
Petroleum, crude & partly refined	107,563	10,526
Oils of fish and marine mammals	4,853	108,850
Aluminium and aluminium alloys, unwrought	8,051	2,085,383
Aluminium and aluminium alloys, worked	88,586	561
Fin. structural parts & structures of iron ste	78,613	79
Electrical machinery and apparatus, nes	585,486	5,005
Chassis with engs. Mntd. For vehicles of 732.	134,572	1,251
Furniture	88,362	123

Af útfluttum vörum er kolefnisspor áls stærst: 2,085,383 jarðhektarar auk 243,144 í other ferro alloys. Þar á eftir koma fiskur og fiskiafurðir; 859,652 (Fish, fresh, chilled or frozen), 144,257 (Fish, salted, dried or smoked), 219,037 (Meat & fish meal, unfit for human consumption) og 108,850 (Oils of fish and marine mammals).

Af innfluttum vörum hafa rafmagnstæki stærst kolefnisspor; 585,486 (Electrical machinery and apparatus, nes) og þar á eftir koma bifreiðar; 134,572 (Chassis with engs. Mntd. For vehicles of 732), þá kemur olía; 107,563 (Petroleum, crude & partly refined), fiskur; 104,763 (Crustacea & molluscs, fresh, chilled, salted, dried) og ál; 88,586 (Aluminium and aluminium alloys worked).

Tafla 6.8 Áætlað Vistspor millilandaflutninga

Nafn	Eining	Gildi
Koldíoxíðlosun	[jha]	804,611
Millilandaflutningar %	[-]	3.27%
Skattur vegna millilandaflutninga	[jha]	26,335

Áætlað Vistspor á Ísland vegna flutninga á milli landa er 26,335 jarðhektarar en þetta er “skattur” sem lagður er á öll lönd vegna útblásturs CO<sub>2</sub> vegna flutninga á milli landa. Þessi skattur er 3.27% af heildarútbæstri hvernar þjóðar samkvæmt aðferðum Global Footprint Network en rannsóknir sýna að þetta hlutfall er venjulega á milli þrjú og fjögur prósent (Ewing et al, 2008).

## 6.6 Vistspor fiskveiða

Vistspor fiskveiða sýnir hversu stór sjávar- og vatnasvæði þarf til að standa undir veiðum þjóðarinnar þannig að þær séu innan marka sjálfbærni. Þetta er fundið með því að deila áætlaðri heildarfrumframleiðslu hvers hektara sjávar uppí magn frumframleiðni sem hver tegund neytir. Fiskeldi er ekki tekið með í núverandi útgáfu Vistsporsmælinga.

Vistspor fiskveiða er 16,383,203 jarðhektarar. Vistspor framleiðslu er 18,799,634, innflutnings 396,812 og útflutnings 2,813,243.

Tafla 6.9 Vistspor fiskveiða

Nafn	Framleiðsla	Innflutningur	Útflutningur	Neysla
[-]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]
Sjór	18,797,959	-	-	18,797,959
Vötn og ár	1,675	-	-	1,675
Utanríkisverslun	-	396,812	2,813,243	-
<b>Samtals</b>	<b>18,799,634</b>	<b>396,812</b>	<b>2,813,243</b>	<b>16,383,203</b>

### 6.6.1 Helstu aflatölur

Heildarafli úr sjó árið 2005 nam 1,669,578 tonnum. Þar vó loðnan þyngst 605,060 tonn.

Tölur koma úr *Ísland í tölum 2006-2007* (Hagstofa Íslands, 2006).

Tafla 6.10 Helstu aflatölur

Tegund	Latneskt heiti	Afli
[-]	[-]	[t ár <sup>-1</sup> ]
Kolmunni	Micromesistius poutassou	265890
Humar	Homarus gammarus	6047
Þorskur	Gadus morhua	212456
Síld	Clupea harengus	265312
Steinbítur	Anarhichas lupus	15192
Ýsa	Melanogrammus aeglefinus	96580
Ufsi	Pollachius virens	67736
Loðna	Mallotus villosus	605060
Rækja	Pandalus borealis	8657
Lúða	Reinhardtius hippoglossoides	27296
Karfi	Sebastes marinus	99352
Lax	Salmo salar	149
Bleikja	Salvelinus alpinus	24
Urriði	Salmo trutta	46

Af veiðum í ám og vötnum vó heildarafli 219 tonn og þar af nam laxveiði 149 tonnum. Tölur koma frá Veiðimálastofnun (Guðni Guðbergsson, 2006).

Tafla 6.11 Þyngd og Vistspor utanríkisverslunar með sjávarafurðir

Heiti (enskt)	Innflutn.	Útflutn.	Vistsp. innf	Vistsp. Útfl.
[-]	[t ár <sup>-1</sup> ]	[t ár <sup>-1</sup> ]	[jha]	[jha]
Coalfish (=Saithe), fresh or chilled	0	15050	0	627246
Coalfish (=Saithe), frozen	2	15050	63	627246
Cod (Gadus spp.), dried, whether or not s	0	0	0	0
Cod (Gadus spp.), fresh or chilled	0	113928	0	584145
Cod (Gadus spp.), frozen	3276	0	16797	0
Cuttlefish and squid, frozen	923	0	1929	0
Cuttlefish and squid, live, fresh or chilled	0	398	0	832
Dogfish and other sharks, fresh or chilled	0	52	0	273
Fish-liver oils	0	29109	0	0
Greenland, Atlantic and Pacific halibut, fr	54	9539	967	169592
Haddock, fresh or chilled	0	0	0	0
Haddock, frozen	65	44477	234	161444
Hake, frozen	0	0	0	0
Herrings (Clupea spp.), fresh or chilled	5463	0	3422	0
Herrings (Clupea spp.), frozen	5472	317961	3428	199184
Lobsters (Homarus spp.), whether in shel	26	0	14	0
Lobsters (Homarus spp.), whether in shel	0	0	0	0
Mackerel (Scomber spp.), fresh or chilled	0	14906	0	39196
Mackerel (Scomber spp.), frozen	133834	0	351931	0
Mackerel, prepared or preserved	0	0	0	0
Meals of fish or crustaceans, molluscs or	0	87326	0	0
Molluscs and aquatic invertebrates, prepa	0	0	0	0
Mussels, frozen, dried or salted	8	0	1	0
Other crustaceans, whether in shell or no	17	0	4	0
Other fish, salted or in brine	3139	0	5208	0
Other flatfish, fresh or chilled	0	4349	0	9084
Other flatfish, frozen	1	0	1	0
Other freshwater and saltwater fish, fresh	0	74064	0	382446
Other freshwater and saltwater fish, froze	1920	0	3185	0
Other molluscs, including sea urchins, sea	0	0	0	0
Other molluscs, including sea urchins, sea	0	1966	0	411
Other tunas, fresh or chilled	0	6	0	48
Plaice (Pleuronectes platessa), fresh or ch	0	3056	0	7328
Scallops, including queen scallop, live, fr	0	0	0	0
Scallops, including queen scallops, frozen	37	0	9	0
Shrimps and prawns, whether in shell or	46054	0	9620	0
Shrimps and prawns, whether in shell or	0	22820	0	4767
Sole (Solea spp.), fresh or chilled	0	458	0	0
<b>Total</b>	<b>200290</b>	<b>754514</b>	<b>396812</b>	<b>2813241</b>

Heildarútflutningur á fiski árið 2005 nam 754,514 tonnum. Af tegundum var það síld sem vó þyngst; 317,961 tonn (flokkurinn inniheldur einnig loðnu og kolmunna í þessari mælingu). Heildarinnflutningur nam 200,290 tonnum. Þar vó makrill þyngst; 133,834 tonn (flokkurinn inniheldur einnig annan uppsjávarfisk í þessari mælingu). Tölur koma frá Hagstofu Íslands (Kolbrún Jóhannsdóttir, persónulegar upplýsingar 6. jan. 2010; Hagtíðindi 2006:1).

Ufsi hefur stærst Vistspor útfluttra fiskafurða 627,246 jarðhektara fyrir ferskan fisk og sömu tölu fyrir frosinn eða 1,254,493 jarðhektarar í heild.

Af innfluttum fiskafurðum hefur makrill (og annar uppsjávarfiskur) stærsta Vistsporið 351,931 jarðhektara.

Af veiðum úr ám og vötnum hefur laxveiði stærsta Vistsporið 959 jarðhektara.

Af framleiðslu á fiski hefur þorskur stærsta Vistsporið 7,364,769 jarðhektara. Þar á eftir kemur kolmunnur með 3,585,850.

## 6.6.2 Framleiðni

Framleiðni fisktegunda er fundin með því að reikna út hlutfallið á milli massa tegundar á móti magni frumframleiðenda sem hún þarf til að ná þeim massa. Þessir reikningar byggja á hvar tegundin er í fæðukeðjunni. Hér er notuð jafna (8) (Pauly og Christiansen, 1995).

Framleiðnin er svo fundin með jöfnu (10) sem notast við tölur um hlutfall frumframleiðenda til að reikna út magn fiskiafurða sem hver hektari af landgrunni gefur af sér á ári.

Reikningar um framleiðnina og um leið Vistsporið eru mjög háðir því hvaða stig lífkeðjunnar tegundirnar eru settar á. Hér er stuðst við heimildir frá Fishbase Database, [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (Froese og Pauly, 2008).

Af þeim tegundum sem veiðast við Ísland fær rækja mestu framleiðnina 1.04 tonn af fiskiafurðum á hvern hektara á ári. Þar á eftir koma humar; 0.76 og síld; 0.63. Minnstu framleiðnina fá þorskur og lúða; 0.01.

Áætlað magn frumframleiðni sem hægt er að nýta innan marka sjálfbærni á hvern hektara landgrunnis á ári er 4.25 tonn af kolefni. Talan er fengin með því að með því að umreikna þann afla sem hægt er að veiða af ákveðnum fiskitegundum, á sjálfbæran hátt, miðað við viðmið FAO (Gulland 1971), yfir í samsvarandi magn frumframleiðenda. Í þá heildartölu er svo deilt með fjölda hektara sem landgrunnur jarðar nær yfir er og þannig fengin tala fyrir sjálfbæra hámarksnýtingu á frumframleiðendum á hvern hektara.

Brottkastsfasti sem notaður er hér er 1.27 (Pauly og Christensen, 1995) og hlutfall orku sem færast á milli þrepa í fæðukeðjunni er 0.10 (Pauly og Christensen, 1995).

## 6.7 Vistspor skóglendis

Vistspor skóglendis mælir ágang manna á skóga jarðar. Vistspor skóglendis sýnir hversu stóran hluta af meðal-skógi miðað við skóga jarðar<sup>14</sup> þarf til að standa undir viðurframléiðslu svo sem til bygginga, orkunotkunar og pappírframléiðslu. Þetta er gert með því að bera saman trjáuppskeru við árlegan vöxt skóga jarðar.

---

<sup>14</sup> World average forest.

Vistspor viðarframleiðslu er 565 jarðhektarar, innflutnings 162,651 og útflutnings 717 jarðhektarar. Vistspor neyslu á viðarafurðum er því 162.499 jarðhektarar.

Tafla 6.12 Vistspor skóglendis

Nafn [-]	Framleiðsla [jarðhektarar]	Innflutningur [jarðhektarar]	Útflutningur [jarðhektarar]	Neysla [jarðhektarar]
Viðarafurðir	565	162,642	717	162,490
Eldsneyti		9	0	9
<b>Samtals</b>	<b>565</b>	<b>162,651</b>	<b>717</b>	<b>162,499</b>

Tölur um heildarframleiðslu ásamt verslun með við á landsvísu koma frá FAOSTAT (FAO ForesSTAT Statistical Database). Þar er ýmislegt sem ekki er gert grein fyrir í en til að gæta samræmis við aðrar mælingar er hér aðeins skráð það sem fellur í þá 33 flokka sem þar eru tilteknir.

Tala fyrir framleiðslu er áætluð og fengin frá Þresti Eysteinsyni sviðsstjóra þjóðskóganna hjá Skógrækt Ríkisins (persónulegar upplýsingar 11. feb. 2010). Í tonnum er þessi tala áætluð 620 en það verða um 1000 m<sup>3</sup> miðað við 25-30% rakamagn.

Stærstur hluti útflutningsvistspors timburafurða er vegna pappírs (other paper and paperboard) en Vistspor hans er 656 Jarðhektarar á ári.

Stærsta Vistspor innflutningsafurða timburs fær Sawnwood 61,569 jarðhektara.

Vistspor innlendrar viðarframleiðslu er 565 jarðhektarar. Vegna ónógra upplýsinga er þessi tala ekkert brotin niður heldur aðeins gefin áætluð heildartala.

## 6.8 Vistspor beitilands

Vistspor beitilands sýnir ágang á beitiland sem felst í að næra búfénað sem og það land sem fer í framleiðslu á vörum sem fara á markað. Hér er áætluð fóðurþörf alls búfénaðar og hversu stórum hluta hennar er mætt með tilbúnu og ræktuðu fóðri. Gert er ráð fyrir að fóðurþörfinni sem eftir stendur sé mætt með beitilandi og er þá miðað við meðalframleiðni þess háttar landsvæða.

Þungamiðjan í þessum mælingum er aðferðafræði og tölur sem settar voru fram af Haberl et al (2007) um neyslu mannkyns á frumframleiðni.

Stærð beitilands er að öllum líkindum stórlega vanáætlað sökum þess að Corine mælingar ná aðeins til girtra svæða í kringum sveitabæi. Allt annað land sem notað er til beitar fellur því hér fyrir utan en stór hluti alls gróins lands á Íslandi er notaður til beitar (Ingvar Árnason og Matthías Ingvarsson, 2009).

Vegna þess að líffræðilega geta beitilands nær yfir alla frumframleiðni sem í boði er á yfirborði landgerðarinnar á ári hverju er arðrán ekki mögulegt. Vegna þessa er Vistspor beitilands aldrei sýnt stærra líffræðilegri getu (Kitzes et al, 2008).



Vistspor beitolands skiptist á eftirfarandi hátt: Framleiðsla 39,204 jarðhektarar, innflutningur 0, útflutningur 5,281. Heildarvistspor neyslu á beitolandi er því 33,293 jarðhektarar.

Tafla 6.13 Vistspor beitolands

Nafn [-]	Framleiðsla [jarðhektarar]	Innflutningur [jarðhektarar]	Útflutningur [jarðhektarar]	Neysla [jarðhektarar]
Beitoland	39,204	-	-	39,204
Beitoland í búfé		0	5,281	
<b>Samtals</b>	<b>39,204</b>	<b>0</b>	<b>5,281</b>	<b>33,293</b>

Ef ekki kæmi til áðurnefnd skilyrðing þar sem Vistspor beitolands er aldrei sýnt stærra líffræðilegri getu þess væri Vistsporið 198,183 jarðhektarar.

### 6.8.1 Utanríkisverslun með dýraafurðir

Inn- og útflutningur á landbúnaðarvörum sem ekki nær þúsund tonnum er ekki tekinn með í Vistsporsmælingum. Smjör er eina varan sem mælist í útflutningi á dýraafurðum. Útflutningur af eitt þúsund tonnum af smjöri hefur Vistsporið 10,353 jarðhektara. Af þeirri tölu koma 5,281 jarðhektari hér inn sem er talið vera hlutfall graslendis (Smil, 2000). Afgangurinn skráist á ræktað land. Útflutningstölur koma frá TradeSTAT (FAO TradeSTAT Statistical Database).

Innflutningur Íslendinga á dýraafurðum er svo lítill að hann mælist ekki þar sem allar vörur eru undir þúsund tonnum fyrir árið 2005.

### 6.8.2 Fóðurrækt á landinu

Áætlað er að 99% af öllu byggi sem ræktað er á landinu fari í fóður (Ólafur Eggertsson, persónulegar upplýsingar 12. jan. 2010) en aðeins um 1% af kartöfluuppskerunni (Borgar Páll Bragason, persónulegar upplýsingar 12. feb. 2010).

9,733 tonn af byggi fóru í fóður á árinu 2005 og 73 tonn af kartöflum. Samtals 9,805 tonn.

Tafla 6.14 Stofnar búfénaðar

<b>Tegund</b>	<b>Fjöldi</b>
Kýr	65,979
Hænsn	212,745
Geitur	439
Hestar	74,820
Sauðfé	454,950
Býflugnabú	15
Endur	1,208
Gæsir	284
Svín	3,982
Kanínur	239
Kalkúnar	508

Tölur koma frá Hagstofu Íslands og Bændasamtökunum (Guðlaug Eyþórsdóttir, persónulegar upplýsingar 27. jan. 2010).

Tölur um býflugnabú koma frá Agli R. Sigurgeirssyni, formanni Býflugnaræktendafélags Íslands (persónulegar upplýsingar 11. feb. 2010).

Í landinu voru einnig 36.709 minnkar og refir í búum en þessar tegundir eru ekki teknar með í Vistsporsmælingunum og falla því fyrir utan hana.

### **6.8.3 Fóðurþörf búfénaðar á Íslandi**

Heildarfóðurþörf reiknast hér 528,855 tonn þurrefnis árið 2005. Af því fer mest í sauðfé 249,085 og því næst í nautgripi 221,557.

Kartöflur og bygg sem notað er í fóður vegur 9,805 tonn. Heildarfóðurþөрfin er 528,855 tonn. 519,026 er sá tonnafjöldi fóðurs sem þarf að koma frá beitilandi. Til þess að anna þeirra eftirspurn er áætlað að til þurfi 198,183 jarðhektara beitilands. Landið hefur að geyma 39,204 jarðhektara beitilands og Vistspor þess getur því ekki verið stærra en sem því nemur.

## **6.9 Vistspor ræktaðs lands**

Vistspor ræktaðs lands sýnir stærð þess landsvæðis sem þarf í alla ræktun fyrir menn og búfé. Þetta nær yfir landbúnaðarvörur, fóður og hey.

Framleiðni ræktaðs lands er reiknuð með því að deila stærð svæðis sem ræktað er á uppí magn framleiðslu. Þetta þýðir að framleiðnin er jöfn framleiðslunni.

Ræktað land og beitiland tengjast með þeim hætti að aukin framleiðsla á fóðri getur leitt til minna álags á beitiland og öfugt.

Vistspor ræktaðs lands skiptist á eftirfarandi hátt: Framleiðsla 16,958 jarðhektarar, innflutningur 76,337, útflutningur 5,073. Heildarvistspor neyslu á ræktuðu landi er því 88,223 jarðhektarar.

Af því landi sem tekið hefur verið undir ræktun á Íslandi voru 6% svæðisins ekki nýtt árið 2005 eða 4,984 jarðhektari.

Tafla 6.15 Vistspor ræktaðs lands

Nafn [-]	Framleiðsla [jarðhektarar]	Innflutningur [jarðhektarar]	Útflutningur [jarðhektarar]	Neysla [jarðhektarar]
Uppskeyra	11,975	76,337	0	88,312
Beitiland		0	5,073	
Beitiland í búfé	4,984	-	-	4,984
<b>Samtals</b>	<b>16,958</b>	<b>76,337</b>	<b>5,073</b>	<b>88,223</b>

### 6.9.1 Utanríkisverslun með landbúnaðarafurðir

Mestur innflutningur af landbúnaðarafurðum er á hveiti 29,000 tonn, korni (maís) 22,000 tonn og byggi 14,000 tonn. Mest er flutt út af vatni/ís 5,000 tonn og óáfengum drykkjum 3,000 tonn. Tölur teknar frá TradeSTAT (FAO TradeSTAT Statistical Database) og Hagstofunni.

Af þeim vörum sem fluttar eru inn til landsins hefur hveiti stærsta Vistsporið 27,008 jarðhektara, þá bygg 14,741 og svo korn (maís) 11,873. Minnst er Vistspor vatnsmelóna 93 jarðhektarar.

Af útflutningsvörum er það aðeins smjör sem nær útreikningi á jarðhekturum. Þetta er sá hluti ræktaðs fóðurs sem talið er þurfa í framleiðslu á 1000 tonnum af smjöri (Smil, 2000). Aðrar vörur sem fluttar eru út í magni sem námundast að þúsund tonnum eða meira eru áfengir drykkir, lambakjöt, vatn/ís og ull en vegna ónógra upplýsinga um extraction rates (Anders Reed, persónulegar upplýsingar 25. mar. 2010) er ekki hægt að reikna Vistspor útflutnings á þeim. Þetta vanmetur útflutning Íslendinga og ofmetur því Vistspor þeirra.

Tafla 6.16 Utanríkisverslun með landbúnaðarafurðir

Enskt heiti [-]	Innflutningur [000 t ár <sup>-1</sup> ]	Útflutningur [000 t ár <sup>-1</sup> ]
Apples		3
Bananas		5
Barley		14
Beer of Barley		6

(Framhald)

Bever. Dist.Alc	1	
Beverage Non-Alc	2	3
Bread	1	
Breakfast Cereals	3	
Butter Cow Milk		1
Cabbages and other brassicas	1	
Cake of Soybeans	11	
Carrots and turnips	1	
Cereal Preparations, Nes	1	
Chillies and peppers, green	1	
Chocolate Prsnes	2	
Coffee Roasted	2	
Coffee, green	1	
Fat Prep Nes	1	
Feed Supplements	1	
Flour of Oilseeds	1	
Flour of Rye	1	
Flour of Wheat	3	
Food Prep Nes	8	
Food Wastes	3	
forage Products	1	
Frozen Potatoes	3	
Fruit juices, Nec	1	
Fruit,Nut,Peel, Sugar Prs	2	
Gluten Feed&Meal	15	
Grapes	2	
Lettuce and chicory	2	
Macaroni	1	
Maize for forage and silage	22	
Malt	2	
Mixes and Doughs	2	
Molasses	2	
Oil Boiled Etc	1	
Onions (inc. shallots), green	2	
Oranges	2	
Oranjucice Concentrated	2	
Other melons (inc.cantaloupes)	1	
Pastry	5	
Pears and Quinces	1	
Pepper (Piper spp.)	1	
Pet Food	2	
Potatoes	1	
Rapeseed oil	1	
Rice, Milled	1	
Sheep meat		1
Skins With Wool Sheep		1
Soybean oil	2	
Strawberries	1	
Sugar Confectionery	1	

(Framhald)

Sugar, refined	11	
Tangerines, mandarins, clem.	1	
Tomatoes	1	
Veg.Prep. Or Pres.Frozen	2	
Vegetable Frozen	1	
Vegetables in Vinegar	1	
Watermelons	1	
Waters,Ice Etc		5
Wheat	14	
Wine	3	

### 6.9.2 Framleiðsla á landbúnaðarvörum

Á Íslandi var mest var ræktað af byggi 9,773 tonn, kartöflum 7,250 tonn, gulrótum 1,168 tonn og gúrkum 1,147 tonn. Stærsta landsvæðið fór undir ræktun á byggi 2,800 hektarar og kartöflum 700 hektarar.

Tafla 6.17 Framleiðsla landbúnaðarafurða

Tegund [-]	Landsvæði [ha]	Framleiðsla [t ár <sup>-1</sup> ]
Bygg	2,800	9,773
Hvítkál	35	508
Gulrætur	62	1,168
Blómkál	10	44
Paprika	1	126
Agúrkur	3	1,147
Sveppir	0	438
Kartöflur	700	7,250
Tómatar	4	1,508

Tölurnar koma úr gögnum Bændasamtakanna (Magnús Ágústsson, persónulegar upplýsingar 22. des. 2009). Hér vantar nokkrar af minni tegundum og má gera ráð fyrir að það sé vegna þess að ræktunin er í svo litlu magni að hún er vart teljanleg.

Tölur um kornrækt koma frá Ólafi Eggertssyni á Þorvaldseyri (persónulegar upplýsingar, 13. Jan. 2010). Tölur um sveppi frá Tjörva Bjarnasyni hjá Bændasamtökunum (persónulegar upplýsingar, 13. jan. 2010).

### 6.9.3 Framleiðni

Mesta framleiðni á landsvísu hafa sveppir 1,460 tonn á hvern hektara, gúrkur 458.80 og tómatar 342.73. Minnsta framleiðni hafa bygg 3.49 tonn á hvern hektara og blóm- og spergikál 4.4 tonn á hektara.

Mesta framleiðni á heimsvísu hafa sveppir 250.75 tonn á hvern hektara og minnsta hefur vanilla 0.13 tonn á hektara.

Af þeim landbúnaðarvörum sem eru framleiddar á Íslandi hefur bygg stærsta Vistsporið 10,290 jarðhektara, næst koma kartöflur með 1,130. Minnsta Vistsporið hafa sveppir 5 jarðhektara.

## 6.10 Líffræðileg geta landsins

Líffræðileg geta stendur fyrir stærð svæða sem hafa líffræðilega framleiðni innan landamæra þjóðar. Líffræðileg geta er reiknuð fyrir allar landgerðir sem Vistsporið tekur til nema kolefnisjöfnunarlands enda er gert ráð fyrir því í aðferðafræðinni að öll kolefnisupptaka fari fram í skógum og því væri skóglendi tvítalið ef það væri einnig talið sem kolefnisjöfnunarland.

Mesta líffræðilega getu af svæðum Íslands hefur sjórinn 5,114,496 jarðhektara, því næst er ræktað land með 1,264,955 jarðhektara. Minnsta líffræðilega getu hefur kjarr 7,357 jarðhektara það er í raun undirflokkur undir beitolandi. Af landgerðunum hefur skóglendi minnstu líffræðilegu getuna 7,911 jarðhektara.

Tafla 6.18 Líffræðileg geta

Landgerð [-]	Landsvæði [hektarar]	Framleiðnistuðull [landsfr./heimsfr.]	Jöfnunarstuðull [heimsfr. jarðha-1]	Líffræðileg geta [jarðhektarar]
Ræktað land	381,900	1.25	2.64	1,264,955
Beitoland	130,300	0.49	0.50	31,847
Kjarr	30,100	0.49	0.50	7,357
Skóglendi	31,373	0.19	1.33	7,911
Fiskveiðil. Sjór	10,868,300	1.18	0.40	5,114,496
Ár og vötn	204,150	1.00	0.40	81,083
Mannvirki	39,600	1.25	2.64	131,166
Virkjanalón	91	1.00	1.00	91

Annað skóglendi (Other wooded land) er sett í flokk með beitolandi. Það land sem fer undir virkjanalón hefur í raun enga líffræðilega getu heldur sýnir talan einfaldlega það land sem lónin taka).

Vegna skorts á upplýsingum um framleiðni stöðu- og straumvatna er framleiðnifastinn settur 1 og þannig gert ráð fyrir að framleiðnin sé sú sama alstaðar í heiminum og jöfnunarstuðullinn settur jafn jöfnunarstuðli sjávar og þannig gert ráð fyrir að ár hvert sé sama framleiðni í sjó og í vötnum og ám.

Rétt er að hafa hugfast að hér er líffræðileg geta sýnd með þeim undirflokkum sem eru innan hefðbundinna landgerða svo sem kjarr er tekið sérstaklega út úr beitolandi, virkjanalón úr mannvirkjum o.s.frv.

## 6.11 Niðurstöður

Vistspor íslenskrar framleiðslu er 19,818,564 jarðhektarar, Vistspor innflutnings er 3,250,045 jarðhektarar og Vistspor útflutnings er 6,780,631 jarðhektari. Heildarvistspor neyslu Íslendinga er reiknað eftir jöfnu (6) þar sem innflutningur bætist við framleiðslu og útflutningur er dreginn frá og nemur það 16,799,105 jarðhekturum. Líffræðileg geta er 6,638,906 jarðhektarar.

Tafla 6.19 Vistspor og líffræðileg geta Íslands 2005

Landgerð	Framleiðsla	Innflutningur	Útflutningur	Neysla	Líffr. geta
[-]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]
Ræktað land	16,958	76,337	5,073	88,223	1,264,955
Beitiland	39,204	0	5,281	33,923	39,204
Skóglendi	565	162,651	717	162,499	7,911
Fiskveiðilendur	18,799,634	396,812	2,813,243	16,383,203	5,195,579
Kolefnisjöfnl.	830,946	2,614,244	3,956,318	0	-
Mannvirki	131,240	-	-	131,240	131,257
<b>Samtals</b>	<b>19,818,564</b>	<b>3,250,045</b>	<b>6,780,631</b>	<b>16,799,105</b>	<b>6,638,906</b>

Með því að deila í allar þessar tölur með fólksfjölda búsettum á Íslandi 1. Janúar 2006 (hagstofan.is) fást tölur um meðaltalstölur fyrir hvern íbúa landsins. Fólksfjöldi á Íslandi í byrjun árs 2006 var 299,891 (www.hagstofa.is). Talan sem notuð er í þessari rannsókn er námunduð að 300,000 að hætti Global Footprint Network. Með þessu verður Vistspor framleiðslu á hvern íbúa 66.06 jarðhektarar, innflutnings 10.83, útflutnings 22.60 og heildarvistspor neyslu 56.00 jarðhektarar á hvern Íslending árið 2005 á meðan líffræðileg geta er 22.13.

Tafla 6.20 Vistspor og líffræðileg geta á hvern Íslending 2005

Landgerð	Framleiðsla	Innflutningur	Útflutningur	Neysla	Líffr. geta
[-]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]	[jarðhektarar]
Ræktað land	0.06	0.25	0.02	0.29	4.22
Beitiland	0.13	0.00	0.02	0.11	0.13
Skóglendi	0.00	0.54	0.00	0.54	0.03
Fiskveiðilendur	62.67	1.32	9.38	54.61	17.32
Kolefnisjöfnl.	2.77	8.71	13.19	0.00	0.00
Mannvirki	0.44	-	-	0.44	
<b>Samtals</b>	<b>66.06</b>	<b>10.83</b>	<b>22.60</b>	<b>56.00</b>	<b>22.13</b>

Vistfræðilegur afgangur er enginn en þjóðin neytir 10,160,200 jarðhekturum meira en landið gefur af sér. Hlutfallslega er það 2.53 sinnum meira.

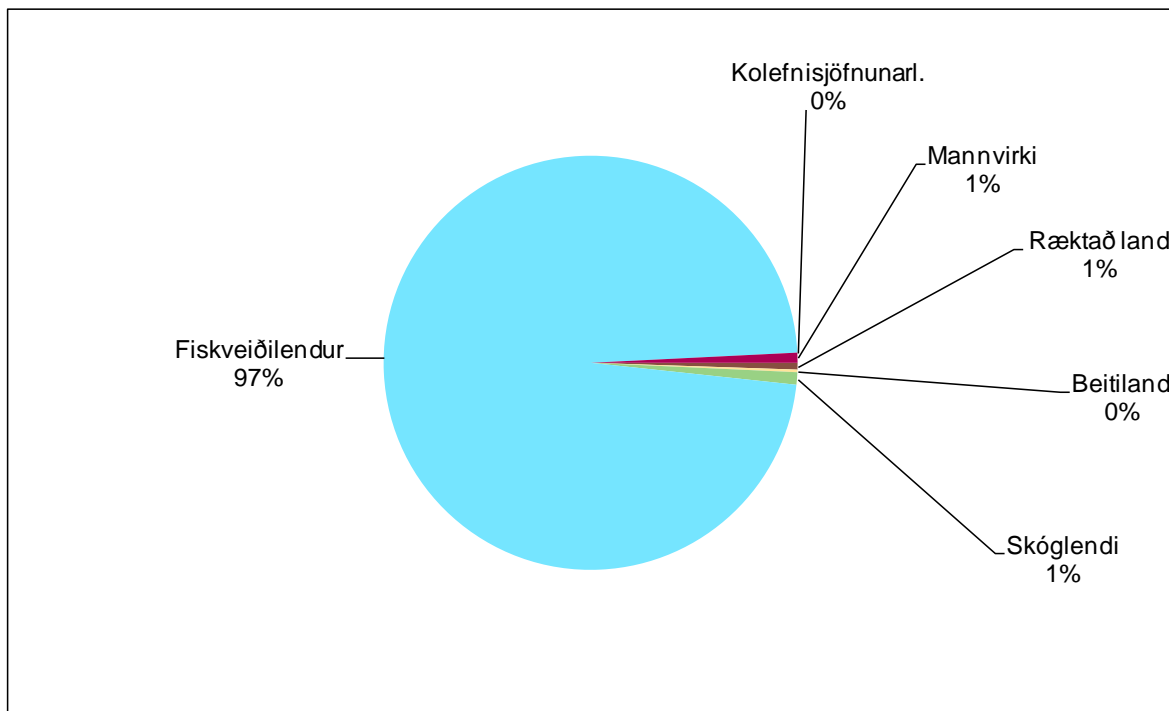
Útflutningur er 3,530,586 jarðhekturum meiri en innflutningur.

Ef neysla allra jarðarbúa væri í samræmi við Íslendinga þyrfti 27.14 jarðir (hnetti) til að standa undir neyslunni.

Tafla 6.21 Ísland - jörðin samanburður á ýmsum þáttum Vistsporsins

	Ísland [jarðhektarar]	Jörðin [jarðhektarar]
Vistfræðilegur afgangur	-10,160,200	-4,082,670,718
Vöruskiptajöfnuður (útlfl. Negatífur)	-3,530,586	Á ekki við
Vistspor á hvern á mann	56.00	2.69
Líffræðileg geta á mann	22.13	2.06
Hlutföll neyslu á móti getu	2.53	1.31
Fjöldi jarða sem þyrfti til að allir gætu lífað eins og Íslendingar	27.14	Á ekki við

Skipting Vistsporsins eftir landgerðum er þannig: Fiskveiðilendur; 97%, mannvirki 1%, beitiland 1% og ræktað land 1%. Hluttur beitilands og kolefnisjöfnunarlands er svo lítilill að hann mælist ekki.



Mynd 6.1 Hlutföll landgerða



## 7 Umræður

Hér verður stiklað á stóru í gegnum mælinguna á Vistspori Íslands og einstaka atriði rædd nánar. Þetta eru atriði sem athygli vekja fyrir einhverjar sakir. Almennt eru niðurstöður Vistsporsins ræddar útfrá stærð þess á hvern einstakling þjóðar og verður það gert hér eftir með fáeinum undantekningum þar sem sýndar verða tölur miðað við neyslu þjóðarinnar.

### 7.1 Vistspor mannvirkja

Vegna fólksfæðar miðað við stærð landsins er Vistspor mannvirkja ekki stórt aðeins 0.44 jarðhektarar. Stærð þess svæðis sem mannvirki þekja er aðeins 39,600 ha (Corine2006) og eru öll mannvirki landsins þar meðtalin nema örfá af smæstu bæjarfélögum landsins en þau hefðu engin afgerandi áhrif á útkomuna (Kolbein Árnason, persónulegar upplýsingar 8. mar. 2010). Á landinu er ekkert svæði nógu þéttbyggt til að flokkast undir þéttbýli samkvæmt Corine2006.

Færa mætti rök fyrir því að aðlaga þyrfti reikningana að íslenskum aðstæðum á þann hátt að ekki væri gert ráð fyrir því að það væri ræktað land sem hyrfi undir mannvirki vegna þess hve hrjóstrugt Ísland er. Þannig mætti hugsanlega miðað við framleiðni beutilands og lækka þannig framleiðnifasta landgerðarinnar úr 1.25 í 0.49. Þessi breyting myndi lækka Vistspor mannvirkja úr 0.44 í 0.17 jarðhektara á mann.

Þegar kemur að mælingu á Vistspori virkjanalóna væri hægt að nota rauntölur yfir landsvæði sem fer undir lónin í stað þeirrar áætlunar sem hér er sett fram miðað við orkuframleiðslu íslenskra virkjana, eins og aðferðafræðin segir til um enda ágætar tölur til í landinu yfir þetta.

Þessi breyting ein og sér myndi þó ekki hafa mikil áhrif á heildarvistsporið því þó Vistspor virkjanalóna færi úr 91 jarðhektara í 24,800 breytist Vistspor mannvirkja aðeins úr 0.44 jarðhekturum í 0.50 jarðhektara á mann.

Væru báðar breytingarnar gerðar; miðað væri við að land sem hefur horfið undir mannvirki hefði haft framleiðni beutilands og notaðar væru rauntölur yfir það svæði sem er undir virkjanalónum yrði Vistspor mannvirkja 0.25 jarðhektarar á hvern þegn landsins sem hefði þau áhrif að heildarvistsporið lækkar úr 56.00 í 55.81.

Notkun á rauntölum fyrir virkjalón er óyggjandi betrubót á mælingunni og myndi hljóta náð fyrir augum hugmyndasmiða aðferðafræðinnar (Anders Reed, persónulegar upplýsingar 25. mar. 2010). Breyting á framleiðnifasta er hinsvegar ekki eins augljóslega réttara og þyrfti því frekari rannsóknar við á því hverskonar land hefur horfið undir mannvirki á Íslandi. Notkun á rauntölum fyrir það svæði sem hverfur undir virkjanalón hækkar Vistspor Íslands en breyting á framleiðnifasta lækkar það.

Hafa ber í huga að rannsóknin byggir á tölum frá 2005 og er Háslón því ekki inni þessum tölum um svæði sem hverfa undir virkjanalón. Ljóst er að með tilkomu Háslóns hefur þessi tala stækkað svo um munar.

Ekki er reiknaður inn- og útflutningur á mannvirkjum. Tekið er fram í *Guidebook to the National Footprint Accounts 2008* að í raun sé land sem flokkast undir mannvirki flutt milli landa td. þar sem verksmiðja framleiðir vörur til útflutnings þá sé í reynd verið að flytja það land sem verksmiðjan stendur á út. Þetta ofáætla Vistsporið hjá útflutningsþjóðum og vanáætla Vistsporið hjá innflutningsþjóðum (Kitzes et al, 2008). Hvernig þetta kemur við Ísland er erfitt að segja þar sem við erum stórtæk á báðum sviðum.

Engin líffræðileg geta er sýnd fyrir landgerðina en aðferðafræðin setur líffræðilega getu mannvirkja jafna neyslu (Kitzes et al, 2008).

## 7.2 Kolefnisspor

Hjá vestrænum ríkjum er kolefnisspor iðulega um helmingur af heildarvistspori þjóðarinnar (Ewing et al, 2008). Miðað við þessa mælingu á Vistspori Íslands sem fylgir nákvæmlega eftir forskrift aðferðafræðinnar er þetta alls ekki reyndin fyrir Ísland. Miðað við þetta hefur Ísland ekkert kolefnisspor. Þetta kemur til vegna þess að Vistspor útflutnings er hærra samanlögðu Vistspori framleiðslu og innflutnings en samkvæmt jöfnu (6) dregst útflutningur frá samtölu innflutnings og framleiðslu og gefur Vistspor neyslu.

Vistspor framleiðslu er hér 2.77 jarðhektarar á mann en það er fyrir heildarlosun á koldíoxíði á hvern þegn árið 2005. Vistspor innflutnings er 8.71 og útflutnings 13.19. Þessar tölur ná yfir koldíoxíð sem losnar við framleiðslu á vörum sem fluttar eru inn og út.

Tala um heildarlosun koldíoxíðs er auðfengin út tölum Hagstofunnar en erfiðara er að áætla þá losun sem átti sér stað við framleiðslu á vörum utanríkisverslunar. Sú losun er samkvæmt aðferðafræðinni áætluð miðað við meðalkoldíoxíðlosun orkuframleiðslu jarðar. Eðlilegt er að gera slíka áætlun fyrir vörur sem fluttar eru inn enda geta þær komið víða að og því framleiddar við mismunandi skilyrði og með ólíkum orkugjöfum. Þegar kemur að útflutningi vandast málið. Ísland notar mun vistvænni orkugjafa til rafmagnsframleiðslu og húshitunar en gengur og gerist í heiminum og þegar við áætluð koldíoxíðlosun íslenskrar framleiðslu með meðalgildum fyrir jörðina alla verður þessi niðurstaða mjög skökk. Hjá Global Footprint Network stendur til að gera breytingar á þessu svo aðferðin gefi skýrari mynd af orkuframleiðslu ólíkra landa (Anders Reed, persónulegar upplýsingar 25. mar. 2010) og er stefnt að því að reikningar samtakanna fyrir árið 2010 muni taka mið af þessu.

Til að gera bót á þessu í þessari mælingu þarf að endurreikna Vistspor útflutnings miðað við losun orkuframleiðslu hér. Samkvæmt bæklingi Landsvirkjunar *Kolefnisspor*

*Landsvirkjunar – Loftslagsbókhalld 2007* (Harpa Birgisdóttir, 2008) losna 5.95 tonn af koldíoxíði við hverja framleidda gígavattstund.<sup>15</sup>

Með þessari breytingu lækkar Vistspor útflutnings úr 13.19 í 0.16. Kolefnisspor Íslands verður því 11.33 í stað 0.

Athygli vekur að ál og fiskur ráða í sameiningu nánast öllu Vistspori útflutnings á kolefnisjöfnunarlandi Íslands.

Rétt er að hafa í huga að hin innbyggða orka (embodied energy) sem Global Footprint Network reiknar út fyrir vörur sem flytjast á milli landa er reiknað út með lífsferilsgreiningu (LCA) með öllum þeim óvissuþáttum sem slíkum greiningum fylgja.

Þá gætu vaknað spurningar um þetta ferli þegar kemur að millilandaflutningum; er hér um tvítalningu að ræða? Er losunin fyrst reiknuð inní lífsferilsgreininguna og svo aftur þegar varan er flutt milli landa? Þetta er þó ekki raunin því að lífsferilsgreiningin er aðeins gerð upp að því marki að farið er að versla með vöruna það er að segja þar til kemur að flutningum.

## 7.3 Vistspor fiskveiða

Miðað við mælingu á Vistspori Íslands án breytinga með tilliti til íslenskra aðstæðna ræður Vistspor fiskveiða langmestu og er það 97% af heildinni. Líffræðileg geta fyrir fiskveiðilendur Íslendinga er samkvæmt aðferðafræðinni 17.32 jarðhektarar á meðan við virðumst vera að nýta 54.61 jarðhektara á mann. Þetta þýðir vistfræðilegan skort uppá 37.29 jarðhektara á mann fyrir þessa einu landgerð. Niðurstöðurnar virðast því vera að benda á stórtæka rányrkju á íslenskum fiskimiðum.

Hér er þó að ýmsu að huga. Eitt er það sem gert er í þessum útreikningum sem kemur illa við íslensku mælinguna en það viðkemur villu í aðferðafræðinni og verður nú gert grein fyrir henni í stuttu máli og áhrifum hennar á Vistspor Íslands.

Þegar tekin er fyrir framleiðni ýmissa fisktegunda jarðar í útreikningunum fær íslenski þorsstofninn (Atlantic cod, *Gadus morhua*) framleiðnina 0.01. Þetta kemur til vegna þess hve hann er ofarlega í fæðukeðjunni miðað við áætlanir Froese og Pauly (2008). Þrepið er sett á 4.42 sem gerir það að verkum að þorskurinn þarf 370.94 tonn af frumframleiðendum til að ná upp tonni af eigin lífmassa (votvigt)<sup>16</sup>.

Til samanburðar má nefna að loðnan lendir í þrepi 3.35 og þessi munur á þrepum

---

<sup>15</sup> Talan er fyrir árið 2007. Hún inniheldur einnig losun á metani en undanskilur koldíoxíðlosun vegna reksturs orkuvera svo sem við flug, akstur og þessháttar. Þessar tölur eru smávægilegar hlutfallslega auk þess sem mælingar Landsvirkjunar á losun vegna reksturs var ekki mjög nákvæm á þessum tíma. Þar sem aðferðafræði Vistsporsins tekur ekki til koldíoxíðlosun vegna landbreytinga er engin losun skráð á vatnsaflsvirkjanir og nær talan því eingöngu til losun jarðvarmavirkjana.

<sup>16</sup> Samanber jöfnu (8).

lífkeðjunnar gerir það að verkum að loðnan þarf 31.93 tonn kolefnis frumframleiðenda til að ná upp tonni af eigin lífmassa og fær því framleiðnina 0.13. Framleiðnitalan ræður miklu um stærð Vistsporsins sem sést vel á því að þorskur með framleiðnitöluna 0.01 fær Vistspor uppá 7,364,769 jarðhektara fyrir 212,456 tonn. Loðna sem er næstum þrisvar sinnum þyngri eða 605,060 tonn fær Vistspor sem er næstum fjórum sinnum minna eða 1,805,693 jarðhektarar.

Af þessu má sjá hversu viðkvæmar mælingar þetta eru og hversu miklu máli skiptir hvar tegundir eru settar í fæðukeðjunni.

Þetta veldur því skekkju þegar seinna í útreikningunum nokkrum mismunandi stofnum þorsks er skellt saman undir einn lið og þeir settir á sama þrep fæðukeðjunnar í hrópandi mótsögn við aðferðir Froese og Pauly (2008). Þrepíð sem hinir ólíku stofnar eru settir á er þrep grænlenka stofnsins (Greenland cod, *Gadus ogac*) sem er það lægsta innan stofnanna eða 3.59. Þetta hefur þær afleiðingar að nú hafa allir stofnarnir sömu framleiðnitölu eða 0.08. Eins og áður kom fram er rétt framleiðnitala fyrir íslenska þorskinn 0.01 samkvæmt aðferðum Froese og Pauly (2008). Má gera ráð fyrir að með þessu séu hugmyndasmiðir aðferðafræðinnar að reyna frekar að vanmeta Vistsporið en ofmeta það. Vandinn er bara sá að fyrir útflutningsþjóðir eins og Ísland hefur þetta þveröfug áhrif. Hærri framleiðnitala þýðir smærra Vistspor og smærra Vistspor í útflutningi sem kemur til frádráttar samkvæmt jöfnu (6) þýðir það stærra Vistspor.

Erfitt er að segja af hverju hugmyndasmiðirnir kjósa að gera þetta svona en líklega er hér um einhverskonar hagræðingu sem á svo að jafnast út miðað við að þjóðin sé að veiða ólíkar tegundir auk þess sem innflutningur vegur upp á móti útflutningi o.s.frv. Þetta hefur þó verið leiðrétt núna í aðferðafræðinni (Anders Reed, persónulegar upplýsingar 25. mar. 2010) og útreikningar Global Footprint Network fyrir 2010 munu ekki innihalda sömu skyssu.

Sömu sögu er að segja af lúðu en framleiðnitala hennar hækkar úr 0.01 í 0.02 með tilheyrandi lækkun á útflutningsvistspori og þar af leiðandi hækkun á heildarvistspori Íslendinga.

Þetta réttist eitthvað af vegna innflutnings en hann er þó mun minni en útflutningur svo skekkjan hallar mjög á Íslendinga.

Þessi hækkun á framleiðnitölu fyrir þorsk gerir það að verkum að hann fær Vistspor uppá 581,145 jarðhektara fyrir 113,928 tonn á meðan ufsi fær stærra Vistspor 627,246 fyrir aðeins 15,050 tonn en engin breyting verður á framleiðnitölu ufsa en hún er 0.01.

Með leiðréttingu á þessum framleiðnitölum fyrir þorsk og lúðu lækkar Vistspor fiskveiða úr 54,61 í 44,40 jarðhektara.

Af þessu má sjá að þetta eru afar viðkvæmir reikningar og litlar villur eða áætlanir eins og þessi geta skekkt myndina mikið.

Þetta skýrir líka hinn mikla mun á Vistspori framleiðslu; 18,799,634 jarðhektarar og Vistspori útflutnings; 2,813,243 jarðhektarar þrátt fyrir að um helmingur alls afla sem veiddur er við Ísland sé fluttur út (hagstofan.is). Þegar þetta er leiðrétt minnkar þetta bil til muna og Vistspor útflutnings hækkar í 6,388,483 jarðhektara. Þrátt fyrir að hér sé ekki um

helming framleiðsluvistsporsins að ræða skýrist það sem uppá vantar væntanlega af slógi og úrgangi sem ekki nýtist auk þyngdar sem tapast við þurrkun. En þar er auðvitað annað atriði sem aðferðin nær ekki yfir og hlýtur að skekkja myndina, sérstaklega hjá útflutningsþjóðum eins og Íslendingum. Það þyngdartap sem verður við vinnslu á fiski kemur ekki inn sem frádráttur í útflutningi nema að litlu marki því ekki er alstaðar gerður greinarmunur á heilum fiski og flökuðum og svo framvegis. Komandi rannsóknir geta því bætt þennan hluta frá þessari rannsókn þar sem hér eru notaðar tölur yfir útflutning eftir vörflokkum en nákvæmari tölur er hægt að finna td. hjá Hagstofunni. Þær myndu mögulega leiðrétta þetta að einhverju leyti.

Þá þarf einnig að huga vel að því í komandi rannsóknnum á Vistspori Íslands hvar fisktegundir sem ekki eru tilteknaðar í aðferðum Vistsporsins eru flokkaðar. Þannig er ekki gert sérstaklega ráð fyrir loðnu í útflutningshluta Vistsporsins og þarf því að setja hana í annan flokk. Hér var hún sett í flokk með síld. Þessu þarf þó að huga vel að og mögulega er önnur tegund svo sem makrill nær loðnu í fæðukeðjunni og því með líkari framleiðnitölu. Þar sem þessar tegundir hafa marga stofna þarf að skoða þetta vel.

Annað atriði sem þarf að taka til nánari athugunar í komandi rannsóknnum af þessu tagi er að aðeins er miðað við landgrunn í mælingum á Fótsporinu. Hérlandis eru þó stórir stofnar eins og loðnan að mestu veiddir í úthöfum auk veiða í landhelgi annarra ríkja. Þetta bendir auðvitað til meira álags á hvern hektara landgrunns en reyndin er. Aftur hallar hér á Íslendinga og gæti þetta útskýrt að einhverju leyti af hverju Ísland fær svona gríðarstórt Fótspor fyrir fiskveiðilendur. Hinsvegar eru upplýsingar um hversu stór hluti aflans veiðist á landgrunninu ekki auðfengnar og er helsta ástæða þess að hugtakið “landgrunn” er í raun ekki notað í fiskveiðistjórn Íslendinga. Svæði eru því ekki afmörkuð eftir því og þar af leiðir að mikil vinna felst í að áætla hvað veiðist á landgrunni og hvað ekki. Ef ekki kemur til breytinga á hvernig Fótspor fiskveiða er reiknað út er þetta verðugt rannsóknarefni fyrir komandi rannsakendur af Fótspori Íslands. Vegna þess hve umfang veiða okkar er mikið getur þetta haft mikil áhrif á lokaniðurstöðuna.

Á vef Fiskistofu má finna gögn um úthafsveiðar Íslendinga og þó sama gildi um þau að ekki er tekið mið af landgrunni þegar talað er um úthöf má þó hugsanlega fá einhverja hugmynd um hvaða áhrif þetta hefur niðurstöðurnar.

Þar sem aðferðafræðin gerir ráð fyrir að allar veiðar fari fram á landgrunninu í kringum landið er líffræðileg geta eingöngu reiknuð miðað við það. Þetta þýðir að ekki er gert ráð fyrir veiðum utan landgrunnsins. Ef úthafsveiðar þær sem koma frá á vef Fiskistofu eru dregnar frá áður uppgefnum afla fyrir viðkomandi tegundir má reyna að fá hugmynd um hversu mikið ofmatið á Vistsporinu er af þessum sökum. Tegundirnar sem hér um ræðir eru loðna; 44,404 tonn, norsk-íslensk síld; 156,466 tonn, Kolmunni; 265,515 tonn og úthafskarfi; 16,019 tonn.

Þegar þessar tölur eru dregnar frá heildinni og sama hlutfall afla dregið frá útflutningstölum lækkar neysluvistspor Íslendinga vegna fiskveiða um 12.84 jarðhektara.

Ef þetta er tekið með áður nefndri breytingu á framleiðnitölum fyrir þorsk og lúðu er lækkunin úr 54.61 í 30.18 jarðhektara.

Aðferðafræðin gerir einnig ráð fyrir því að fyrir hvert veitt tonn sé 0.27 tonnum kastað fyrir borð. Þetta er byggt á grein Pauly og Christensen (1995) *Primary production*

*required to sustain global fisheries.* Ekki fundust ítarlegar íslenskar tölur yfir þetta fyrir þessa rannsókn en í fjölriti Hafrannsóknarstofnunar nr. 94 *Mælingar á brottkasti botnfiska 2002* kemur fram að brottkast á þorski árið 2002 var um 1% af lönduðum afla og ýsu um 4.9%. Brottkast á ufsa og gullkarfa var vart merkjanlegt (Pálson et al, 2003). Þessar tölur er augljóslega mun lægri en notaðar eru hér og myndu því hafa stór áhrif til að lækka Vistspor fiskveiða. Ef fastinn er lækkaður úr 1.27 í 1.03, sem einhvern milliveg á milli þorsks og ýsu, lækkar Vistspor fiskveiða úr 54.61 í 44.32 jarðhektara á mann. Þetta skiptir augljóslega gríðar miklu máli og þyrfti rannsaka sérstaklega fyrir næstu rannsókn á Vistspori Íslands.

Veiðar úr vötnum og ám veða ekki þungt í Vistspori fiskveiða. Aðeins um 1,675 jarðhektarar fara í þær sem skiptast svo á milli allra Íslendinga og gera um 0.006 jarðhektara á mann.

## 7.4 Vistspor skóglendis

Fótspor skóglendis nemur einu prósentustigi af heildafótspori Íslands. Þetta er eingöngu vegna innflutnings á skógarafurðum. Hvort tveggja framleiðsla og útflutningur er í svo litlum mæli að þessir liðir mælast ekki. Hinsvegar er athyglivert að þó innflutningur hafi Fótspor uppá eingöngu 0.54 jarðhektara á mann fyrir árið býr landið þó við vistfræðilegan skort fyrir árið 2005 þar sem líffræðileg geta skóglendis á Íslandi er aðeins 0.03 jarðhektarar á mann fyrir árið.

Þó er rétt að veita því athygli að til að gæta samræmis við aðferðir Global Footprint Network notast ég við ForesSTAT gagnabankann frekar en tölur Hagstofu Íslands í þessu tilviki. Í raun ber þessum tölum saman en miðað við tölur Hagstofunnar er ýmislegt sem ekki er tiltekið. Gera má ráð fyrir að það sama gildi fyrir aðrar þjóðir vegna þess hvernig útreikningarnir eru uppsettir og því tel ég affarsælast að undanskilja þær tölur sem falla utan þeirra liða sem aðferðin tiltekur.

Af þessum sökum mælist útflutningur á pappír og pappa mun minni en hann er sýndur í gögnum Hagstofu Íslands. Þar mælist allur útflutningur á pappír og pappa 1,385.4 tonn en hingað inn ná aðeins 656 tonn. Utangarðs fellur einnig “úrgangur og rusl úr pappír eða pappa” sem nemur 12,280.9 tonnum. Hér er væntanlega um að ræða innfluttan pappa og pappír sem svo er fluttur út aftur til endurvinnslu.

Allt þetta myndi minnka Fótspor Íslands vegna þess að útflutningur kemur til frádráttar. Sérstaka athygli vekur að endurvinnslan er ekki talin landinu til tekna og verður það að teljast gegn anda vísisins.

Í innflutningi vantar á sama hátt um 20,000 tonn af pappírsvörum miðað við tölur Hagstofunnar. Þar nemur heildarútflutningur á pappír 59,224 tonnum en miðað við þá flokka sem hér eru gefnir aðeins 38,673.

Ef gert væri ráð fyrir þessum pappír og pappa í mælingunni myndi það þó lítil sem engin áhrif hafa á útkomuna þar sem breytingarnar núllast út vegna þess hve tölurnar sem vantar í inn- og útflutning eru svipaðar

## 7.5 Vistspor beitolands

Hlutur beitolands í heildarvistspori Íslands er svo rýr að hlutfallslega nær hann ekki einu prósentustigi og skráist því núll.

Líffræðileg geta fyrir beitoland er 0.13 jarðhektarar á hvern Íslending á ári og er framleiðsluvistsporið nákvæmlega það sama. Innflutningur er svo lítill hér að hann mælist ekki. Hinsvegar dregst útflutningur á smjöri uppá 0.02 jarðhektara frá og neysluvistsporið er því 0.11. Þegar kemur að beitolandi eiga Íslendingar því vistfræðilegan afgang. Útflutningur á lambakjöti og ull nær ekki hér inn vegna þess að framleiðnitölur vantar fyrir sumar af afleiddu vörunum og eru þessar afurðir þar á meðal. Þetta kemur til vegna skorts á stuðlum sem notaðir eru við útreikningana og er Global Footprint Network að vinna í að afla þeirra (Anders Reed, persónulegar upplýsingar 26. apr. 2010). Þetta veldur því að Vistsporið sýnist herra því útflutningur kemur til frádráttar.

Reyndar virðist þetta ekki vera eina ástæðan fyrir því að útflutningur á lambakjöti nær ekki inn heldur lítur út fyrir að það sé smávægileg villa í merkingu á flokki sem veldur því að kjötið skráist ekki alstaðar. Sé þetta leiðrétt hækkar útflutningsvistsporið úr 0.02 í 0.03 og neysluvistsporið lækkar því úr 0.11 í 0.10 jarðhektara.

Aðferðafræði Vistsporsins lítur svo á að framleiðni beitolands nái til allrar frumframleiðni sem á sér stað ofanjarðar á hverju ári og því sé ekki hægt að arðræna beitoland sé litið til langs tíma. Af þessum sökum er Vistspor framleiðslu beitolands aldrei sýnt stærra líffræðilegri getu (Ewing et al, 2008).

Þetta er í raun ástæða þess að Íslendingar eiga vistfræðilegan afgang hér. Ef ekki væri gert ráð fyrir þessu væri Vistspor framleiðslu 0.66 en vegna þess að líffræðileg geta beitolands er aðeins 0.13 fær framleiðsluvistsporið sama gildi. Þetta þýðir það að ef aðferðafræðin hefur rétt fyrir sér og ekki var hægt að nýta meira en 0.13 jarðhektara á mann árið 2005 eru útreikningarnir ekki að ná að gera grein fyrir 0.44 jarðhekturum sem hljóta þá að vera mettir með öðrum fódurtegundum en óslegnu grasi.

Ástæðan fyrir þessu getur þó einfaldlega verið sú að hér vantar inn stærsta hluta alls lands sem nýtt er til beitar á landinu vegna þess að Corine tekur aðeins til beitoland sem er í kringum sveitabæi, girt eða afmarkað með öðrum hætti (Ingvar Árnason og Matthías Ingvarsson, 2009). Því má segja að aðferðin gefi mjög takmarkaða mynd af ástandi mála þegar kemur að beit. Nánast ómögulegt er að fullyrða nokkuð um hvort við erum nærri eða fjarri sjálfbærni í þessum flokki vegna þessa. Auðvitað má einnig færa rök fyrir því að jafnvel þó við hefðum réttar tölur yfir líffræðilega getu beitolands þá segir aðferðin okkur afar lítið um hvort nýting einstakra svæða sé sjálfbær eður ei eins og van der Bergh og Verbruggen (1999) kvarta einmitt yfir.

Aðferðafræðin gerir heldur ekki ráð fyrir minnka- og refabúskap og þeir 36,709 minnkar og refir sem voru skráðir í búum teljast því ekki með. Stofn íslensk búfenaðar er því skráður hér einhverju minni en hann í raun var árið 2005. Þetta gerir það að verkum að fódurþörfin er vanáætluð og þá Vistsporið um leið. Það sama gildir þó um aðrar slíkar mælingar svo samræmis er gætt.

Monfreda et al (2008) kvarta yfir því að erfitt sé að fá áreiðanlegar tölur yfir uppskeruafganga sem notaðir eru í fóður en þetta snertir íslensku mælinguna þó ekki þar sem þær uppskerutegundir sem Vistsporið tekur fyrir eru ekki ræktaðar á landinu.

## 7.6 Vistspor ræktaðs lands

Vistspor ræktaðs lands nemur einu prósentu af heildarvistspori Íslands fyrir árið 2005. Líffræðileg geta er 4.22 jarðhektarar en framleiðsluvistsporið aðeins 0.29, þar af 0.25 fyrir innflutning, 0.06 í framleiðslu og 0.02 fyrir útflutning sem kemur til frádráttar. Þetta segir að Íslendingar búa við vistfræðilegan afgang uppá 3.93 jarðhektara.

Þetta segir þó ekki alla söguna því eins og með útflutning á lambakjöti og ull vantar hér framleiðnitölur fyrir talsvert af vörum sem fluttar eru á milli landa og skeykir það því þessa mynd. Þar sem innflutningur er mun meiri en útflutningur í þessari landgerð má gera ráð fyrir að Vistsporið ætti að vera stærra en tölurnar sýna. Allar mælingar sem gerðar voru af Global Footprint Network fyrir árið 2005 munu þó væntanlega búa við sama skort á framleiðnitölum og því gefur mælingin rétta mynd í samanburði við önnur lönd. Eins og áður kom fram er þetta hlutur sem unnið er í að bæta hjá samtökunum (Anders Reed, persónulegar upplýsingar 26. apr. 2010). Þá er einnig margt sem ekki kemur inn hér því inn- eða útflutningur á viðkomandi vörum nær ekki þúsund tonnum.

Framleiðnifasti ræktaðs lands á Íslandi er hærri meðaltali á heimsvísu eða hærri en einn. Mestu ræður hér um framleiðsla á byggi enda hefur framleiðsla þess mesta umfangið. Það er athyglivert að framleiðni byggs á Íslandi virðist því meiri en að meðaltali á jörðinni. Líklega má rekja ástæður þessa til þess að stórir byggframleiðendur á borð við USA, Kanada og Rússland nota gjarnan minni áburð en notaður er hér, þar sem hagkvæmara er að nota stór landsvæði undir ræktunina en spara í áburðarkostnað. Þá eru víða þurrkar sem draga úr sprettu auk þess sem svæðin og byggtegundirnar eru margbreytilegar. Á Íslandi eru bestu svæðin notuð undir byggækt og ekki er víst að það sé gert alstaðar (Jónatan Hermannsson og Borgar Páll Bragason persónulegar upplýsingar 23. mar. 2010).

Þá má sjá að framleiðni sveppa, tómata og agúrka er mun meiri á Íslandi en á heimsvísu og skýrist það væntanlega af notkun á gróðurhúsum á Íslandi. Reyndar vekja athygli hinar gríðarlega háu framleiðnitölur sem fást í íslenskum gróðurhúsum svo sem á sveppum, gúrkum og tómötum. Samkvæmt þessu fást 1,460 tonn af sveppum á hvern hektara hér á móti 250.75 að meðaltali annarstaðar á jörðinni. Mögulega gefur þetta til kynna að hér séu möguleikar til ábatasams útflutnings en þó er ekki hægt að útiloka að fleiri lönd hafi slíkar framleiðnitölur og jafnvel betri, ef þau lönd sem verstu framleiðnina hafa draga meðaltalið nógu mikið niður.

## 7.7 Niðurstöður með breytingum fyrir íslenskar aðstæður

Ef teknar eru saman þær breytingatillögur sem hér hafa verið nefndar hefur það umtalsverð áhrif á niðurstöður mælinganna. Hér verða sýnd áhrif þess að taka fjórar þessara breytinga



til greina. Þessar fjórar breytingar eru gerðar vegna þess að þær virðast augljóslega færa niðurstöður nær raunverulegu ástandi auk þess sem tölur sem til þarf liggja fyrir. Breytingarnar sem við tökum til eru: Notkun á rauntölum fyrir virkjanalón, leiðrétting á framleiðnitölum fyrir þorsk og lúðu, frádráttur á úthafsveiðum frá Vistspori fiskveiða og notkun á rauntölum fyrir koldíoxíðlosun orkuframleiðslu á Íslandi.

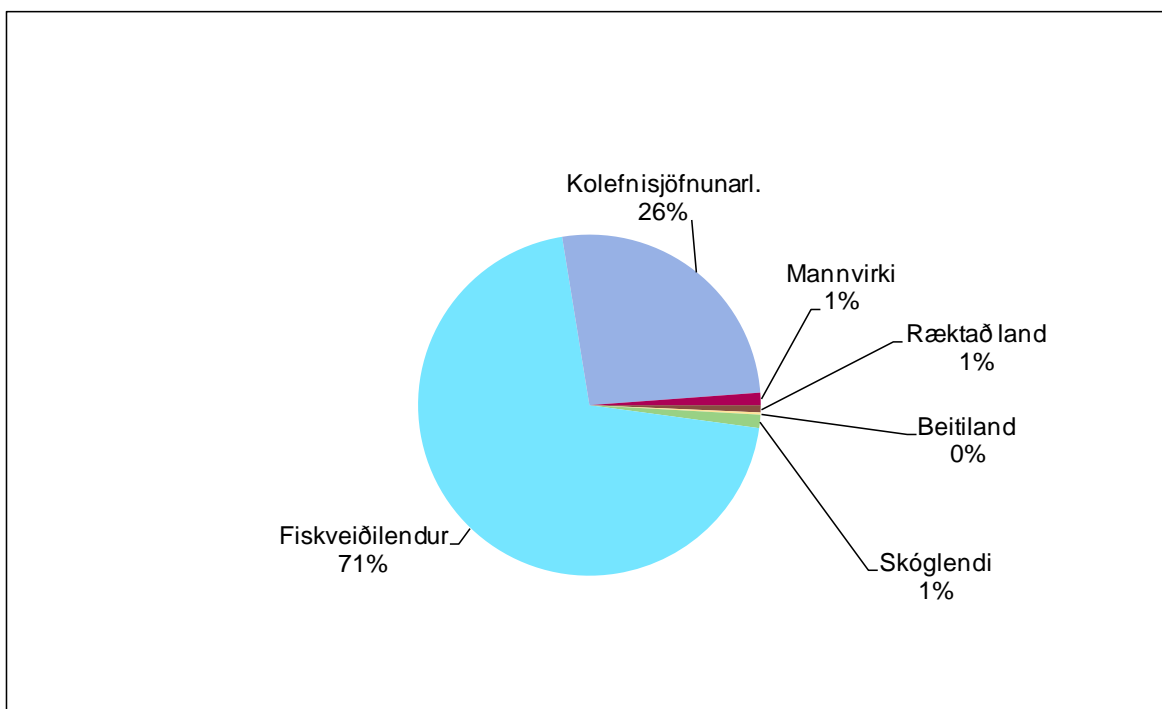
Tafla 7.1 Vistspor Íslands á mann, leiðrétt m.t.t. íslenskra aðstæðna

Landgerð [-]	Framleiðsla [jha á mann]	Innflutningur [jha á mann]	Útflutningur [jha á mann]	Neysla [jha á mann]	Líffr. Geta [jha á mann]
Ræktað land	0.06	0.25	0.02	0.29	4.22
Beitiland	0.13	0.00	0.03	0.10	0.13
Skóglendi	0.00	0.54	0.00	0.54	0.03
Fiskveiðilendur	49.11	1.65	20.58	30.18	17.32
Kolefnisjöfnunarland mannvirki	2.77 0.50	8.71 -	0.16 -	11.33 0.50	0.00
<b>Samtals</b>	<b>52.58</b>	<b>11.16</b>	<b>20.79</b>	<b>42.95</b>	<b>22.20</b>

Hér er Vistsporið komið niður í 42.95 jarðhektara á mann fyrir árið. Mestu munar hér um mikla lækkun á Vistspori fiskveiða sem lækkar úr 54.61 í 30.18. Þetta ræðst helst af tvennu; annarsvegar lækkun á framleiðsluvistspori úr 62.67 í 49.11 og hinsvegar hækkun á útflutningsvistspori úr 9.38 í 20.58. Þá hækkar innflutningur lítillega úr 1.32 í 1.65.

Hin stóra breytingin er hjá kolefnisjöfnunarlandi. Þar hækkar Vistsporið úr 0.00 í 11.33. Þetta ræðst eingöngu af því að útflutningsvistspor hefur lækkað úr 13.19 í 0.16.

Hlutföll landgerðanna hafa einnig breyst í kjölfarið.



Mynd 7.1 Hlutföll landgerða m.t.t. íslenskra aðstæðna

Áfram er það Vistspor fiskveiða sem mestu ræður þó hlutfallið hafi lækkað úr 97% í 71%. Þetta er þó ennþá grunsamlega hátt hlutfall og 30.19 gríðarlega stórt Vistspor og eitt og sér stærra heildarvistspori allra annarra þjóða. Þetta hlýtur að benda til þess að einhverjar lagfæringar þurfi að gera á aðferðafræðinni varðandi útreikning á Vistspori sjávar.

Ef miðað er við það kolefnisspor flestra vestrænna þjóða nemur um helmingi af heildarvistspori þeirra ætti Vistspor Íslands samkvæmt því og samkvæmt þessum breytingum sem hér hafa verið gerðar til aðlögunar íslenskum aðstæðum að vera um 23 jarðhektara á mann. Þessi tala er samt sem áður sú langhæsta sem um getur í þessum mælingum fyrir árið 2005. Þær þjóðir sem þar tróna á toppi að Íslandi undanskildu eru Bandaríki Norður Ameríku og Sameinuðu Arabísku Furstaveldin en hvor þjóðin hefur Vistspor uppá rúma 9 jarðhektara.

Þetta eru þó auðvitað aðeins vangaveltur. Hitt má svo ekki gleymast að Ísland er samkvæmt þessari aðferðafræði með næst mestu líffræðilegu getuna af þjóðum heims með 22.20 jarðhektara á mann. Aðeins Gabon er með meiri líffræðilega getu á hvern þegn; 24.97 jarðhektara.

Tafla 7.2 Ísland - jörðin, samanburður á ýmsum þáttum m.t.t. íslenskra aðstæðna

	Ísland [jarðhektarar]	Jörðin [jarðhektarar]
Vistfræðilegur afgangur/skuld	-6,226,902	-4,082,670,718
Vöruskiptajöfnuður (útfli. Negatífur)	-2,887,617	Á ekki við
Vistspor á hvern á mann	42.95	2.69
Líffræðileg geta á mann	22.20	2.06
Hlutföll neyslu á móti getu	1.94	1.31
Fjöldi jarða sem þyrfti til að allir gætu lifað eins og Íslendingar	20.82	Á ekki við

## 7.8 Veikleikar rannsóknar

Svo virðist sem helsti veikleiki þessarar rannsóknar og um leið þessarar aðferðar til að meta hvar þjóð stendur varðandi sjálfbærni er í útreikningi á Vistspori fiskveiða. Auðvitað eru allar mælingar sem þessar mjög grófar enn sem komið er enda er verið að reyna að draga saman gríðarlega marga þætti, meta áhrif hvers og eins og draga saman í eina niðurstöðu. Í raun er verið að reyna að einfalda heim sem er í reynd afar flókinn. Hér er reynt að mæla hluti sem eru á stórum skala svo sem landsvæði, hér er reynt að draga skýrar línur þar sem engar slíkar eru svo sem hvar landgrunn endar og úthaf byrjar, hér eru notaðar reikniformúlur sem byggja á tölum fyrir heiminn allan svo sem þegar reiknaðir eru út framleiðnifastar þegar erfitt hlýtur að vera að fá slíkar tölur nákvæmar fyrir alla heimsbyggðina o.s.frv.

Dæmi um þetta er skortur á framleiðnitölum fyrir afleiddar vörur sem verslað er með á milli ríkja eins og áður hefur komið fram. Þá er einnig talsvert af villum í gögnum þeim sem Global Footprint Network gefur frá sér svo sem á einingum og öðru sem geta verið

afar villandi. Þetta sýnir einnig að aðferðin og samtökin eru í þróun og mjög líklega er það þessi öra þróun sem liggur að baki slíkum mistökum.

Af þessum sökum ber að hafa í huga þegar niðurstöður eru skoðaðar úr slíkum rannsóknum að þær eru grófar og aðferðirnar gjarnan ungar og enn í mótun svo sem þessi sem hér er notuð. Þó verður að segja að með því að nota samræmdar aðferðir milli landa er hægt að gera ágætan samanburð. Á sama hátt er hægt að sjá þróun þjóðar með því að gera mælingu með sömu aðferð yfir lengri tíma svo sem nokkur ár eða áratugi.

Þó reynt hafi verið að berja í brestina eru veikleikar þessarar rannsóknar eflaust margir þó mestu skipti veikleikar á mælingu á Vistspori fiskveiða. Áætlun sú sem hér er stuðst við fyrir úthafsveiðar er engan vegin nákvæm og miðar aðeins að því að gefa hugmynd, bæði vonandi betri hugmynd um ástandið sem og hugmynd um hvernig þessar veiðar geta haft mikil áhrif á niðurstöðuna.

Þegar kemur að komandi rannsóknum á Vistspori Íslands mætti leggjast vel yfir þessa hluti og reyna að gera bót á. Til þess þarf þó líklega góða aðstoð frá opinberum stofnunum svo sem Fiskistofu, Sjávarútvegs- og landbúnaðarráðuneyti og Hafrannsóknarstofnun Íslands. Að öllum líkindum þarf að sérsníða gögn fyrir rannsóknina og því er vert að huga að slíku snemma í rannsókninni.

Komandi rannsóknir á Vistspori Íslands gerðu vel með því að huga að eftirfarandi þáttum sem líklega eru í grófum dráttum veikustu punktar þessarar rannsóknar:

- Nota nákvæmstu tölur fáanlegar fyrir utanríkisverslun með fisk. Hér er átt við nákvæmni í vinnslustigi fisksins og þessháttar ekki eingöngu massa.
- Gæta vel að framleiðnitölum þegar kemur að því að flokka fisktegundir sem ekki hafa “eigin” flokk.
- Leita eftir haldbærum tölum um veiðar sem fara fram utan landgrunns Íslands.
- Leita eftir tölum um brottkast. Engin sérstök rök liggja þó fyrir því að Íslendingar kasti minna magni en hnattrænt meðaltal segir til um.
- Nota rauntölur fyrir koldíoxíðlosun orkuvinnslu. Þessi breyting verður þó væntanlega kominn inn í aðferðafræðina þegar kemur að næstu rannsóknum.
- Nota rauntölur yfir land sem hverfur undir virkjanalón.
- Leita eftir tölum yfir stærð beitolands sem ekki er afgirt kringum sveitabæi þe. afréttir og úthaga auk talna yfir hversu stór hluti beitar fer fram þar.
- Leita að raunhæfum tölum yfir meðalframleiðni beitolands á Íslandi.
- Kanna hvort til séu gögn yfir hverskonar land það er sem horfið hefur undir mannvirki. Sjálfsagt fellur það ekki allt undir sömu landgerð þó.



## 8 Lokaorð

Vistspor Íslands er samkvæmt þessari mælingu 56 jarðhektarar á hvern Íslending. Þessi tala er sú langhæsta sem um getur í Vistsporsmælingum á heimsvísu. Talan er þó einnig augljóslega röng ef tekið er mið af íslenskum aðstæðum. Helst er það vegna sérstakra aðstæðna í sjávarútvegi og orkuframleiðslu sem Ísland sker sig úr í samfélagi þjóðanna og það endurspeglast vel í þessum mælingum. Þegar aðferðafræðin er aðlöguð Íslandi með þessi sérkenni í huga og gerðar nokkrar breytingar, sérstaklega á mælingum fyrir fiskveiðar sem og orku sem bundin er í framleiðslu varnings héraendis lækkar Vistsporið úr 56 í 42.95 jarðhektara á hvern þegn. Er þá ekki verið að tala um allar mögulegar breytingar sem áður hafa verið nefndar í kafla 7. heldur aðeins þær fjórar sem sérstaklega voru tilteknaðar í kafla 7.7 um niðurstöður með tilliti til íslenskra aðstæðna. Þessi tala gefur samt sem áður mun réttari mynd af því ástandi sem hér er. Þó vissulega sýni aðferðin veikleika eins og þá sem áður hafa verið nefndir bendir hinn mikli munur á Íslandi og öðrum þjóðum þó til þess að Íslendingar séu neyslufrekasta þjóð jarðar.

Niðurstöður fiskveiða breytast einnig mikið með lagfæringu á framleiðnitölum fyrir þorsk og lúðu. Þessi breyting sem í mælingunni er smávægileg sýnir vel hversu viðkvæmar slíkar mælingar eru og þá um leið hversu nauðsynlegt er að slá varnagla við niðurstöður. Þessi galli í aðferðinni bendir þó líka til þess að hún eigi talsvert í land með að komast í endanlegt horf. Það að svona augljós villa geti endað í útreikningum virkar ekki traustvekjandi. Þá eru villur í leiðbeiningaefni því sem kemur frá Global Footprint Network heldur ekki til þess fallnar að vekja traust. Hér er um að ræða villur í einingum og hugtakanotkun sem virðast komnar til af fljótferni í vinnubrögðum. Þó ber að hafa í huga að samtökin eru afar metnaðarfull í ætlunum sínum og vinna ljóst og leynt að því að gera Vistsporið að hnattrænni aðferð til að meta sjálfbærni. Hér getur því verið um að ræða mikla vinnu á fáum höndum sem veldur fljótfernislegum vinnubrögðum.

Þegar kemur að spurningunni hvort vísirinn sé góður til brúks á Íslandi er má ljóst vera af framansögðu að til þess þarf hann töluverðar endurbætur. Aftur verður að segja málsvörum vísisins til varnar að endurbæturnar eru stöðugar og flestum af þeim vandamálum sem komu upp við þessa rannsókn verður reynt að greiða úr í mælingunum fyrir 2010 eða að lausnirnar eru enn í vinnslu. Aðalatriðið er þó að meðvitund um vandann var ætíð til staðar.

Þá má einnig velta fyrir sér hvort Ísland sé ekki kjörið land til að nota sem viðmið þegar kemur að þróun vísisins sem og annarra slíkra. Landið er einangrað, fámenn, innviðir eru sterkir og gagnaöflun almennt góð. Niðurstöður fyrir Ísland virðast einnig benda til þess að aðferðafræðin þurfi enn talsverðar lagfæringar þegar kemur að útreikningi á Vistspori fiskveiða og þar gæti Ísland verið góður kostur sem slíkt viðmið þar sem kunnátta og þekking er mikil á sviðinu. Þá er einnig ljóst að niðurstöður fyrir beitiland gefa engan veginn skýra mynd af ástandi mála hjá þeirri landgerð og vantar endurbætur á aðferðinni þar.

Þessi rannsókn virðist þó sýna að Ísland eigi stærsta Vistspor á jörðinni. Jafnvel þó við slepptum hlut fiskveiða enda virðist sá hluti mælingarinnar ótrúverðugastur þá væri

Vistsporið samt sem áður 12.77 jarðhektarar á mann og ennþá stærst allra þjóða árið 2005, meira en þremur jarðhekturum stærra en Vistspor Sameinuðu Arabísku Furstaveldanna sem koma næst með 9.46 jarðhektara. Meðaltal jarðar miðað við 201 land sem mælingar Global Footprint Network náðu yfir árið 2005 var 2.69 jarðhektarar á mann.

Þegar við undanskiljum fiskveiðilendur með þessum hætti og horfum aðeins á þessa 12.77 jarðhektara á mann sem eftir standa kemur í ljós að þá er það kolefnissporið sem mestu ræður eða 11.33 sem eru 89% af heildinni. Samkvæmt þessu er því Vistspor Íslendinga fyrir þessa einu landgerð stærra Vistspori allra annarra þjóða heims og eru þá allar landgerðir þeirra taldar.

Þó ekki reynist mögulegt að svara spurningunni um hvert Vistspor Íslands hafi verið árið 2005 með neinum óyggjandi hætti er þó ljóst að samkvæmt aðferðinni voru Íslendingar neyslufrekasta þjóð jarðar. Þetta kemur til af miklum innflutningi á vörum svo sem rafmagnstækjum, bifreiðum og olíu. Það er útblástur koldíoxíðs við framleiðslu á þessum vörum sem gerir Vistspor okkar svona hátt. Þessi óbeina notkun á olíu leiðir því til þess að Íslendingar eru mestu olíuneytendur jarðar miðað við höfðatölu.

Þessi rannsókn er aðeins fyrsta skrefið í leitinni að raunhæfri tölu fyrir Vistspor Íslands og kallar eftir frekari rannsóknum á efninu með þeim breytingum sem áður eru upptaldar.

# Heimildir

Abramovitz, M. 1959. The welfare interpretation of secular trends in national income and product. Tekið úr: *The Allocation of Economic Resources: Essays in honour of Bernard Francis Haley* (M. Abramovitz et al). Stanford, California: Stanford University Press.

Anielski, M., Rowe, J. 1999. *The genuine progress indicator – 1998 update*. Redefining Progress. San Fransisco, CA.

Ayres, R. U. 2000. Commentary on the utility of the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 32(3), 347-349.

Árnadóttir, K.H. 2009. Orkuvistspor: Spor í rétta átt? Háskóli Íslands, Reykjavík.

Barry, F. 1996. Sustainability, Political Judgement and Citizenship: Connecting Green Politics and Democracy in B. Doherty and M. de Geus eds., *Democracy and Green Political Thought: Sustainability, Rights and Citizenship*, London, Routledge.

Beynon, M. J., & Munday, M. 2008. Considering the effects of imprecision and uncertainty in ecological footprint estimation: An approach in a fuzzy environment. *Ecological Economics*, 67(3), 373-383.

Bérenger, V., Verdier-Chouchane, A. 2007. Multidimensional measure of well-being: Standard of Living and Quality of Life across countries. *World Development*, 35. p. 1259-1276

Bicknell, K.B., Ball, R.J., Cullen, R., Bigsby, H.R. 1998. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. *Ecological Economics* 27, p. 149-160.

Birgisdóttir, H. 2008. Kolefnisspor Landsvirkjunar – Loftslagsbókhald 2007. Landsvirkjun, Skýrsla nr. LV-2008/193.

Bleys, B. 2007. Proposed changes to the Index of Sustainable Economic Welfare: An application to Belgium. *Ecological Economics*, article in press.

Carson, C.S. 1975. The history of the United States national income and product accounts: The development of an analytical tool. *Review of Income and Wealth*, 21. 153-158

Chambers, G., 2001. Ecological Footprinting. European Parliament, Directorate General for Research, Directorate A, The STOA Programme. (ECOTEC-UK)

Cobb, C.W., Cobb, J.B., 1989. *The green national product: a proposed Index of Sustainable Economic Welfare*. University Press of America, Lanham

Common, M. 2007. Measuring economic performance without using prices. *Ecological Economics*, 64(1), p. 92 - 102

Common, M., 2007. Measuring national economic performance without using prices. *Ecological Economics*, Volume 64, pages 92-102.

Costanza, R., 2000. The dynamics of the ecological footprint concept, *Ecological Economics*, Volume 32, pages 341-345.

Costanza, R., Agüero, M., Barbier, E., Bartelmus, P., Castaneda, B., Castro, G., Cavalcanti, C., Claude, M., Daly, H., Dixon, J., El Sarafy, S., Farber, S., Grasso, M., Hamilton, K., Hueting, R., Kenber, M., Lutz, E., Max-Neef, M., May P., Opschoor, H., Perez, O., Perrings, C., Pizarro, R. 1997. Green national accounting: Goals, methods and practical solutions. Draft as of March 6. 1997.

Daly, H.E., Cobb jr, J.B., Cobb, C.W. 1989. *For the Common Good*. Beacon Press, Boston, Massachusetts

Daly, H.E., Cobb jr, J.B., Cobb, C.W. 1994. *For the Common Good, Redirecting the Economy toward Community, the Environment and a Sustainable Future*. Beacon Press, Boston, Massachusetts. 521

Diener, E., Nickerson, C., Lucas, R. E., & Sandvik, E. 2002. Dispositional affect and job outcomes. *Social Indicators Research*, 59(3), 229-259.

Dobson, A. 1996. Environmental Sustainabilities: An Analysis and a Typology. *Environmental Politics*, Vol.5, No.3, Autumn, pp.401-428.

England, R.W. 1997. Measurement of social well-being: alternative to gross domestic product. *Ecological Economics* 25. p. 89-103

England, R.W. 1998. Should we pursue measurement of the natural capital stock? *Ecological Economics* 27, p. 257 – 266

Ewing, B., Goldfinger, S., Wackernagel, M., Stechbart, M., Rizk, S.M., Reed, A., Kitzes, J. 2008. *The Ecological Footprint Atlas 2008*. Oakland: Gloabla Footprint Network.

Ewing, B., Reed, A., Rizk, S. M., Galli, A., Wackernagel, M., Kitzes, J., 2008. *Calculation Methodology for the National Footprint Accounts 2008 Edition*. Oakland: Global Footprint Network.

FAO ForesSTAT Statistical Database. <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor> (sött 28. Des. 2009).

FAO ForesSTAT Statistical Database. <http://faostat.fao.org/site/626/default.aspx#ancor> (sött Okt. 2009).

FAO PopSTAT Statistical Database. <http://faostat.fao.org/site/452/default.aspx> (10. feb. 2010).

FAO ProdSTAT Statistical Database. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (8. jan. 2010).



FAO ResourceSTAT Statistical Database. [www.faostat.fao.org/site/405/default.aspx](http://www.faostat.fao.org/site/405/default.aspx) (sótt 27. nov. 2009).

FAO TradeSTAT Statistical Database. <http://faostat.fao.org/site/406/default.aspx> (7. jan. 2010).

Ferng, J. J. 2002. Toward a scenario analysis framework for energy footprints. *Ecological Economics*, 40(1), 53-69.

Fiala, N. 2008. Measuring sustainability: Why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science. *Ecological Economics*, 67(4), 519-525.

Fishbase Database. Froese, R. and Pauly, D. (Eds.) 2008. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (10. feb. 2010).

Fishbase Database. Froese, R. Pauly, D. (Eds.) 2008. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (sótt 21. jan. 2010).

Gleick, P. H., 2008. The World's Water 2008 – 2009. *The Biennial Report on Freshwater Resources*. Island Press, Washington.

Goldsmith, E. et al. 1972. *Blueprint for Survival* (by the Editors of the Ecologist), Boston: Houghton Mifflin.

Guðni Guðbergsson, 2005. Lax- og silungsveiðin 2005. Veiðimálastofnun, VMST-R/0606, bls. 6. (sótt á [http://www.veidimal.is/default.asp?sid\\_id=22188&tre\\_rod=001|003|001|&tId=1](http://www.veidimal.is/default.asp?sid_id=22188&tre_rod=001|003|001|&tId=1) (sótt 4. Jan. 10)

Gulland, J. A. (1971). Science and Fishery Management. *Journal Du Conseil*, 33(3), 471

Gulland, J.A. 1971. *The Fish Resources of the Ocean*. West Byfleet, Surrey, England: Fishing News.

Haberl, H., Erb, K. H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzar, C. o.fl. (2007). Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(31), 12942-12945.

Hagtíðindi 2006:1, 2006. Hagstofa Íslands. Umsjón Auður Ólína Svavarsdóttir.

Hagtíðindi 2006:4, 2006. Hagstofa Íslands. Umsjón Hrefna Karlsdóttir.

<http://earthtrends.wri.org/text/coastal-marine/country-profile-84.html> (sótt 9. feb. 2010)

<http://faostat.fao.org/site/406/default.aspx> (sótt, 15. jan 2010).

<http://globalfootprintnetwork.org/>

<http://hagstofa.is>

[http://orkustofnun.is/Apps/WebObjects/Orkustofnun.woa/swdocument/15561/os\\_arsskysrsl\\_a2006\\_pdf.pdf](http://orkustofnun.is/Apps/WebObjects/Orkustofnun.woa/swdocument/15561/os_arsskysrsl_a2006_pdf.pdf) (sótt 19. nov. 2009)

<http://www.or.is/> (sótt 7. sep. 2009)

[http://www.orkutolur.is/mm/raforka/vinnsla.html?data\\_vinnsla\\_vatnsafl=Skei%25F0sfossvirkjun#table\\_selector\\_name](http://www.orkutolur.is/mm/raforka/vinnsla.html?data_vinnsla_vatnsafl=Skei%25F0sfossvirkjun#table_selector_name) (sótt 12. des. 2010)

Hubacek, K., & Giljum, S. (2003). Applying physical input-output analysis to estimate land appropriation (ecological footprints) of international trade activities. *Ecological Economics*, 44(1), 137-151.

IEA. Hydropower FAQ. <http://www.ieahydro.org/faq.htm> (10. feb. 2010).

IPCC, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001.

IPCC, 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> (sótt 4. feb. 2010).

IPCC, 2007. *Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/main.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/main.html)

Ísland í Tölum 2006-2007, 2006. Hagstofa Íslands. Umsjón Svava Guðjónsdóttir. Gutenberg, Reykjavík.

Juster, F.T. 1973. A framework for the measurement of economic and social performance. Tekið úr: Moss, M. (ed), *The Measurement of Economic and Social Performance*. Columbia University Press, New York.

Kitzes, J., & Wackernagel, M. 2009. Answers to common questions in Ecological Footprint accounting. *Ecological Indicators*, 9(4), 812-817.

Kitzes, J., Galli, A., Bagliani, M., Barrett, J., Dige, G., Ede, S., et al. (2009). A research agenda for improving national Ecological Footprint accounts. *Ecological Economics*, 68(7), 1991-2007.

Kitzes, J., Galli, A., Rizk, S., Reed, A., Wackernagel, M. 2008. *Guidebook to the National Footprint Accounts: 2008 Edition*. Oakland: Global Footprint Network.

Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S., Wackernagel, M., 2007. Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. *Science for Environment and Sustainable Society, Vol. 4, No. 1*.

Kitzes, J., Wackernagel, M., Loh, J., Peller, A., Goldfinger, S., Cheng, D., et al. 2008. Shrink and share: humanity's present and future Ecological Footprint. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 363(1491), 467-475.

Koasa-ard, M. 2000. Social Impact Assessment: Synthesis report, TDRI, Bangkok

Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson, 2009. Corine-Landflokkun á Íslandi 2000 og 2006, niðurstöður CLC2006, CLC2000 og CLC-Change2000-2006. Landmælingar Íslands.

Kristinn Guðmundsson og Kristín J. Valsdóttir, 2004. Frumframleiðnimælingar á Hafrannsóknarstofnuninni árin 1985-1999. Umfang, aðferðir og úrvinnsla. Hafrannsóknarstofnunin. Fjölrit nr. 107, bls. 27

Kuznets, S. 1985. Modern Economic-Growth - Discoveries and Reflections. *Revista Brasileira De Economia*, 39(2), 225-239.

Lanzen, M., Murray, S.A., 2003. The Ecological Footprint – Issue and Trends. ISA Research Paper 01-03. The University of Sidney. [www.isa.org](http://www.isa.org) (sótt 2.3.2010)

Lawn, P.A. 2003. A theoretical foundation to support the Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW), Genuine Progress Indicator (GPI) and other related indexes. *Ecological Economics*. 44, issue 1, p. 105 – 118

Max-Neef, M. 1995. Economic growth and quality of life: a threshold hypothesis. *Ecological Economics* 15, p. 115 – 118

McDonald, G. W., & Patterson, M. G. 2004. Ecological footprints and interdependencies of New Zealand regions. *Ecological Economics*, 50(1-2), 49-67.

McDonald, G., Patterson, M., 2003. Environmental Reporting. Technical Paper. Ecological Footprints of New Zealand and its Regions, 1997/98. Ministry for the Environment. [www.environment.govt.nz](http://www.environment.govt.nz) (sótt 23 sept. 2009)

McGregor, P.G, Swales, J.K., Turner, K.R. 2004a. The impact of Scottish consumption on the local environment: an alternative to the Ecological Footprint? Quarterly Economic Commentary – Economic Perspectives, vol 29. Fraser of Allander Institute, University of Strathclyde, Glasgow, pp. 29-34.

McGregor, P.G, Swales, J.K., Turner, K.R. 2004b. An input-output based alternative to “Ecological Footprints” for tracking pollution generation in a small open economy. Strathclyde Discussion Papers in Economics, vol. 04-04. University of Strathclyde, Glasgow.

Meadows, D.H. et al. 1972. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind*, London: Earth Island Limited.

Moffatt, I. 2000. Ecological footprints and sustainable development. *Ecological Economics*, 32(3), 359-362.

Monfreda, C., Ramankutty, N., & Foley, J. A. 2008. Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(1), -.

Monfreda, C., Wackernagel, M., & Deumling, D. 2004. Establishing national natural capital accounts based on detailed - Ecological Footprint and biological capacity assessments. *Land Use Policy*, 21(3), 231-246.

Moran, D.D., Wackernagel, M., Kitzes, J.A., Goldfinger, S.H., Boutaud, A. 2007. Measuring sustainable development – Nation by nation. *Ecological Economics*, article in press. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (sótt 29 sept. 2009)

Morse, S. 2003. For better or for worse, till the human development do us part? *Ecological Economics*, 45, issue 2, p. 281 – 296.

Myers, N. 1987. Not Far Afield: U.S. Interests and the Global Environment, Washington, D.C.: World Resource Institute.

Neumayer, E. 1999. The ISEW: not an index of sustainable economic welfare. *Social Indicators Research* 48, p. 77 - 101

Neumayer, E. 2000. On the methodology of ISEW, GPI and related measures: some constructive suggestions and some doubt on the “threshold” hypothesis. *Ecological Economics* 34, p. 347 – 361

Neumayer, E. 2001. The human development index and sustainability – a constructive proposal. *Ecological Economics*, 39, issue 1, p. 101 – 114.

Nordhaus, W., Tobin, J. 1973. Is growth obsolete? In: Moss, M. (Ed.), *The Measurement of Economic and Social Planning, Economic Growth. National Bureau of Economic Research*, New York

Ólafur K. Pálsson, Höskuldur Björnsson, Ari Arason, Eyþór Björnsson, Guðmundur Jóhannesson og Þórhallur Ottesen. Mælingar á brottkasti botnfiska 2007. Hafrannsóknastofnunin Fjölrit nr. 142.

Paton, J. 2008. What's Left of Sustainable Development? *Journal of Australian Political Economy*, 62, 94-119.

Pauly, D. 1996. One hundred million tonnes of fish, and fisheries research. *Fisheries Research*, 25(1), 25-38.

Pauly, D. og Christensen, V. 1995. Primary Production Required to Sustain Global Fisheries (Vol 374, Pg 255, 1995). *Nature*, 376(6537), 279-279.

Pauly, D., Christensen, V. 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature*, 347, pp.255-257.

Pálsson, Ó.K., Karlsson, G., Arason, A., Gíslason, G.R., Jóhannesson, G., Aðalsteinsson, S. 2003. Mælingará brottkasti botnfiska 2002. Hafrannsóknarstofnun. Fjölrit nr. 94. Hafrannsóknarstofnun, Reykjavík, Fiskistofa, Reykjavík.

Prescott-Allen, R. 2001. *The Wellbeing of Nations*. Island Press, Washington DC

Richardson, D. 1997. The Politics of Sustainable Development in S. Baker et al., eds., *The Politics of Sustainable Development: Theory, Policy and Practice within the European Union*, London, Routledge.

- Rogers, P., Jalal, K., Boyd, J. 2007. *An Introduction to Sustainable Development*. Earthscan, 416pp.
- Samuelson, P., Hancock, R., Wallace, R. 1978. *Economics, 2nd Australian edn*. McGraw-Hill Book, Sydney
- Sen, A.K. 1993. The economics of life and death. *Scientific American* 268(5), p. 40 - 47
- Smil, V., 2000. *Feeding the World: A Challenge for the Twenty-First Century*. Cambridge, MIT Press.
- Sunstein, C. 1997. *Free Markets and Social Justice*. Oxford University Press, New York, N.Y. 407
- Sweeney, P. 1999. *The Celtic Tiger. Irelands continuing economic miracle*. Oak Tree Press, Dublin.
- U.N. Development Programme 1990-1996. *Human Development Report*. Oxford University Press, Oxford.
- UNDP, United Nations Development Programme, 1994. *Annual Human Development Report*. New York: Oxford University Press.
- UNECE og FAO. 2005. *Temperate and Boreal Forest Resource Assessment*. Geneva: UNECE, FAO.
- van der Bergh, J.C.J.M. and Verbruggen, H. 1999. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation fo the ecological footprint. *Ecological Economics* 29, p. 61-72
- van Vuuren, D.P., Smeets, E.M.W., 2000. Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. *Ecological Economics* 34, p. 115-130
- Vemuri, A. W., & Costanza, R. 2006. The role of human, social, built, and natural capital in explaining life satisfaction at the country level: Toward a National Well-Being Index (NWI). *Ecological Economics*, 58(1), 119-133.
- Vemuri, A.W., Costanza, R. 2006. The role of human, social, built and natural capital in explaining life satisfaction at the country level: Toward a National Well-Being Index (NWI). *Ecological Economics* 58, p. 119 – 133.
- Wackernagel, M. 1999. An evaluation of the ecological footprint. *Ecological Economics*, 31(3), 317-318.
- Wackernagel, M. 2009. Methodological advancements in footprint analysis Introduction. *Ecological Economics*, 68(7), 1925-1927.
- Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N.B., Erb, K.H., Haberl, H., Krausmann, F. 2004. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land Use Policy* 21, p. 271-278

Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A.C., Falfán, I.S.L., García, J.M., Guerrero, A.I.S., Guerrero, G.S. 1999. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics* 29, p. 375-390

Wackernagel, M., Onisto, L., Linares, A.C., Falfan, I.S.L., Garcia, J.M, Guerrero A.I.S. Guerrero, M.G.S., 1997. The Ecological Footprint of Nations, Centro de Estudios para la Sustentabilidad, Xalapa, Mexico.

Wackernagel, M., Rees, W., 1996. *Our ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, BC, 160pp.

Wackernagel, M., Schulz, N. B., Deumling, D., Linares, A. C., Jenkins, M., Kapos, V., et al. 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(14), 9266-9271.

Walsh, C., O'Regan, B., & Moles, R. 2009. Incorporating methane into ecological footprint analysis: A case study of Ireland. *Ecological Economics*, 68(7), 1952-1962.

White, T.J. 2007. Sharing resources: The global distribution of the Ecological Footprint. [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com) (sótt 12. des. 2009)

Wiedmann, T., Minx, J., Barrett, J., & Wackernagel, M. 2006. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis. *Ecological Economics*, 56(1), 28-48.

Wood, R., Lenzen, M., 2003. An application of a modified ecological footprint method and structural path analysis in a comparative institutional study. *Local Environment* 8, 365-386

World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. *Our Common Future*. New York:Oxford University Press.

World Commission on Environment and Development, 1987. *Our Common Future* (1987), Oxford: Oxford University Press.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., et al. 2007. Biodiversity loss in the ocean: How bad is it? Response. *Science*, 316(5829), 1282-1284.

[www.seaaroundus.org](http://www.seaaroundus.org) (sótt 9. sept. 2009)

Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control* 8, 338-353.

# Viðauki A

## Útskýringar með vistsporsmælingu fyrir Ísland

Þessum kafla er ætlað að gera skýrari uppsetningu aðferðafræðinnar og útreikningana sem henni fylgja. Þetta eru skýringar með Excel skjalinu Vistspor Íslands sem finna má á rafrænu formi í viðauka B. Fylgt er uppsetningu skjalsins í öfugri röð, þ.e. byrjað á aftasta skjalinu land\_use og svo farið frá hægri til vinstri til upphafsreits sem er skjalið intro.

## Grunnskjöl – fastar ofl.

### land\_use

Global Footprint Network notar ýmsa talnabanka hér en þar sem hægt er nota þau Corine2000. Landmælingar Íslands hafa nýlega lokið við slíka úttekt á Íslandi og er hún okkar helsta heimild í þessum flokki; Corine 2006 (Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson, 2009).

### yf\_crop

Reiknar út framleiðnifasta fyrir ræktað land samkvæmt jöfnu (4a). Tölur um innlenda framleiðslu koma úr skjalinu crop\_yield\_n. Taflan sýnir auk stærðar svæðis sem fer undir framleiðsluna innanlands, stærð þess svæðis sem þyrfti til miðað við meðal-framleiðni á heimsvísu með því að deila í innlenda framleiðslu með framleiðni á heimsvísu en þá tölu fáum við úr skjalinu crop\_yield\_w (2.51).

Allar tegundir sem ræktaðar eru á Íslandi eru teknar með þegar reiknaður er út framleiðnifasti fyrir ræktað land en þetta er sýnt í dálknum indicator en þar er settur 1 við þær tegundir sem teknar eru með (tegundir sem eru notaðar í fóður auk nokkurra flokka sem innihalda fleiri en eina tegund eru undanskilin).

YF dálkurinn sýnir framleiðnifasta hvernar tegundar og er reiknaður eftir jöfnu (4b). Jafna (4a) er hinsvegar notuð til að finna framleiðnifasta ræktaðs lands í heild.

Dálkarnir Area I-only-n og Area I-only-w endurtaka þá svæðisdálka sem innihalda tegundir sem teknar eru með í útreikningi á framleiðni ræktaðs lands.

### yf

Reiknar framleiðnifasta fyrir hverja landgerð eftir jöfnu (4b). Ræktað land (Cropland): Sjá skjal yf\_crop.

### eqf

Tölur koma frá Global Footprint Network. Nánari útlítingu á hvernig jöfnunarstuðlarnir eru fundnir fyrir hverja landgerð er hægt að sjá í *Guidebook to the National Footprint*

*Accounts 2008* (Kitzes et al, 2008) eða með því að biðja um þær frá Global Footprint network.

popstat\_w

Sýnir fólksfjölda jarðarinnar árið 2005 (FAO PopSTAT Statistical Database).

popstat\_n

Sýnir fólksfjölda á Íslandi í enda árs 2005 ([www.hagstofa.is](http://www.hagstofa.is)). Talan er námunduð, nákvæm tala er 299,891.

## Vistspor mannvirkja

Hydro\_efp

Sýnir Vistspor raforkuframleiðslu með vatnsafla á Íslandi. Talan er fengin frá Orkustofnun (7015 GWh).

Infrastructure\_efp

Reiknar Vistspor mannvirkja samkvæmt jöfnu (1b). Tölur koma úr Corine 2006, frá Landmælingum Íslands.

## Kolefnisspor

cdiac\_fossil\_n

Þetta skjal er aðeins notað þegar ekki fást tölur í skjal 7.2.9 *iea\_fossil\_n*. Við notum það skjal hér og er þetta skjal því ekki notað.

iea\_fossil\_n

Sýnir losun CO<sub>2</sub> og fær tölur venjulega frá IEA (IEA CO<sub>2</sub> Emissions from Fossil Fuel Combustion Database) en við reynum að notast við tölur frá innlendum aðilum hér og notum því tölu frá Hagstofunni.

comtrade\_n

Sýnir inn- og útflutning til og frá landinu. Tölur koma frá Hagstofunni.

Þar sem skjalið notar eldra flokkunarkerfi (SITC rev. 1.) en Hagstofan (SITC rev. 3 og 4) er ekki alltaf skýrt hvar hver dálkur fellur í Vistsporsskjalinu. Þegar svo ber undir og ekki er hægt að sjá af heitinu hvar dálkurinn á að falla er hann settur undir þann lið sem er næstur í flokkunarkerfinu, þ.e. þá tölu sem er næst.

Sumir liðir svo sem Taps, cocks, valves etc. sem hefur númerið 7471 til 7479 eiga ekki skýra samsvörun í skjali Global Footprint Network. Þetta er látið falla undir lið 7194 sem heitir Domestic appliances. Sömu sögu er að segja af liðnum Transm. Shafts, other speed changers sem er númer 7481 til 7489 í skjali Hagstofunnar en þessi liður er því settur undir



liðinn Parts and accessories of machinery, nes sem hefur númerið 7199 í skjali Global Footprint Network, eða samkvæmt SITC rev. 1 kerfinu.

Liðurinn Non-electrical parts etc. of mach, n.e.s. (7491 til 7499) fer undir Other non-electric machines (7196).

Computers and units thereof (7523 til 7529) fer undir Office machines, nes (7149) og það á einnig við um Parts for office mach. and computers (7599).

Gold, non-monetary (9710) fer undir liðinn Gold silver plat. Etc. jewellery ex watchcases ásamt liðunum sem kallast Jewellery, gold/silversmiths' wares (8972 til 8974).

## cnst\_carbon

Sýnir sex fasta sem notaðir eru við útreikning á Kolefnisspori. Tveir eru í raun umbreytingar á einingum; C to CO2 Ratio og Gigajoule to Terrawatt hour. Carbon Sequestration Factor er sú tala sem áætlað er að einn hektari “meðal skóglendis” (world average forest) bindi af kolefni á ári. Talan kemur frá IPCC (IPCC, 2006). Ocean Sequestration Prósentu kemur einnig frá IPCC og sýnir hlutfall árlegrar losunar kolefnis vegna bruna jarðefnaeldsneytis sem hafið bindur (IPCC, 2001). World Electricity and Heat Carbon Intensity kemur frá IEA (International Energy Agency) og sýnir meðaltals kolefnismagn í eldsneyti sem notað er til kyndingar og rafmagnsframleiðslu í heiminum.

Footprint Intensity of Carbon sýnir Vistspor hvers tonns af CO2 sem er veitt út í andrúmsloftið. Hann er reiknaður með því að margfalda margföldunarumhverfu Carbon Sequestration Factor með jöfnunarstuðli skóglendis (sem kemur frá skjalinu eqf) þetta gefur okkur þann tonnafjölda af kolefni sem er bundinn af hverjum jarðhektara. Þessi tala er svo margfölduð með magni CO2 sem er ekki bundið af sjó (0.75) og C to CO2 ratio.

## carbon\_efe

Reiknar “innbyggt” Vistspor vöru sem flutt er út frá Íslandi. Hér er átt við það Vistspor sem myndast við orkunotkun vegna framleiðslu vörunnar.

ExportT sýnir útflutningstölurnar úr skjalinu comtrade\_n (hér er búið að umbreyta þeim í tonn). EmbEn sýnir meðaltalstölur fyrir orku sem fer í framleiðslu á einu tonni af gefnum vörutegundum. Þessar tölur eru fengnar frá Global Footprint Network og byggja á talnabanka sem sækir tölur í “margar mismunandi heimildir” (Ewing et al, 2008). ExportE sýnir heildarorku sem fer í framleiðslu á því magni sem flutt er út af vörunum. Þetta er fundið með því að margfalda saman fyrri tvo liðina.

ExportCO2 gefur upp heildarorkunotkunina í jafngildi koltvíoxíðsútblásturs. Þetta er fundið með notkun tveggja fasta úr skjalinu cnst\_carbon: “Gigajoules per Terawatt hour” og “World Electricity and Heat Carbon Intensity” sem margfaldaðir eru við ExportE.

Vistspor framleiðslu á hverri vöru er svo fundið með því að margfalda koltvísýringmagnið sem losnar við framleiðsluna með fastanum Footprint Intensity of Carbon úr fastaskjalinu (cnst\_carbon).

Sumsé, hér er tonnafjöldinn sem fluttur er út af hverri vöru margfaldaður með orkunni sem fer í að framleiða hvert tonn vörunnar og þannig fengin talan í dálkinum ExportE – eða hversu mikla orku er verið að flytja út. Þessari orku er svo breytt í Terawattstundir og sú

tala margfölduð með fastanum sem segir til um hversu margar milljónir tonna af CO<sub>2</sub> eru losuð við hverja framleidda Terawattstund, þetta sýnir dálkurinn ExportCO<sub>2</sub>. Að lokum er þessu umbreytt í jarðhektara og sú tala gefin upp í tonnum í síðasta dálkinum ExportGHA.

Að lokum er heildarvistspor framleiðslu útflutningsvara fundið með því að leggja allar Vistsporstölurnar saman.

### carbon\_efi

Reiknar “innbyggt” Vistspor vöru sem flutt er inn til Íslands. Hér er átt við það Vistspor sem myndast við orkunotkun vegna framleiðslu vörunnar.

ImportT sýnir innflutningstölurnar úr skjalinu comtrade\_n (hér er búið að umbreyta þeim í tonn). EmbEn sýnir meðaltalstölur fyrir orku sem fer í framleiðslu á einu tonni af gefnum vörutegundum. Þessar tölur eru fengnar frá Global Footprint Network og byggja á talnabanka sem sækir tölur í “margar mismunandi heimildir” (Ewing et al, 2008). ImportE sýnir heildarorku sem fer í framleiðslu á því magni sem flutt er inn af vörunum. Þetta er reiknað með því að margfalda saman fyrri tvo liðina.

ImportCO<sub>2</sub> gefur upp heildarorkunotkunina í jafngildi koltvíoxíðsútblásturs. Þetta er fundið með notkun tveggja fasta úr skjalinu cnst\_carbon: “Gigajoules per Terawatt hour” og “World Electricity and Heat Carbon Intensity” sem margfaldaðir eru við ImportE.

Vistspor framleiðslu á hverri vöru er svo fundið með því að margfalda koltvísýringmagnið sem losnar við framleiðsluna með fastanum Footprint Intensity of Carbon úr fastaskjalinu.

Hér er tonnafjöldinn sem fluttur er inn af hverri vöru margfaldaður með orkunni sem fer í að framleiða hvert tonn vörunnar og þannig fengin talan í dálkinum ImportE – eða hversu mikla orku er verið að flytja inn. Þessari orku er svo breytt í Terawattstundir og sú tala margfölduð með fastanum sem segir til um hversu margar milljónir tonna af CO<sub>2</sub> eru losuð við hverja framleidda Terawattstund, þetta sýnir dálkurinn ImportCO<sub>2</sub>. Að lokum er þessu umbreytt í jarðhektara og sú tala gefin upp í tonnum í síðasta dálkinum ImportGHA.

Að lokum er heildarvistspor framleiðslu innflutningsvara fundið með því að leggja allar Vistsporstölurnar saman.

### other\_CO2\_efp

Sýnir áhrif útblásturs koltvísýrings sem á uppruna sinn annarstaðar en í bruna á jarðolíu. Þetta er aðeins gert fyrir jörðina alla þar sem ekki eru nógu góðar heimildir til að úthluta einstaka löndum Vistspori eftir þessu. Þetta skjal snertir því Ísland ekki neitt og hefur engin áhrif á Vistsporsreikninga þess.

### bunker\_efp

Sýnir “skatt” sem lagður er á Ísland vegna útblásturs CO<sub>2</sub> vegna flutninga á milli landa. Þessi skattur er 3.27% af heildarútblæstri hveðrar þjóðar samkvæmt aðferðum Global Footprint Network (Ewing et al, 2008). Talan yfir heildarútblástur Íslendinga kemur úr skjalinu fossil\_efp.

### fossil\_efp

Reiknar Vistspor kolefnabruna Íslendinga eftir jöfnu (1b).

Framleiðnin eða Yield er hér ekki eiginleg framleiðni heldur upptaka “meðal-skóglendis” (world average forest) á hvern hektara á ársgrundvelli. Þetta er fundið með því að nota tölur úr skjalinu cnst\_carbon og deila C to CO2 ratio uppí Carbon sequestration factor.

Jöfnunarstuðullinn er jöfnunarstuðull skóglendis þar sem það er það landsvæði sem bindur CO2 (allavega miðað við forsendur Ecological Footprint aðferðafræðinnar).

## Vistspor fiskveiða

### figis\_commodity\_n

Skýrir frá inn- og útflutningi á fiskafurðum. (hér er flokkað eftir þeim 117 tegundum sem notast er við hjá FishSTAT (FAO FishSTAT Statistical Database). Tölur koma frá Hagstofu Íslands (Kolbrún Jóhannsdóttir persónulegar upplýsingar 6. jan. 2010, 2010 og Hagtíðindi 2006:1).

Flokkun Hagstofunnar er ekki alveg samskonar og hjá FAO sem þýðir að:

#### Útflutningur:

Loðna og kolmunnir fara í síldardálkinn þar sem ekki eru dálkar fyrir þessar tegundir.

Annar uppsjávarfiskur er skráður sem makrill.

Allur botnfiskur sem ekki er með dálk í töflunni fer undir liðinn: Other freshwater and saltwater fish, frozen.

Aðrar sjávarafurðir eru að mestu leyti mjöl og lýsi og er því sett undir þessa tvo liði í hlutföllunum mjöl 75% og lýsi 25%.

#### Innflutningur:

Annar uppsjávarfiskur er skráður sem makrill.

Allur botnfiskur sem ekki er með dálk í töflunni fer undir liðinn: Other freshwater and saltwater fish, frozen.

Aðrar sjávarafurðir fara í dálkinn: Other fish, salted or in brine.

### figis\_aquaculture\_marine

Sýnir framleiðslu á sjóeldisfiski. Þetta skjal er ekki notað í NFA 2008 og er aðeins haft hér sem sýnishorn.

### figis\_aquaculture\_inland

Sýnir framleiðslu á vatnaeldisfiski. Þetta skjal er ekki notað í NFA 2008 og er aðeins sýnt hér til fróðleiks.

### figis\_capture\_inland

Tölur yfir veiði úr ám og vötnum koma frá Veiðimálastofnun (Guðni Guðbergsson, 2006).

### figis\_capture\_marine

Heildaraflí sem landað er á Íslandi. Tölur koma úr Ísland í tölum 2006-2007 (Hagstofa Íslands, 2006).

Hér fellur allur flatfiskur undir grálúðu þar sem flokkunin er ekki nákvæmari í þessum tölum. (Ísland í tölum 2006-2007, 2006).

Loðnuhrogn eru tekin með loðnu hér.

Annar botnfiskur er skráður hér sem karfi þar sem stór hluti þess er úthafskarfi (16005 tonn samkvæmt Hagtíðindum 2006:4).

Annað fer undir humar þar sem hann er um þriðjungur þess afla sem settur er undir liðinn í Ísland í tölum.

### fish\_yield\_w

Engin breyting gerð á þessu skjali, þ.e. það kemur beint frá Global Footprint Network, National Footprint Accounts, 2008 og er eins fyrir öll lönd enda eru þetta meðalframleiðnitölur á heimsvísu reiknaðar eftir jöfnum (8) og (10).

PPR (primary production requirement) reiknar út hlutfallið á milli massa tegundar á móti massa frumframleiðenda sem hún þarf til að ná þeim massa. Þessir reikningar byggja á hvar tegundin er í fæðukeðjunni. Hér er notuð jafna (8) (Pauly og Christiansen, 1995).

Framleiðnin er svo fundin með jöfnu (10) sem notast við tölur um hlutfall frumframleiðenda til að reikna út magn fiskiafurða sem hver hektari af landgrunni gefur af sér á ári.

Reikningar um framleiðnina og um leið Vistsporið eru mjög háðir því hvaða stig lífkeðjunnar tegundirnar eru settar á. Hér er stuðst við heimildir frá Fishbase Database, [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (Froese og Pauly, 2008).

### fish\_commodity\_yield\_w

Þetta skjal er einnig eins fyrir öll lönd en hér eru framleiðnitölur fyrir þær 117 vörutegundir sem Vistsporið tekur til reiknaðar eftir jöfnu (3a) sem reiknar framleiðni afleiddra vara með “extraction rates”.

Þar sem frumvaran (parent good) er vel skilgreind er framleiðnin sú sama fyrir inn- og útflutning en þar sem erfitt er með skilgreiningu á frumvörunni er innflutningi gefin meðalframleiðni á heimsvísu á meðan útflutningur fær framleiðnitölu byggða á vegnu meðalfæðukeðjustigi allra tegunda (merktar með gulu í skjalinu).

### cnst\_fish

Þetta skjal er einnig eins fyrir öll lönd enda fastar.

Þetta skjal inniheldur enga reikninga. “Available PP” er áætluð tala um magn frumframleiðenda sem hægt er að nýta, innan marka sjálfbærni, á hvern hektara á ári. Talan er fengin með því að með því að umreikna þann afla sem hægt er að veiða af ákveðnum fiskitegundum, á sjálfbæran hátt, miðað við viðmið FAO (Gulland 1971), yfir í samsvarandi magn frumframleiðenda. Í þá heildartölu er svo deilt með fjölda hektara sem landgrunn jarðar nær yfir er og þannig fengin tala fyrir sjálfbæra hámarksnýtingu á frumframleiðendum á hvern hektara.

“Discard factor” gefur til kynna prósentuhlutfall brottkasts af heildarafla (Pauly and Christensen 1995). Þessi fasti er notaður til að minnka framleiðni hvernar tegundar til að endurspeglar frumframleiðnina sem glatast við brottkastið.

“Transfer efficiency” útskýrir orkutapið sem verður milli þrepa í lífkeðju vatnavistkerfa en það er talið nema 90%, þ.e. aðeins 10% orkunnar færast milli þrepa (Pauly and Christensen 1995). Innbyggð frumframleiðni eykst því tífalt á milli þrepa.

#### fish\_commodity\_efe

Reiknar Vistspor útflutnings á fiski með tölum um útflutning, heimsframleiðni og jöfnunarstuðul eftir jöfnu (1b).

#### fish\_commodity\_efi

Reiknar Vistspor innflutnings á fiski með tölum um útflutning, heimsframleiðni og jöfnunarstuðul eftir jöfnu (1b).

#### fish\_inland\_efp

Reiknar Vistspor veiða úr ám og vötnum eftir jöfnu (1b).

#### fish\_marine\_efp

Reiknar Vistspor veiða úr sjó eftir jöfnu (1b).

Þrep fæðukeðjunnar er ekki notað í útreikninga skjalsins en aðeins sýnt hér til tilsjónar. Þessar tölur koma frá Fishbase Database ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)) nema ef áætlun er ekki til þar þá er áætlað eftir meðaltali fyrir ISSCAAP (International Standard Statistical Classification of Aquatic Animals) flokk tegundarinnar.

## Vistspor skóglendis

#### prodstat\_forest\_w

Sýnir heildarframleiðslu ásamt verslun með við á heimsvísu. Tölur koma frá FAOSTAT (FAO ForesSTAT Statistical Database).

#### prodstat\_forest\_n

Sýnir heildarframleiðslu ásamt verslun með við á landsvísu. Tölur koma frá FAOSTAT (FAO ForesSTAT Statistical Database). Hér er ýmislegt sem ekki er gert grein fyrir í mælingunum og til að gæta samræmis við aðrar mælingar tek ég aðeins það sem fellur í

Þessa 33 flokka sem eru tilteknir og enga aðra.

Hér er áætluð tala fyrir framleiðslu fengin frá Þresti Eysteinsyni sviðsstjóra þjóðskóganna hjá Skógrækt Ríkisins (persónulegar upplýsingar 11. feb. 2010). Í tonnum er þessi tala áætluð 620 en það verða um 1000 m<sup>3</sup> miðað við 25-30% rakamagn.

#### forest\_yield\_n

Sýnir framleiðni íslenskra skóga fyrir hinar tvær frumvörur sem allar afleiddar vörur koma frá í þessum flokki.

“Extraction rate” er hér 1 þar sem um frumvörur er að ræða. Framleiðnin er árlegur meðal-vöxtur íslenskra skóga. Meðal-vöxtur íslenskra skóga árin 2000-2010 var 14.000 m<sup>3</sup> (Arnór Snorrason, persónulegar upplýsingar 7. jan. 2010) eða 0.45 m<sup>3</sup> á hvern hektara.

#### forest\_yield\_w

Sýnir meðal-framleiðni á heimsvísu. Notaðar eru tölur um meðal-vöxt fyrir frumvörur á meðan framleiðni fyrir afleiddar vörur er reiknuð eftir jöfnu (3a). “Extraction rates” eru fengin frá European Forest Sector Outlook Survey (UNECE and FAO 2005).

Þetta skjal er eins fyrir öll lönd og kemur því beint frá Global Footprint Network.

#### forest\_efe

Sýnir Vistspor útflutnings á viðarafurðum.

Tölur um útflutning koma úr prostat\_forest\_n. Tölur um framleiðni koma frá forest\_yield\_w og jöfnunarstuðullinn kemur frá eqf. Jafnan sem notuð er fyrir Vistsporið (EF) er jafna (1b).

#### forest\_efi

Sýnir Vistspor innflutnings á viðarafurðum.

Tölur um innflutning koma úr prostat\_forest\_n. Tölur um framleiðni koma frá forest\_yield\_w og jöfnunarstuðullinn kemur frá eqf. Jafnan sem notuð er fyrir Vistsporið (EF) er jafna (1b).

#### forest\_efp

Sýnir Vistspor innlendrar framleiðslu á viðarafurðum.

Tölur um framleiðslu koma úr prostat\_forest\_n. Tölur um framleiðni koma frá forest\_yield\_w og jöfnunarstuðullinn kemur frá eqf. Jafnan sem notuð er fyrir Vistsporið (EF) er jafna (1b).

## Vistspor beitilands

### feed\_mix\_n

Þetta skjal sýnir áætlun um hversu mikið þarf af fóðri til að framleiða eitt tonn af nefndum búvörum.

Fyrsti dálkurinn TFR (total feed requirement) sýnir hversu mörg tonn af fóðri þarf til að framleiða eitt tonn tiltekinni vöru. Næstu dálkar sýna hvernig sá tonnafjöldi skiptist á milli mismunandi fóðurtegunda sem fara í ræktunina. Tölurnar koma frá *Feeding the World* (Smil, 2000). Skjalið kemur beint frá Global Footprint Network (2008).

### feed\_intensity\_w

Reiknar út Vistspor eins tonns af nefndum fóðurtegundum (Fish meal og Other Concentrate Feed eru nefnd en ekki tekin með í reikning af óútskýrðum ástæðum).

Yield liðurinn sýnir meðal-framleiðni fóðurtegundanna á heimsvísu, EQF liðurinn sýnir jöfnunarstuðul fyrir viðeigandi landgerð – ræktað land eða beitiland eftir því sem við á. Intensity liðurinn sýnir hversu marga jarðhektara þarf til að framleiða eitt tonn af viðkomandi fóðurtegundum.

Extraction rates eru reiknuð af Global Footprint Network. Vistspor eins tonns af hverri tegund er fundin með því að deila framleiðninni í jöfnunarstuðulinn.

### livestock\_intensity\_w

Sýnir meðal-Vistspor fyrir hverja fóðurtegund á heimsvísu og reiknar heildarvistspor fyrir framleiðslu á einu tonni af nefndum landbúnaðarvörum, þ.e. meðaltal á heimsvísu.

Liðurinn Intensity er samtala allra liðanna sem á eftir fara og sýnir hvað þarf að meðaltali marga jarðhektara til að framleiða eitt tonn af viðeigandi landbúnaðarvöru. Hversu mikið landsvæði þarf fyrir hverja fóðurtegund er fundið með því að margfalda Intensity liðinn úr skjalinu feed\_intensity\_w (sem sýnir hversu stórt landsvæði þarf til að framleiða eitt tonn af hverri fóðurtegund) með viðeigandi liðum úr skjalinu feed\_mix\_w (sem sýnir hversu mikið þarf af hverri fóðurtegund til að framleiða viðkomandi landbúnaðarvöru).

Extraction rates koma frá Global Footprint Network. Þau hafa áhrif á útreikning afleiddra vara með þeim hætti að deilast í magn hvernar fóðurtegundar sem notuð er (feed\_mix tölurnar).

Fóðurtegundirnar hafa á endanum áhrif á Vistspor ræktaðs lands eða beitilands eftir því sem við á.

### livestock\_efe

Reiknar út Vistspor útflutnings á búfé og landbúnaðarvörum með því að margfalda magn útfluttrar vöru með því landsvæði sem þarf í ræktun fóðursins sem fer í framleiðsluna (sem finnst í skjalinu livestock\_intensity\_w). Tölur í Export liðnum koma frá skjalinu tradestat\_n. Hér eru aðeins tilteknar 59 landbúnaðarvörur svo það er ýmislegt sem ekki er tekið til af útflutningi Íslendinga. Af hverju allar landbúnaðarvörur eru ekki teknar með

hér er erfitt að segja en áfram verður þeirri reglu fylgt að breyta litlu eða engu til að gæta samræmis. Total er samtala liðanna sem á eftir fara.

### livestock\_efi

Reiknar út Vistspor innflutnings á búfé og landbúnaðarvörum með því að margfalda magn útfluttrar vöru með því landsvæði sem þarf í ræktun fóðursins sem fer í framleiðsluna (sem finnst í skjalinu livestock\_intensity\_w). Tölur í Import liðnum koma frá skjalinu tradestat\_n. Total er samtala liðanna sem á eftir fara.

Innflutningur Íslendinga á landbúnaðarvörum er svo lítil að hann mælist ekki hér þar sem inn- og útflutningur sem ekki nær tonni á ári er ekki skráður..

### resourcestat\_livestock

Sýnir stofna búfénaðar í landinu. Tölur koma frá Hagstofu Íslands og Bændasamtökunum (Guðlaug Eypórsdóttir, persónulegar upplýsingar 27. jan. 2010).

Tölur um býflugnabú koma frá Agli R. Sigurgeirssyni, formanni Býflugnaræktendafélags Íslands (persónulegar upplýsingar 11. feb. 2010).

Í landinu voru einnig 36,709 minnkar og refir í búum en þessar tegundir eru ekki teknar með í Vistspormælingunum og falla því fyrir utan hana.

### prodstat\_livestock\_w

Sýnir stofna og framleiðni búfénaðar á heimsvísu. Þetta skjal kemur beint frá Global Footprint Network (2008) og er ekki notað við útreikninga en er sýnt hér til samanburðar við tölur á landsvísu.

### prodstat\_livestock\_n

Sýnir íslenska stofna og framleiðni búfénaðar. Tölur koma frá Hagstofu Íslands og ProdSTAT. Í þessu tilviki voru ítarlegri upplýsingar að finna hjá ProdSTAT en þeim tölum sem hægt var að finna á báðum bar saman.

### cnst\_grazing

Fastar sem koma utanfrá (þe. ekki úr skjalinu sjálfu). Koma frá FAO ProdSTAT Statistical Database.

Hér er eru sýndir fastar fyrir hlutfall NPP fyrir meðal-beitiland á heimsvísu og hversu stór hluti þess er ætilegur. Þá eru einnig sýndar meðal-þyngdir ýmissa skepna (Smil, 2000).

### faostat\_feed\_ratio

Sýnir prósentuhlutfall uppskeru sem notað er í fóður. Hjá okkur er þetta helst bygg og kartöflur.

Samkvæmt Ólafi á Þorvaldseyri fóru aðeins 40 tonn af kornframleiðslunni til manneldis árið 2005 eða rétt um 0.004%. (Ólafur Eggertsson, persónulegar upplýsingar 12. jan. 2010).



Borgari Páll Bragason hjá Bændasamtökunum segir kartöflur notaðar til fóðurs í afar litlum mæli og áætlað að það sé ekki meira en um eitt prósent sem fer í slíkt (persónulegar upplýsingar 12. feb. 2010).

### residue\_supply\_n

Þessi síða sýnir magn uppskeruafganga sem notaðir eru sem fóður. Vegna þess að engin þeirra tegunda sem hér eru til talda eru ræktaðar á Íslandi (nema hveiti í svo litlu magni að það mælist varla) koma engar tölur inná skjalið og það hefur því engin áhrif á Vistspor Íslands.

Annars koma tölurnar fyrir magn þurrefnis (Dry Matter %) og hlutfall afganga sem notað er í fóður (Residue Feed Ratio) frá Haberl et al (Haberl et al, 2007) og eru þær margfaldaðar með uppskerutölunum til að finna áætlað magn sem fer í fóður.

### market\_feed\_supply\_n

Sýnir hlutfall innlendrar uppskeru sem notað er í fóður (hér eru undanskildar þær tegundir sem eru teknar fyrir í skjalinu grass\_supply\_n).

Hér er aukadálkur Feed Name sem kemur til vegna þess að nöfnin sem notuð eru í þeim tveimur talnabönkum sem notast er við ProdSTAT og FAOSTAT eru ekki alltaf nákvæmlega þau sömu.

Framleiðslan er hér margfölduð með prósentuhlutfalli sem notað er í fóður af uppskerunni og þannig fengin tala í liðinn Market Feed sem sýnir magn hvernar tegundar sem fer í fóður.

### grass\_supply\_n

Sýnir hversu mikið magn af grasi til fóðurs er til í landinu. Hér er aftur skjal sem Ísland nær ekki inná vegna þess að hvorki er stunduð framleiðsla né innflutningur á þeim tegundum sem hér eru tiltekna. Eins og sjá má eru hey dálkarnir strikaðir út í framleiðsludálkinum.

### feed\_demand\_n

Reiknar út magn fóðurs sem þarf til að framleiða það búfé sem landið hefur að geyma.

Feed Efficiency sýnir hversu mörg tonn af fóðri þarf til að framleiða eitt tonn af kjöti og Feed Intake sýnir hversu mörg kílógrömm af fóðri viðkomandi tegund þarf á degi hverjum. Hér er í báðum tilvikum átt við þurrefni fóðurs.

Feed Demand margfaldar saman magn framleiðslu og dýra með fóðurinntökunni og fær þannig út heildarmagn fóðurs sem þarf til að viðhalda stofninum.

### grazing\_efp

Reiknar Vistspor beitolands eftir jöfnu (1b) eftir að hafa dregið magn fóðurs frá heildarfóðurþörf búfés landsins og umbreytt magninu sem eftir stendur í jarðhektara beitolands. Est EFP stendur fyrir áætlað beitiland og stendur fyrir það svæði sem þarf til að standa undir fóðurþörfinni. Efp sýnir Vistspor beitolands en það getur aldrei verið stærra en það beitiland sem til er í landinu.

## Vistspor ræktaðs lands

### tradestat\_n

Sýnir inn- og útflutning Íslands á landbúnaðarvörum . Tölur teknar frá TradeSTAT (FAO TradeSTAT Statistical Database) og Hagstofunni. Engir útreiknar gerðir hér.

Allt sem fellur undir liðinn aggregate hjá TradeSTAT er ekki skráð enda hætta á tvítalningu þar sem sá liður tekur saman áðurtalda þætti. Hér fylgi ég einnig aðferðum Global Footprint Network. Þá er ýmislegt sem ekki er skráð hér vegna þess að það telst ekki í þúsundum tonna.

### prodstat\_crop\_w

Sýnir alla framleiðslu á landbúnaðarvörum á jörðinni, magn og það landsvæði sem notað er. Tölur teknar frá TradeSTAT (FAO TradeSTAT Statistical Database). Engir útreiknar gerðir hér, skjalið kemur beint frá Global Footprint Network (2008).

### prodstat\_crop\_n

Sýnir innlenda framleiðslu á landbúnaðarvörum. Magnús Ágústsson Garðyrkjuráðunautur Bændasamtakanna gaf þessar tölur í gegnum síma 22.12.09. Hér vantar nokkrar af minni tegundum og má gera ráð fyrir að það sé vegna þess að ræktunin er í svo litlu magni að hún er vart teljanleg.

Tölur um kornrækt koma frá Ólafi Eggertssyni á Þorvaldseyri (persónulegar upplýsingar 13. jan. 2010). Tölur um sveppi frá Tjörva Bjarnasyni hjá Bændasamtökunum (persónulegar upplýsingar, 13. jan. 2010).

### crop\_yield\_n

Reiknar meðal-framleiðni ræktaðra svæða á Íslandi fyrir þær tegundir sem eru ræktaðar hér með því að deila í magn framleiðslu með svæði sem ræktað er á. Hér eru einnig sýnd “extraction rates” fyrir afleiddar vörur en þær snerta ekki íslenska framleiðslu.

### crop\_yield\_w

Reiknar meðal-framleiðni ræktaðra svæða jarðar fyrir þær tegundir sem eru til taldar þegar reiknað er Vistspor framleiðslu. Hér er notast við extraction rates fyrir afleiddar vörur og framleiðni þeirra fundin með jöfnu (3a) (extraction rates eru reiknuð af Global Footprint Network útfrá meðaltalstölum frá FAO). Framleiðni frumvara er reiknuð eins og á landsvísu.

### crop\_trade\_yield\_w

Reiknar meðal-framleiðni ræktaðra svæða jarðar (framleiðsla/stærð svæðis) fyrir þær tegundir sem eru til taldar þegar reiknað er Vistspor viðskipta (inn- og útflutnings). Hér er notast við extraction rates fyrir afleiddar vörur og framleiðni þeirra fundin með jöfnu (3a) (extraction rates eru reiknuð af Global Footprint Network útfrá meðaltalstölum frá FAO).

### crop\_unharv\_efp

Reiknar út Vistspor ónotaðs ræktunarlands. Hér er reiknaður “skattur” eftir því hversu stór hluti lands sem tekið hefur verið undir ræktun liggur ónýttur.

### crop\_efe

Reiknar út Vistspor útflutnings landbúnaðarvara eftir jöfnu (1b). Tölur um útflutning koma frá skjalinu tradestat\_n og jöfnunarstuðull úr skjalinu eqf. Framleiðnitölur (yield) koma frá skjalinu crop\_trade\_yield\_w þar sem hnattrænt meðaltal er notað fyrir inn- og útfluttar vörur í þessum flokki. Þær fáu vörur sem við flytjum út fá hinsvegar enga framleiðnitölu og því fær Ísland núll í þennan lið. Þetta vanmetur þá útflutning Íslendinga og ofmetur þá Vistspor þeirra.

### crop\_efi

Reiknar út Vistspor innflutnings á landbúnaðarvörum eftir jöfnu (1b). Tölur um innflutning koma frá skjalinu tradestat\_n og jöfnunarstuðull úr skjalinu eqf. Framleiðnitölur (yield) koma frá skjalinu crop\_trade\_yield\_w þar sem hnattrænt meðaltal er notað fyrir inn- og útfluttar vörur í þessum flokki.

### crop\_efp

Reiknar út Vistspor innlendrar framleiðslu á landbúnaðarvörum eftir jöfnu (1b). Tölur um framleiðslu koma frá skjalinu prodstat\_crop\_n og jöfnunarfasti úr skjalinu eqf. Framleiðnitölur (yield) koma frá skjalinu crop\_trade\_yield\_w.

## Líffræðileg geta

### biocap

Reiknar út líffræðilega getu fyrir allar landgerðir samkvæmt jöfnu (2). Kolefnisjöfnunarland er hér undanskilið vegna þess að það er talið hluti af skóglendi og myndi valda tvítalningu ef tekið til sérstaklega hér

Tölur um stærð landsvæða koma frá skjalinu land\_use. Vegna skorts á upplýsingum um framleiðni stöðu- og straumvatna er framleiðnistuðullinn settur 1 og þannig gert ráð fyrir að framleiðnin sé sú sama alstaðar í heiminum og jöfnunarstuðullinn settur jafn jöfnunarstuðli sjávar og þannig gert ráð fyrir að ár hvert sé sama framleiðni í sjó og í vötnum og ám.

### ef\_fish

Sýnir heildarvistspor innflutnings, útflutnings, framleiðslu á fiski og reiknar út Vistspor neyslu eftir jöfnu (6).

### ef\_built

Sýnir Vistspor framleiðslu og neyslu á landi sem hverfur undir mannvirki. Þar sem ekki er um neinn inn- eða útflutning að ræða er Vistspor neyslu jafnt Vistspori framleiðslu að öðru leyti er hér verið að nota jöfnu (6).

## ef\_carbon

Tekur saman kolefnisspor framleiðslu og inn- og útflutnings Íslendinga. Hér eru samtölur fyrri skjala teknar saman og reiknað út heildarvistspor neyslu samkvæmt jöfnu (6).

Liðurinn Non Fossil Fuel Carbon Emissions er ætlaður undir losun kolefna vegna sementsframleiðslu, landbreytinga og ósjálfbærum hluta framleiðslu á lífrænu eldsneyti. Þetta fellur utan við mælingu Vistsporsins.

## ef\_forest

Þetta skjal summar upp Vistspor skóglendis fyrir framleiðslu, innflutning og útflutning á viðarafurðum. Tölurnar koma frá forest\_efp, forest\_efi og forest\_efe. Vistsporið er svo reiknað eftir jöfnu (6). Afleiddu vörurnar eru aðeins teknar með í inn- og útflutningi til að koma í veg fyrir tvítalningu.

## ef\_grazing

Reiknar heildarvistspor beitolands, þe. framleiðslu, út- og innflutning eftir jöfnu (6).

## ef\_crop

Tekur saman samtölur fyrir Vistspor ræktaðs lands, ræktaðs lands sem dvelst í búfénaði og ræktaðs lands sem ekki er nýtt. Reiknar að auki út Vistspor hvers liðs fyrir sig og heildarvistspor alls ræktaðs lands eftir jöfnu (6).

## Summary

Sýnir samantekt á öllu sem á undan er farið og reiknar heildarvistspor Íslands sem og Vistspor hvers Íslendinga miðað við það. Þá sýnir samantektin einnig hversu margar jarðkúlar þyrfti til ef allt mannkyn lifði eins og Íslendingar.

# **Viðauki B**

**Rafrænn viðauki – Vistspor Íslands 2005, útreikningar.**



# **Viðauki C**

**Rafrænn viðauki – Vistspor Íslands 2005, útreikningar m.t.t. íslenskra aðstæðna.**