



## **Byggingarefni á Íslandi**

Uppruni, flutningar til landsins ásamt kolefnisspori timburs

Kenneth Breiðfjörð



Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
2011

# **Byggingarefni á Íslandi**

Uppruni, flutningar til landsins ásamt kolefnisspori timburs

Kenneth Breiðfjörð

30 eininga ritgerð sem er hluti af  
*Magister Scientiarum* gráðu í byggingarverkfræði

Leiðbeinendur  
Dr. Björn Marteinsson  
Dr. Harpa Birgisdóttir

Fulltrúi deildar  
Eva Yngvadóttir

Umhverfis og byggingarverkfræðideild  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Reykjavík, 12.maí 2011

Byggingarefni á Íslandi, - uppruni, flutningar til landsins ásamt kolefnisspori timburs  
30 eininga ritgerð sem er hluti af *Magister Scientiarum* gráðu í verkfræði

Höfundarréttur © 2011 Kenneth Breiðfjörð  
Öll réttindi áskilin

Umhverfis og byggingarverkfræðideild  
Verkfræði- og náttúruvísindasvið  
Háskóli Íslands  
Hjarðarhaga 2-6  
107 Reykjavík  
Sími: 525 4000

Skráningarupplýsingar:

Kenneth Breiðfjörð, 2011, *Byggingarefni á Íslandi, uppruni, flutningar til landsins ásamt kolefnisspori timburs*, meistararitgerð, Umhverfis- og byggingarverkfræðideild, Háskóli Íslands, 50 bls.

Prentun: Háskólaprent  
Reykjavík, maí 2011

# Útdráttur

Í ritgerðinni er fjallað um uppruna byggingarefna sem notuð eru á Íslandi. Tekið er saman yfirlit yfir þau byggingarefni sem flutt voru til landsins á árunum 2008 til 2010. Heildarmagn innfluttra byggingarefna nam 538.826 tonnum á tímabilinu. Sement, timbur, steypustyrktarjárn og vörur úr gipsefnum voru 68,24% af innflutningi tímabilsins. Stærstur hluti byggingavara kemur frá Norðurlöndunum og Eystrasalts löndunum þremur, Eistlandi, Lettlandi og Litháen. Af heildarinnflutningi á tímabilinu voru 34,45% frá Danmörku en sement er sú vara sem helst er flutt inn frá Danmörku. Innflutningur á timbri nam 108.089 tonnum en 76,18% af því kemur frá Eistlandi, Lettlandi og Finnlandi. Innflutningur á árunum 2008 til 2010 var að meðaltali 72.470 tonn en meðaltal árána 1999 til 2007 var 110.585 tonn. Innlend framleiðsla sements var 225.360 tonn á árunum 2008 til 2010 og framleiðsla steinullar á sama tímabili var 251.724 m<sup>3</sup>.

Samkvæmt helstu niðurstöðum er losun CO<sub>2</sub> frá stórflutningaskipum, sem aðallega flytja byggingavörur til landsins, um 42,7 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km samanborið við 18,6 CO<sub>2</sub>/tonn\*km sem GaBi hugbúnaðurinn reiknar fyrir slík skip. Niðurstöður greiningar á losun CO<sub>2</sub> frá gámaflutningum er um 32,7 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km sé miðað við 70% nýtni á fjölda gáma um borð samanborið við 23,4 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km sem GaBi hugbúnaðurinn reiknar. Þessi losun er því nokkuð meiri fyrir Ísland heldur en miðað er við í erlendum upplýsingum. Þar ræður siglingaleiðin mestu þar sem hún er oft á tíðum erfið.

Sjóflutningur vegur þyngst í heildarlosun vegna flutninga á timbri frá verksmiðju til notanda eða 68%. Flutningur frá vöruhúsi til verslana er einnig stór þáttur í heildarlosun vegna flutninga eða 19%. Flutningur frá verslun til notanda er 4% og frá verksmiðju til hafnar 8%.

Kolefnisspor timburs reiknað yfir allan líftíma þess er 0,055 kg CO<sub>2</sub> ígildi sé miðað við brennslu í lok líftímans ef kolefnisupptaka timburs í skógi er dregin frá. Ef miðað er við að timbrið fari í landfyllingu í enda vistferilsins er kolefnissporið jákvætt um 0,161 kg af CO<sub>2</sub> ígildum þar sem kolefnisupptaka timburs í skógi vegur upp á móti öllu því CO<sub>2</sub> sem verður til á líftímanum.

# Abstract

This thesis analyzes the source of building materials used in Iceland. An overview is created for the building materials that was imported during 2008 to 2010. The total quantity of imported building materials where 538.826 tonns during these years. Cement, timber, steel bars and gypsum material where 68,24% of the total import. The biggest part of the materials comes from the Nordic and Baltic countries. 34,45% of the total import came from Danmark and most part of that where sement. Total of 108.089 tonns of timber where imported and 76,8% of that comes from three countries i.e. Estonia, Latvia and Finland. The average annual import during the years 2008 to 2010 where 72.470 tonns compared to 110.585 during the years 1999 to 2007. The local production of sement during 2008 to 2010 where 225.360 tonns and production of rockwool where 251.724 m<sup>3</sup> during the same time.

The greenhouse gas emissions for bulk ships that transport building materials to Iceland was found to be 42,7 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km compared to 18,6 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km that GaBi gives for simmlar ships. For containerships the emissions where found to be 32,7 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km assuming 70% efficiency of number of containers on board compared to 23,7 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km that GaBi gives for simmlar ships. The emission is therefore higher for Iceland compared to international shipping and the main reason is that the shipping route to Iceland is difficult.

The biggest part of the greenhouse gas emissions from transport comes from shipping or 68%. Transport from warehouse to stores is 19% of the total emissions from transport. The emissions from transport from the mill to the harbor is 8% and from store to customer is 4%.

The carbon footprint during the complete life cycle of timber is 0,055 kg of CO<sub>2</sub> equivalentents if the timber is incinerated at the end of the life cycle and the carbon sequestration during time in forest is taken into account. The carbon footprint is positive of 0,161 kg of CO<sub>2</sub> equivalentents if the timber is used for landfill at the end of the life cycle because the carbon sequestration in the forest is more than the emissions during the rest of the life cycle.

# Efnisyfirlit

Útdráttur .....	iii
Abstract .....	iv
Efnisyfirlit .....	v
Myndir .....	vii
Töflur .....	viii
Skammstafanir og skilgreiningar .....	ix
Þakkir .....	x
<b>1 Inngangur.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Uppruni byggingarefna .....</b>	<b>3</b>
2.1 Innflutningur eftir vöruflokkum.....	3
2.2 Innflutningur eftir löndum .....	4
2.3 Hvaðan kemur tímrið? .....	8
2.4 Þróun innflutnings síðustu ára .....	9
2.5 Innlend framleiðsla .....	10
2.5.1 Steinull.....	10
2.5.2 Sement:.....	11
<b>3 Sjóflutningar .....</b>	<b>13</b>
3.1 Gámaflutningar .....	13
3.2 Stórflutningar .....	16
3.3 Losun gróðurhúsalofttegunda frá skipum .....	16
3.3.1 Áhrif siglingahraða á eldsneytisnotkun .....	17
3.3.2 Nýtnivísitala hönnunar .....	18
3.3.3 Nýtnivísitala notkunar .....	18
3.3.4 CO <sub>2</sub> nýtni flutninga á sjó .....	19
3.3.5 Útreikningar á CO <sub>2</sub> losun frá skipaumferð .....	20
3.3.6 Finnsla LIPASTO modelið .....	21
3.3.7 GaBi forritið .....	22
3.3.8 CO <sub>2</sub> nýtni sjóflutninga til Íslands .....	22
<b>4 Vistferilsgreining .....</b>	<b>25</b>
4.1 Almenn .....	25
4.2 Saga vistferilsgreiningar .....	26
4.3 Takmarkanir á vistferilsgreiningu .....	28
4.4 Gagnrýni á vistferilsgreiningu .....	28
4.5 Lykilþættir vistferilsgreiningar .....	28
4.6 Helstu skref vistferilsgreiningar.....	29
4.6.1 Markmið og umfang .....	29
4.6.2 Greining gagna .....	30
4.6.3 Mat á áhrifum .....	30
4.6.4 Túlkun.....	31
4.7 Notkun og tæki vistferilsgreiningar .....	31

4.8	GaBi hugbúnaðurinn.....	31
<b>5</b>	<b>Timbur sem byggingarefni .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Kolefnisspor timburs.....</b>	<b>35</b>
6.1	Umfang og markmið .....	35
6.2	Greining gagna.....	37
6.3	Mat á áhrifum.....	40
6.4	Niðurstöður kolefnisspors timburs.....	42
<b>7</b>	<b>Umræða og niðurstöður.....</b>	<b>43</b>
	<b>Heimildaskrá.....</b>	<b>45</b>
	<b>Viðauki A: Tollflokkar notaðir í hvern vöruflokk .....</b>	<b>47</b>
	<b>Viðauki B: Tollflokkar notaðir í hvern vöruflokk Hagstofunnar .....</b>	<b>49</b>
	<b>Viðauki C: Hráefnis- og orkunotkun í timburframleiðslu UPM .....</b>	<b>50</b>

# Myndir

Mynd 1: Heildar innflutningur í tonnum árin 2008-2010.....	4
Mynd 2: Heildar innflutningur í tonnum eftir löndum árin 2008-2010.....	4
Mynd 3: Skipting milli landa á heildarinnflutningi á byggingavöru .....	5
Mynd 4: Innflutningur á byggingavörum frá Danmörku árin 2008 til 2010.....	6
Mynd 5: Innflutningur á byggingavörum frá Lettlandi árin 2008 til 2010.....	6
Mynd 6: Innflutningur á byggingavörum frá Eistlandi árin 2008 til 2010.....	7
Mynd 7: Innflutningur á byggingavörum frá Finnlandi árin 2008 til 2010.....	7
Mynd 8: Innflutningur á byggingavörum frá Noregi árin 2008 til 2010.....	8
Mynd 9: Innflutningur á timbri eftir löndum árin 2008 til 2010.....	8
Mynd 10: Skipting magns milli landa sem selja timbur til Íslands.....	9
Mynd 11: Innflutningur á byggingavörum árin 1999 til 2010.....	10
Mynd 12: Norðurleið Eimskipa (Eimskip, 2011).....	14
Mynd 13: Suðurleið Eimskipa (Eimskip, 2011).....	14
Mynd 14: Ameríkuleið Eimskipa (Eimskip, 2011).....	14
Mynd 15: Austurleið Eimskipa (Eimskip, 2011).....	15
Mynd 16: Flutningaleiðir Samskipa. (Samskip, 2011).....	15
Mynd 17: Stærðarbil CO <sub>2</sub> nýtni flutningsmáta (IMO, 2009).....	19
Mynd 18: CO <sub>2</sub> losun miðað við nýtni gámaskipa.....	23
Mynd 19: Mismunandi kerfismörk vistferilsgreiningar .....	26
Mynd 20: Helstu skref vistferilsgreiningar (Staðlaráð Íslands, 1997).....	29
Mynd 21: Timbur og kolefnishringrás .....	36
Mynd 22: Kerfismörk .....	36
Mynd 23: Framleiðsla raforku í Finnlandi.....	37
Mynd 24: Magn gróðurhúsalofttegunda miðað við brennslu .....	40
Mynd 25: Magn gróðurhúsalofttegunda miðað við landfyllingu .....	41
Mynd 26: Hlutfall hvers flutningsmáta í losun gróðurhúsalofttegunda af heildarflutningi .....	42



# Töflur

Tafla 1: Skipakostur Eimskipa .....	15
Tafla 2: Skipakostur Samskipa .....	16
Tafla 3: Losun gróðurhúsalofttegunda frá skipaumferð árið 2007 .....	17
Tafla 4: Mat á CO <sub>2</sub> nýtni flutningaskipa (IMO, 2009) .....	20
Tafla 5: Mat á CO <sub>2</sub> nýtni flutningaskipa miðað við LIPASTO módelið .....	21
Tafla 6: Mat á CO <sub>2</sub> nýtni flutningaskipa miðað við GaBi forritið .....	22
Tafla 7: Forsendur útreikninga á CO <sub>2</sub> losun gámaskipa .....	23
Tafla 8: Flutningsvegalengd til landshluta á 1 kg af byggingavöru .....	38
Tafla 9: Vegalengd, flutningstæi og nýtni flutningsmáta .....	39

# Skammstafanir og skilgreiningar

DWT (e: dead weight): Flutningsgeta skips.

TEU (e: twenty foot equivalent unit): Gámaeining sem jafngildir einum 20 feta gám.

Stórflutningaskip (e: bulk ship): Flutningur heilfarma.

CO<sub>2</sub>: Koltvíoxíð, myndast við bruna jarðefnaeldsneytis, er sú gróðurhúsalofttegund sem talin er eiga mestan þátt í heimshlýnun.

CO<sub>2</sub> ígildi: Gildi sem notað er til að sýna samanlögð gróðurhúsaáhrif mismunandi lofttegunda.

GWP (e: Global warming potential): Lofttegundir sem hafa gróðurhúsaáhrif.

EEDI: (e: energy efficiency design index): Nýtnivísitala hönnunar.

EEOI: (e: energy efficiency operating index): Nýtnivísitala notkunar.

MEPC: (e: Marine Environment Protection Committee): Umhverfisverndarnefnd alþjóða siglingamálastofnunarinnar.

LIPASTO: Finniskur gagnagrunnur um flutninga á sjó, vegum, járnbrautum og flugi.

MEERI: Sá hluti finnska gagnagrunnsins LIPASTO sem nær til flutninga á sjó.

GaBi: Hugbúnaður sem hannaður er til vistferilsgreininga.

UNEP: (e: United nations environmental programme): Umhverfisáætlun Sameinuðu þjóðanna.

LCA: (e: Life cycle analysis): Vistferilsgreining.

LCI: (e: Life cycle inventory): Gagnagrunnur vistferilsgreiningar.

BRE: (e: Building Research Establishment): Bresk sjálfseignarstofnun sem stundar rannsóknir í byggingariðnaði.

PEFC: (e. The programme for the endorsement of forest certification schemes): Áætlun um vottun skóga

FSC: (e: Forest stewardship council): Ráðgjafarnefnd um stjórnun skóglendis

UPM: Finniskur framleiðandi af timbri, krossvið og pappír.

# Þakkir

Mig langar að þakka leiðbeinendum mínum dr. Birni Marteinsyni og dr. Hörpu Birgisdóttur fyrir aðstoð og leiðbeiningar varðandi ritgerðina. Einnig vil ég þakka kennurum og starfsmönnum Verkfræðideildar Háskóla Íslands fyrir frábært starf á þeim tíma sem ég hef verið nemandi við deildina.

Ég vil einnig þakka starfsmönnum á umhverfissviði UPM fyrir hjálpina varðandi upplýsingar sem nauðsynlegar voru í þessari ritgerð.

Að lokum vil ég þakka þeim Stefáni Árna Einarssyni, Ólafi Þór Júlíussyni, Júlíusi Sigurþórssyni og Einari Sveinssyni starfsmönnum Húsasmiðjunnar sem hafa á ýmsan hátt aðstoðað mig og gert það mögulegt fyrir mig að sækja meistaranám samhliða starfi mínu hjá fyrirtækinu.

# 1 Inngangur

Íslendingar hafa á síðustu áratugum byggt mikið mannvirkjum af ýmsu tagi, stíflur, vegi, hús og svo mætti lengi telja. Þróun á byggingarefnum sem notuð eru og almennt í byggingariðnaði hefur að sama skapi verið hröð. Á landinu finnast ekki mörg heppileg efni til bygginga í vinnanlegu og nothæfu magni þó menn hafi gert sér þau að góðu fyrir á öldum. Staðsetning Íslands á heimskortinu gerir það að verkum að langt er að sækja heppileg, ódýr og góð byggingarefni. Sökum þess hve Ísland er fámenn þjóð má ætla að magnið sem flutt er sé tiltölulega lítið miðað við fjarlægð á helstu markaði. Auk þess má ætla að siglingaleiðin til landsins sé mjög orkufrek vegna erfiðra skilyrða vegna vinds og sjólags. Því er áhugavert að skoða áhrif flutninga m.t.t. umhverfisins á vistferil byggingarvara sem seldar eru á Íslandi. Kolefnisspor mælir magn gróðurhúsalofttegunda sem rekja má m.a. til vöru og verður sú aðferð notuð til greiningar vistferli á timbri.

Markmið verkefnisins eru:

1. Finna upprunalönd og magn helstu byggingarefna sem notuð eru á Íslandi.
2. Greina þær leiðir sem notaðar eru til flutninga á þessum byggingarefnum til landsins.
3. Greina þau umhverfislegu áhrif sem hljótast af þessum flutningum til landins og bera saman við erlenda gagnagrunna.
4. Finna kolefnisspor timburs sem selt er á Íslandi og kanna hvaða áhrif flutningur hefur á vistferil timburs.



## 2 Uppruni byggingarefna

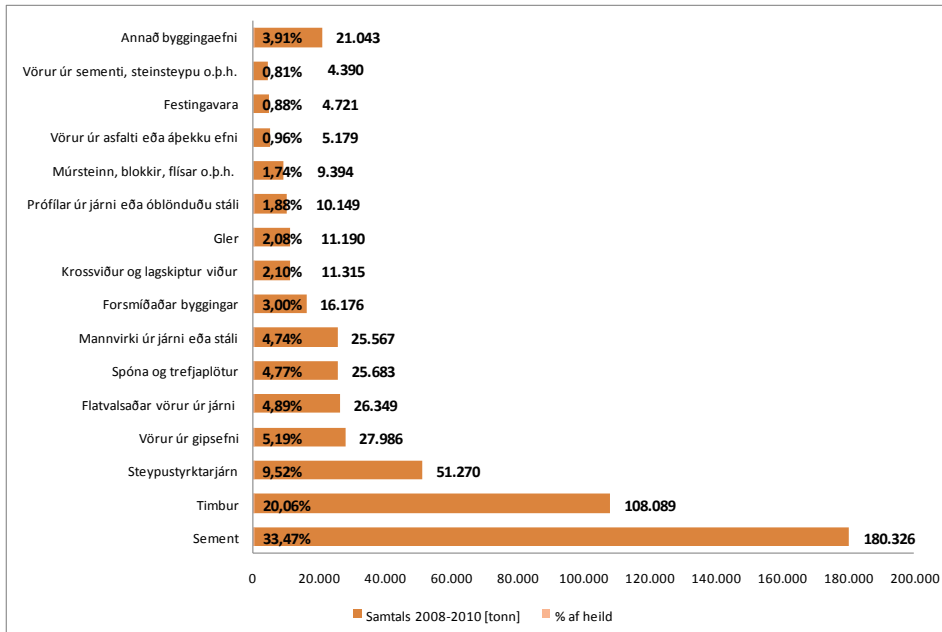
Á öldum áður bjuggu Íslendingar í torfbæum sem byggðir voru úr þeim efnivið sem til var í náttúrunni. Veggir þeirra voru hlaðnir úr torfi og grjóti og þakið einkum úr timbri og torfi. Síðustu áratugina hefur húsakostur Íslendinga breyst mikið með tilkomu hentugri byggingarefna sem hafa verið framleidd hér eða flutt til landsins.

Staðsetning Íslands í Norður Atlantshafi gerir það að verkum að siglinaleiðin frá framleiðendum byggingarvara er löng og oft á tíðum erfið vegna sjólags, veðurs og vinds. Vegna þessa má ætla að flutningur til Íslands sé orkufrekur og umhverfisáhrif vegna flutninganna sé meiri en gengur og gerist annarsstaðar en eitt af megin markmiðum verkefnisins er að kanna hvort svo sé. Nánar er fjallað um orkuþátt og umhverfiáhrif vegna flutninga í kafla 3.

Hagstofa Íslands vinnur að söfnun gagna, úrvinnslu og birtingu tölfræðilegra upplýsinga þ.m.t. um vöruskipti við útlönd (Hagstofa Íslands, 2011). Á vef Hagstofunnar má finna upplýsingar um innflutning eftir tollskrárnúmerum eftir uppruna, þ.e. frá hvaða löndum viðkomandi vara kemur. Í köflum 2.1, 2.2 og 2.3 hér á eftir er nánar fjallað um magn innflutnings og uppruna byggingarvara. Þar hafa verið teknar saman tölur um innflutning í tonnum á alls 278 tollskrárnúmerum sem tilheyra byggingavöru eftir löndum á þessu tímabili. Þar sem tollskrárnúmerin eru mjög mörg voru þau tekin saman og sett í vöruflokka sem eru lýsandi fyrir hvers konar vörur er um að ræða. Í viðauka I má sjá hvaða tollskrárnúmer voru notuð í hvern vöruflokk. Í kafla 2.4 er sýnd þróun sem hefur orðið á magni innfluttra byggingarvara á árunum 1999 til 2010. Í köflum 3.1. og 3.2 er fjallað um þær flutningaleiðir sem mögulegar eru til að flytja byggingarvörur til landsins.

### 2.1 Innflutningur eftir vöruflokkum

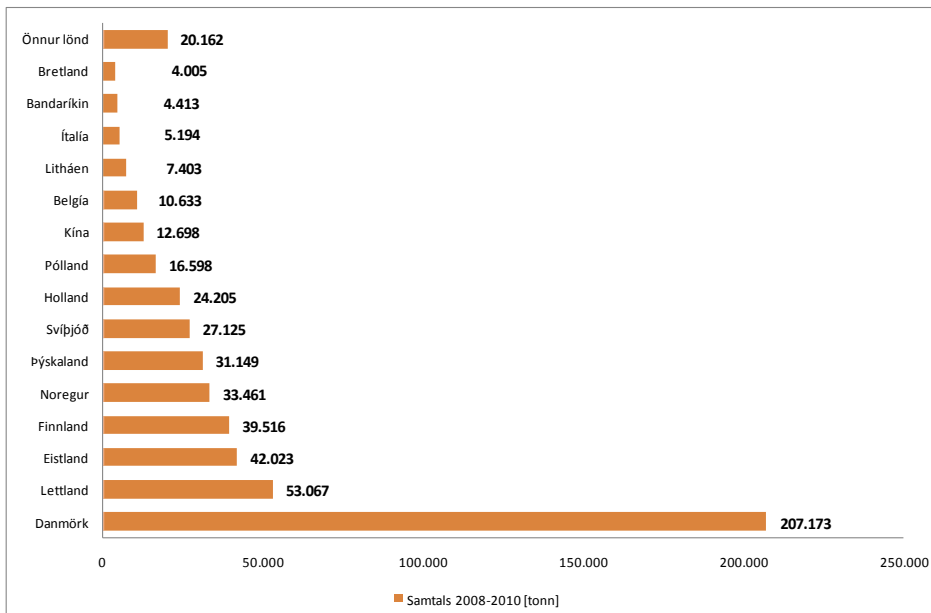
Innflutningur byggingavara er mjög misjafn á milli ára og skýrist það af ástandi byggingarmarkaðarins hverju sinni. Auk þess kann að vera að miklar birgðir séu til í einstökum vöruflokkum og viðkomandi vöruflokkur því lítið keyptur inn á ákveðnu ári. Því er nauðsynlegt að skoða nokkur ár saman til að fá raunhæfa mynd af innflutningi byggingarvara. Á mynd 1 sést heildar innflutningur á byggingavöru í tonnum á árunum 2008 til 2010 eftir vöruflokkum. Heildar innflutningur byggingaefna á þessu tímabili var 538.826 tonn. Á myndinni má sjá að 15 vöruflokkar ná yfir 96,09% af heildarinnflutningi byggingaefna, eða 517.783 tonn, á þessu tímabili. Innflutningur af öðru byggingaefni á sama tímabili voru 21.043 tonn eða 3,91%. Sement, timbur, steypustyrktarjárn og vörur úr gipsefnum voru 68,24% af heildarinnflutningi byggingaefna á þessu tímabili. Timbur eitt og sér nam 108.089 tonnum á tímabilinu. Timbur er keypt inn í rúmmetrum og er það því heppilegri mælieining í þessu tilfelli. Ef gert er ráð fyrir að hver rúmmeter af byggingatimbri sé 550 kg þá er heildarinnflutningur á timbri á þessu tímabili um 197 þúsund rúmmetrar.



Mynd 1: Heildar innflutningur í tonnum árin 2008-2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

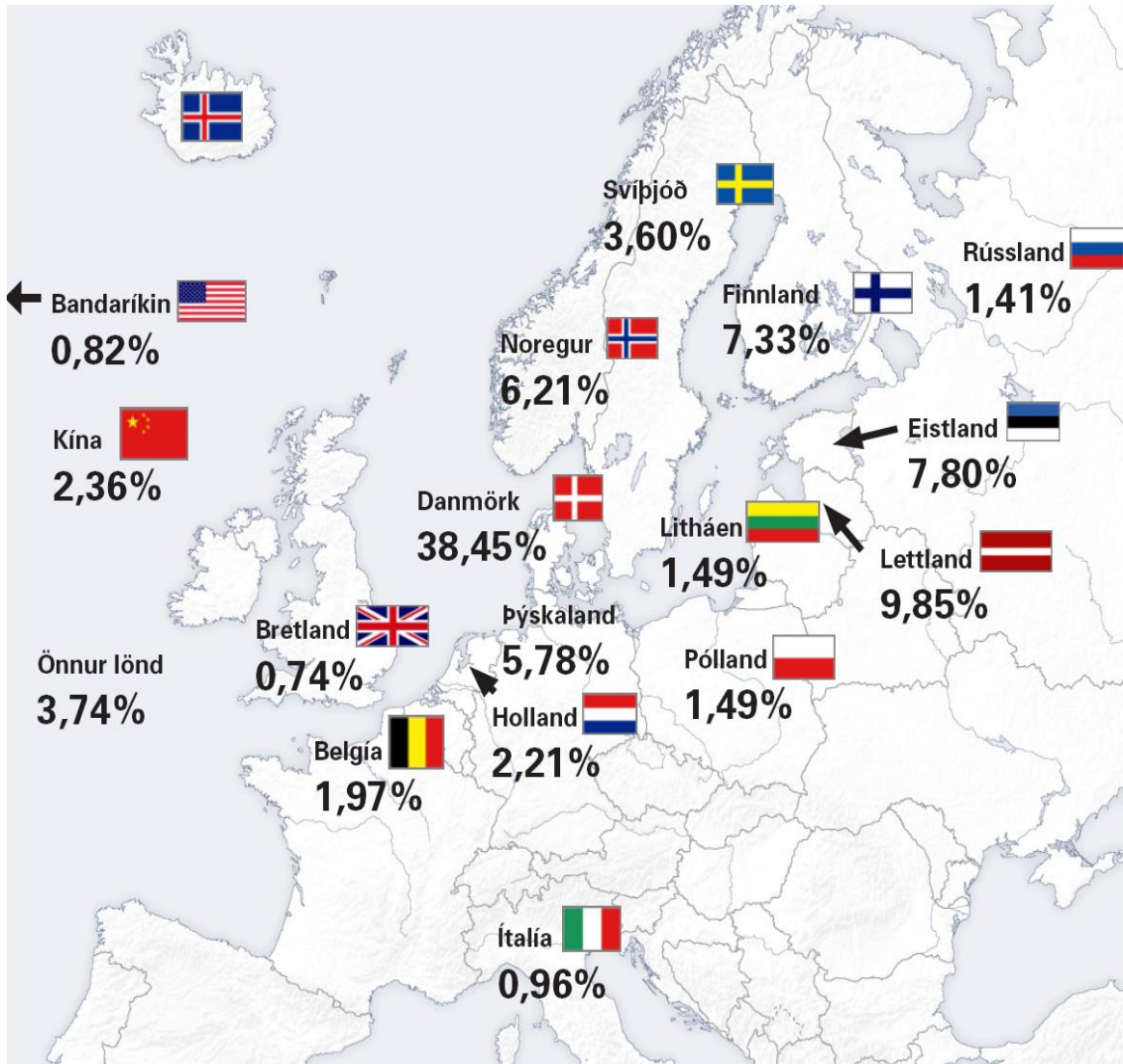
## 2.2 Innflutningur eftir löndum

Á mynd 2 hér að neðan sést heildar innflutningur í tonnum eftir löndum á árunum 2008 til 2010. Eins og sést á myndinni koma 69,64% innfluttra byggingavara frá fimm löndum þ.e. Danmörk, Lettland, Eistland, Finnland og Noregi. Innflutningur frá Danmörku er 38,45% af heildarinnflutningi byggingavara til Íslands.



Mynd 2: Heildar innflutningur í tonnum eftir löndum árin 2008-2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

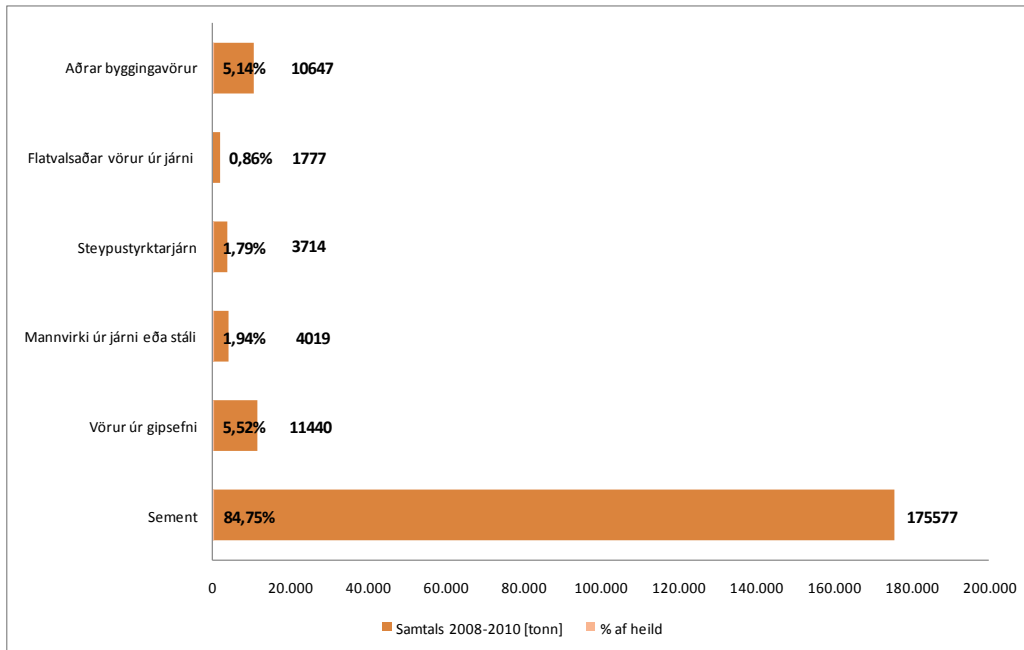
Hlutfallsleg skipting milli landa sést á mynd 3 en stærstur hluti byggingavara kemur frá Norðurlöndunum, Eistlandi, Lettlandi og Litháen. Það virðist því vera að mestur innflutningur sé frá þeim löndum sem eru landfræðilega næst okkur. Hugsanleg skýring á þessu er að framleiðendur byggingavara í þessum löndum eru samkeppnisfærir í verðum við aðra framleiðendur. Auk þess má ætla að flutningskostnaður hafi veruleg áhrif á val innflytjenda á birgjum því sá kostnaður er oft á tíðum stór liður í verði vörunnar.



Mynd 3: Skipting milli landa á heildarinnflutningi á byggingavöru

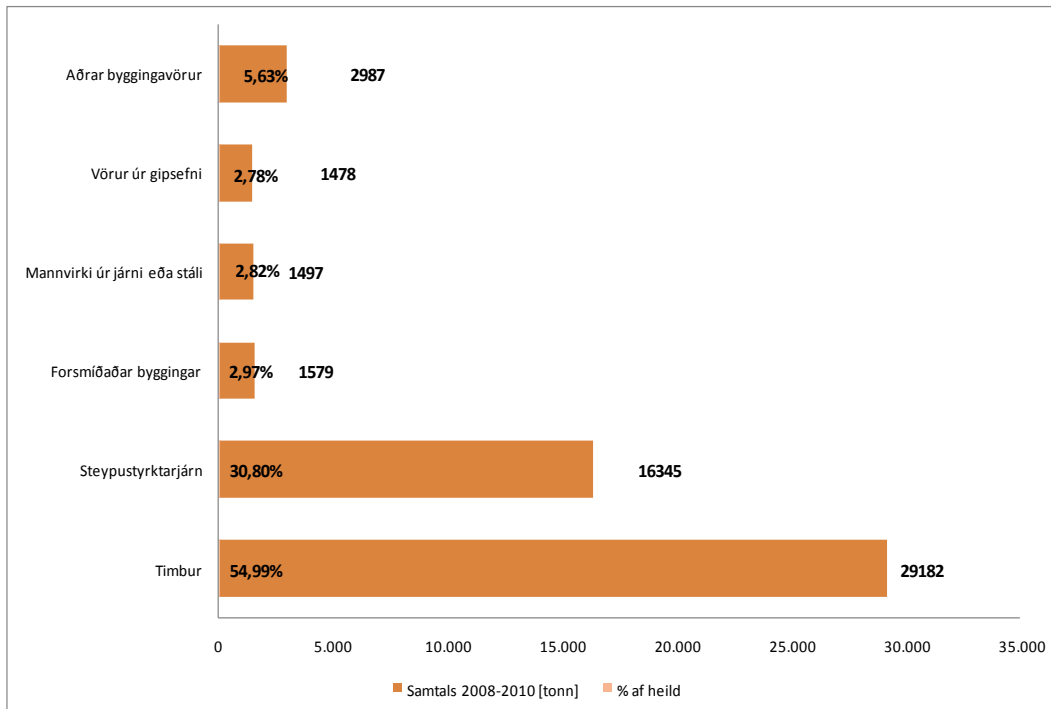
Athyglisvert er að skoða hvaða vörflokkar það eru sem helst koma frá þessum löndum, sjá myndir 4-8. Á mynd 4 má sjá að 84,75% innflutnings byggingavöru frá Danmörku er sement eða 175.577 tonn á árunum 2008 til 2010, aðrir vörflokkar veга mun minna.





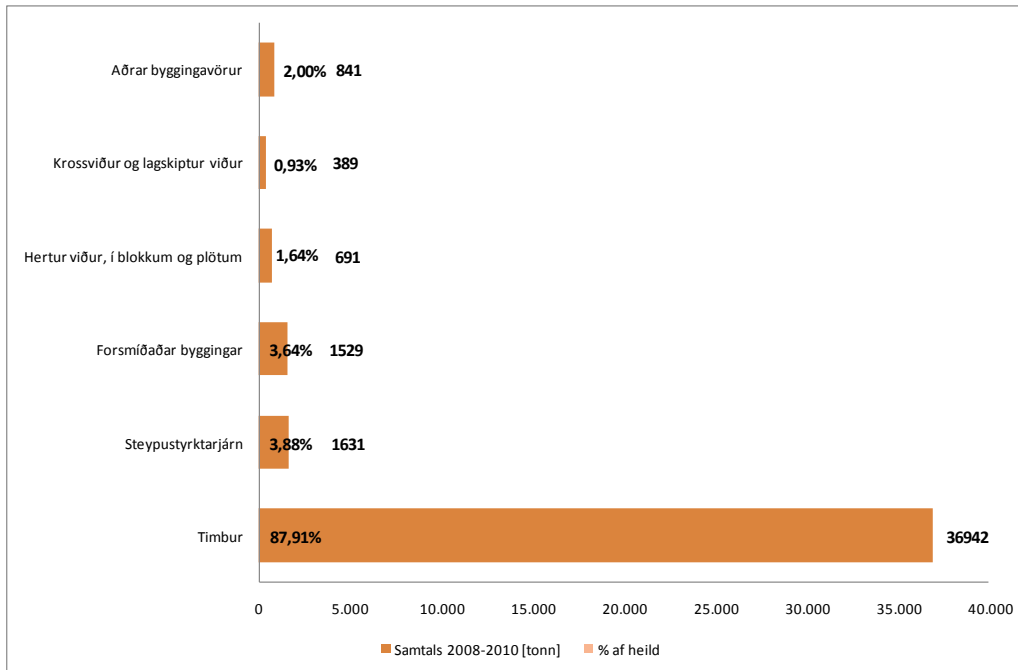
Mynd 4: Innflutningur á byggingavörum frá Danmörku árin 2008 til 2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

Frá Lettlandi skera timbur og steypustyrktarjárn sig úr hvað varðar innflutt magn í tonnum. Þessir tveir flokkar eru samtals 85,79% af heildarinnflutningi frá Lettlandi, sjá mynd 5.



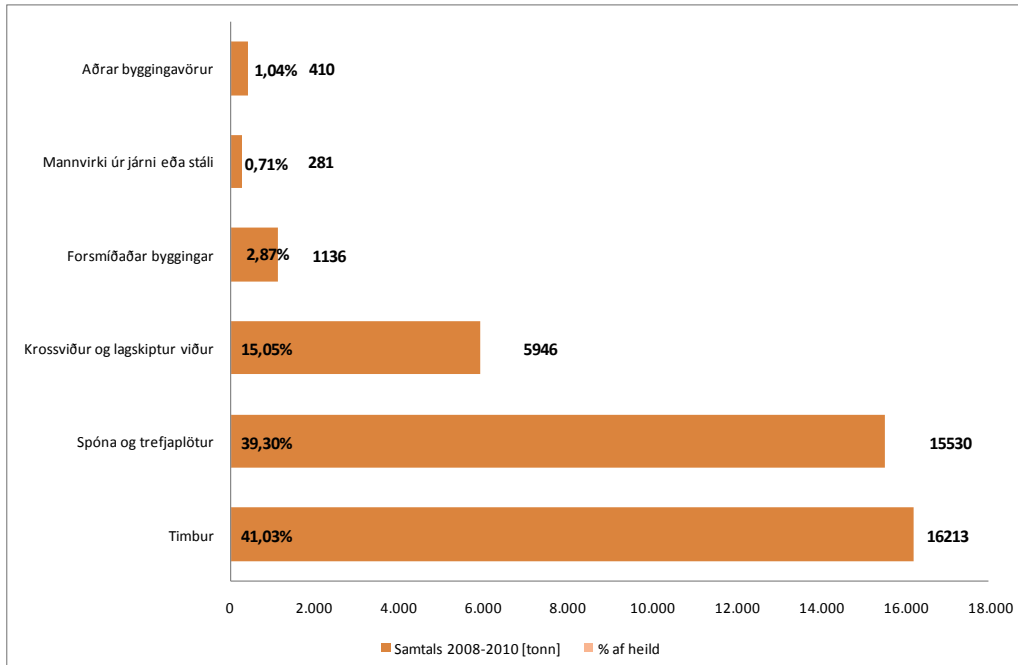
Mynd 5: Innflutningur á byggingavörum frá Lettlandi árin 2008 til 2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

Á mynd 6 má sjá að timbur er helsta byggingavaran sem flutt er til Íslands frá Eistlandi, eða 87,91% af öllum innflutningi byggingavara frá Eistlandi. Þó er einnig flutt inn steypustyrktarjárn og forsmíðaðar byggingar í nokkru magni en hvor flokkur er innan við 4% af heildarinnflutningi frá Eistlandi.



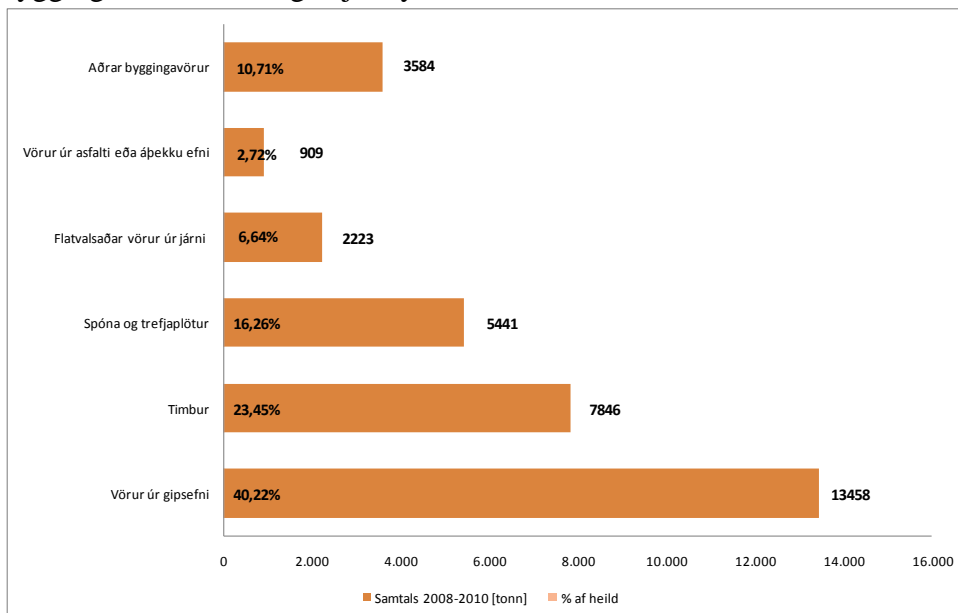
Mynd 6: Innflutningur á byggingavörum frá Eistlandi árin 2008 til 2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

Frá Finnlandi eru þrjú vöruflokkar sem eru 95,38% af heildarinnflutningi af byggingavörum. Þessir flokkar eru timbur, spóna- og byggingaplötur auk krossviðs, sjá mynd 7.



Mynd 7: Innflutningur á byggingavörum frá Finnlandi árin 2008 til 2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

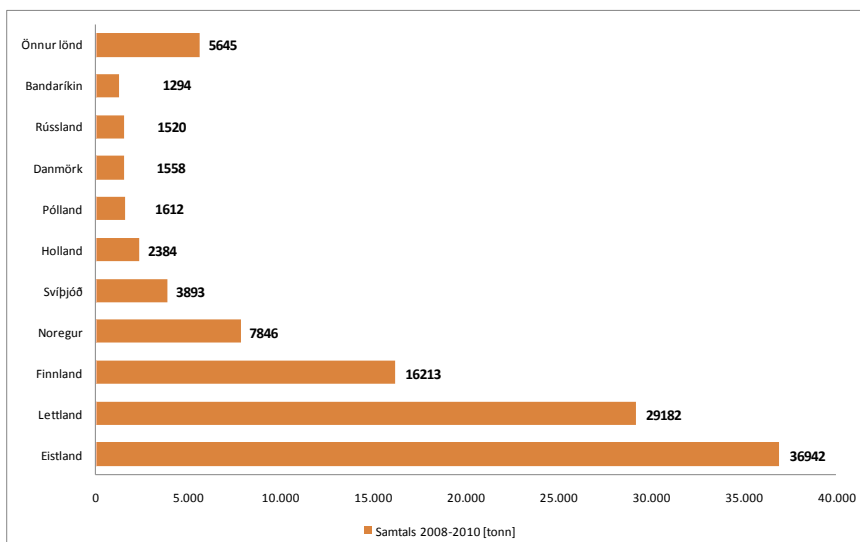
Þeir vöruflokkar sem aðallega eru fluttir inn frá Noregi eru vörur úr gipsefni, timbur og spóna og trefjaplötur. Þessir þrjú vöruflokkar eru samtals 79,93% af heildar innflutningi byggingavara frá Noregi, sjá mynd 8.



Mynd 8: Innflutningur á byggingavörum frá Noregi árin 2008 til 2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

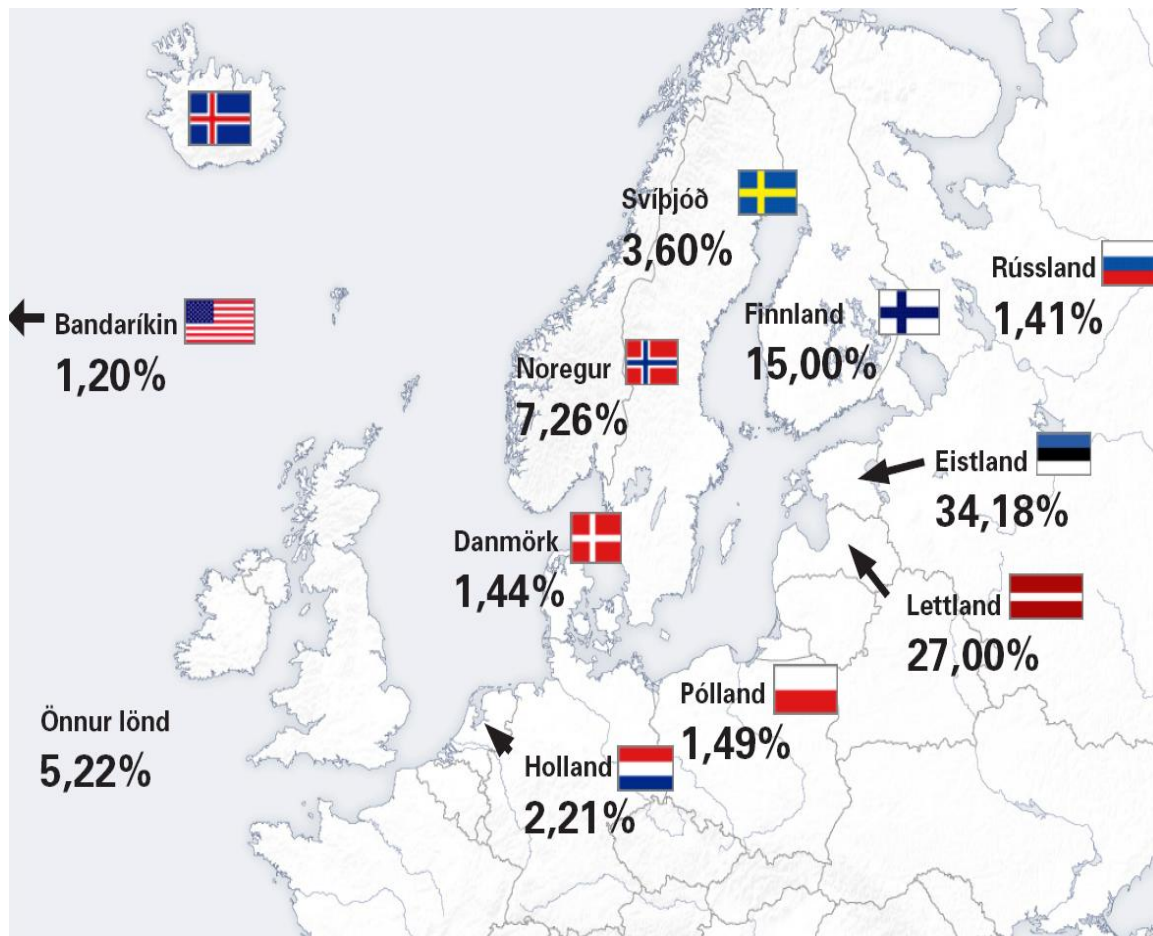
## 2.3 Hvaðan kemur timbrið?

Samtals voru flutt inn 108.089 tonn af timbri á árunum 2008 til 2010. Stærsti hluti þess kemur frá Eistlandi, Lettlandi og Finnlandi eða 76,18% eins og sjá má á mynd 9. Mun minna kemur frá öðrum löndum eins og Noregi og Svíþjóð sem þó eru báðar mikil timburframleiðslulönd.



Mynd 9: Innflutningur á timbri eftir löndum árin 2008 til 2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

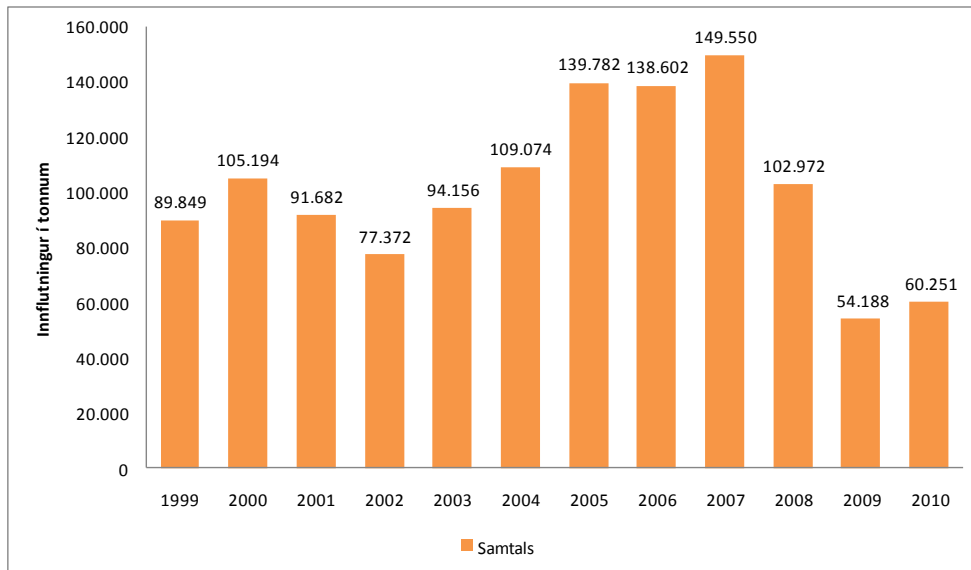
Mynd 10 sýnir kort af því landssvæði þaðan sem mest er flutt inn af timbri. Eins og sést á myndinni liggja þrjú helstu innflutningslöndin á sama svæðinu.



Mynd 10: Skipting magns milli landa sem selja timbur til Íslands.

## 2.4 Þróun innflutnings síðustu ára

Hagstofan birtir á vef sínum innflutning nokkurra vörutegunda eftir mánuðum á árunum 1999 til 2011. Þær vörutegundir sem þar eru teknar saman innihalda nokkra flokka byggingavara; timbur, krossviður, spóna- og byggingaplötur, rúðugler, steypustyrktarjárn og þakjárn. Hér er ekki um að ræða sömu flokkun og var skoðuð hér á undan og tölurnar því ekki samanburðahæfar. Í viðauka II má sjá hvaða tollflokka Hagstofan notar í þessari samantekt sinni. Á mynd 11 má sjá hvernig innflutningur í tonnnum á þessum vöruflokkum hefur þróast á árunum 1999 til 2010. Meðaltal innflutnings á árunum 1999 til 2007 er 110.585 tonn en meðaltal árunna 2008 til 2010 er 72.470 tonn. Meðaltal alls tímabilsins þ.e. frá 1999 til 2010 er 101.056 tonn. Það er því ljóst að tímabilið 2008 til 2010 eru vel undir meðaltali árunna á undan. Í ljósi sögunnar má teljast líklegt að innflutningur á árunum 2001 til 2003 gefi hugmynd um eðlilega innflutningsþörf.



Mynd 11: Innflutningur á byggingavörum árin 1999 til 2010. Unnið upp úr gögnum frá Hagstofunni.

## 2.5 Innland framleiðsla

### 2.5.1 Steinull

Steinull hf. hóf framleiðslu á steinullareinangrun árið 1985. Mikil þróun hefur verið á framleiðslunni og vöruframboð fyrirtækisins aukist verulega í takt við þróun á byggingamarkaði síðustu ár. Í framleiðsluna er notaður basaltsandur úr fjöru í nágrenni verksmiðjunnar, skeljasandur úr faxaflóa, olivinsandur frá frá Noregi og súrál frá álverinu í Straumsvík.

Velta síðustu ára hefur verið um 700 milljónir og framleiðslan um 100 þús. m<sup>3</sup> þar af hefur um þriðjungur verið fluttur út, meðal annars til Færeyja, Englands, Þýskalands. (Steinull hf., 2011)

Nær allar afurðir fyrirtækisins eru fluttar með flutningavögnum frá Sauðárkróki til Reykjavíkur hvort heldur sem varan er til notkunnar innanlands eða til útflutnings. Samkvæmt skýrslu um grænt bókhald fyrir árið 2008 námu flutningar á afurðum verksmiðjunnar 133.726 m<sup>3</sup> og þar af voru 105.425 m<sup>3</sup> fyrir innanlandsmarkað (Steinull hf, 2009). Flutningar á afurðum verksmiðjunnar fyrir árið 2009 námu alls 78.348 m<sup>3</sup> þar af 52.872 m<sup>3</sup> fyrir sölu innanlands samkvæmt grænu bókhaldi fyrir árið 2009 (Steinull hf, 2010). Ekki hefur verið birt skýrsla um grænt bókhald fyrir árið 2010 en ef gert er ráð fyrir því að sala fyrir innanlandsmarkað árið 2010 hafi verið 25% minni en árið á undan þá væri framleiðslan um 39.650 m<sup>3</sup>. Hér er um ágiskun að ræða en ekki er ólíklegt að salan á innanlandsmarkaði hafi verið minni árið 2010 en hún var 2009 sökum hruns íslenska efnahagslífsins. Heildarframleiðsla verksmiðjunnar á tímabilinu 2008 til 2010 er því áætluð 251.724 m<sup>3</sup>. Vegna þessarar innlendu framleiðslu á steinull sparast miklir flutningar sem annars væru til landsins vegna einangrunar.

## 2.5.2 Sement:

Sementsverksmiðjan tók til starfa árið 1958 og byggist framleiðslan á svokallaðri votaðferð. Hráefnin eru skeljasandur úr Faxaflóa, liparít úr Hvalfirði, basaltsandur úr fjöru í nágrenni verksmiðjunnar og innflutt gips sem notað er við sementsmölunina. Framleiðslugeta verksmiðjunnar er um 200.000 tonn af sementi á ári.

Samkvæmt grænu bókhaldi fyrir árið 2009 var framleiðsla verksmiðjunnar 59.290 tonn árið 2009 (Sementsverksmiðjan hf, 2010). Árið 2008 var framleiðslan 126.070 tonn samkvæmt grænu bókhaldi fyrir það ár. (Sementsverksmiðjan hf, 2009). Skýrsla um grænt bókhald fyrir árið 2010 hefur ekki verið birt en samkvæmt frétt á heimasíðu verksmiðjunnar sem dagsett er þann 29.nóvember 2010 var áætlað að sementsframleiðsla árið 2010 myndi nema tæpum 40.000 tonnum. (Sementsverksmiðjan hf, 2011). Á árunum 2008 til 2010 var heildarframleiðslan því um 225.360 tonn. Vegna þessarar innlendu framleiðslu á sementi sparast miklir flutningar sem annars væru til landsins.

Innflutningur á sementi á árunum 2008 til 2010 nam samtals 180.326 tonnum, eins og áður hefur komið fram á mynd 1. Samtals var framboð á sementi því 405.686 tonn á þessum þremur árum. Ef gert er ráð fyrir að í hvern m<sup>3</sup> af steypu fari 300 kg af sementi þá jafngildir þetta sementsframboð 1.352 þúsund rúmmetrum af steypu á þessu tímabili.



## 3 Sjóflutningar

Staðsetning Íslands í Norður Atlantshafi gerir það að verkum að siglinaleiðin frá framleiðendum byggingarvara er löng og oft á tíðum erfið vegna sjólags, veðurs og vinds eins og áður segir. Vegna þessa má ætla að flutningur til Íslands sé orkufrekur og umhverfisáhrif vegna flutninganna sé meiri en gengur og gerist annarsstaðar. Umhverfisálag af þessum sökum þarf því að skoða sérstaklega til að kanna hvort almenn erlend aðferðafræði um slíkt gildi fyrir flutninga til Íslands. Í köflum 3.3.4 til 3.3.8 er fjallað um umhverfisálag sem reiknað hefur verið fyrir mismunandi lönd og landssvæði og það borið saman við þær aðstæður sem gilda fyrir Ísland.

Eimskip og Samskip eru leiðandi fyrirtæki á Íslandi í sjóflutningum og hafa bæði fyrirtækin reglulegar siglingar gámaskipa til og frá landinu. Fleiri fyrirtæki á Íslandi bjóða upp á þjónustu varðandi gámaflutninga en þá er um að ræða samstarf þeirra við annað stóru fyrirtækjanna varðandi sjóflutninginn. Á Íslandi eru mörg fyrirtæki sem bjóða uppá svokallaða stórflutninga sem eru flutningar á heilförmum fyrir viðskiptavinum sína. Má þar nefna Nesskip hf., Nes hef og DREGG shipping til viðbótar við stóru félögin tvö.

Í rekstri skipa skiptir skipakosturinn miklu máli auk þess magns sem skipið getur flutt. Vélarafl, siglingahraði, siglingaleið, vindur og sjólag skipta einnig miklu máli í þessu sambandi. Almenn er talað um DWT þegar um flutningsgetu skips er að ræða. DWT er sú þyngd sem farmur, vistir, eldsneyti og vatn í ballestum má vera. Í gámaflutningum er alþjóðlega gámaeiningin TEU notuð og jafngildir 1 TEU einum 20 feta gám og 2 TEU jafngilda því einum 40 feta gám.

### 3.1 Gámaflutningar

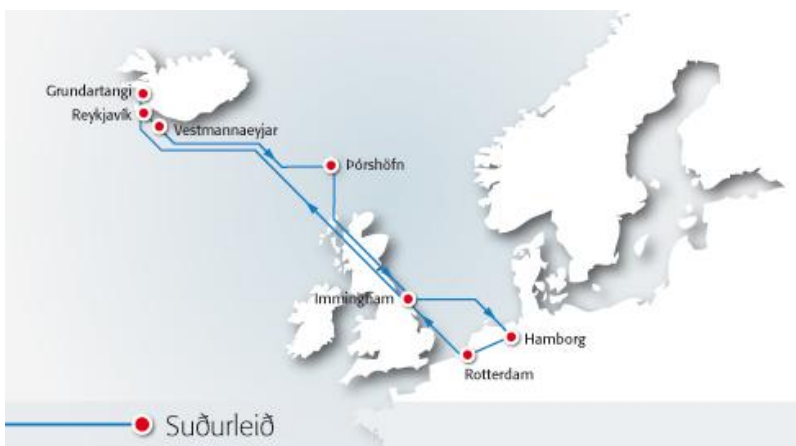
Helsti útflutningur með gámum frá Íslandi eru sjávarafurðir og iðnaðarvörur. Þær vörur sem helst eru fluttar inn í gámum eru matvörur, ýmsar neysluvörur, pappír og byggingarvörur.

Siglingaleiðir Eimskipa eru fjórar á Norður-Atlantshafi. Tvær þeirra liggja milli Íslands og meginlands Evrópu, annarsvegar norðurleiðin sem sést á mynd 12 og hinsvegar suðurleiðin sem sést á mynd 13. Ein leið liggur frá Íslandi til Ameríku svokölluð Ameríkuleið sem sjá má á mynd 14 og ein á milli Færeyja og Norðurlandanna sem sést á mynd 15 (Eimskip, 2011).





Mynd 12: Norðurleið Eimskipa (Eimskip, 2011).



Mynd 13: Suðurleið Eimskipa (Eimskip, 2011).



Mynd 14: Ameríkuleið Eimskipa (Eimskip, 2011).



Mynd 15: Austurleið Eimskipa (Eimskip, 2011).

Eimskip hefur sex skip í reglulegum siglingum á þeim fjórum siglingaleiðum sem taldar voru upp hér að ofan. Í töflu 1 hér að neðan má sjá skipakost félagsins og hvaða leiðir viðkomandi skip sigla.

Tafla 1: Skipakostur Eimskipa

Skip	Leið	TEU	DWT:	Heildarafl	Vélbúnaður	Hringferð
Dettifoss	Norðurleið	1457	17.034 tonn	14.800 kW	1xMAN B&W 7S60MC	2 vikur
Goðafoss	Norðurleið	1457	17.042 tonn	14.800 kW	1xMAN B&W 7S60MC	2 vikur
Brúarfoss	Suðurleið	724	8.609 tonn	5.400 kW	1xMaK 8M 552	2 vikur
Selfoss	Suðurleið	724	8.609 tonn	5.400 kW	1xMaK 8M 552	2 vikur
Reykjafoss	Ameríkuleið	712	8.450 tonn	6.000 kW	1xMAN B&W 7S60MC	4 vikur
Blikur	Austurleið	698	8.400 tonn	7.200 kW	1x MaK 8M 43 C	5 dagar

Heimild: (Eimskip, 2011)

Flutningaleiðir Samskipa milli Evrópu og Íslands eru tvær eins og sjá má á mynd 16. Annarsvegar er um að ræða grænu leiðina sem liggur frá Reyðarfirði til Rotterdam með viðkomu í Kollafirði og Immingham. Hinsvegar er það bláa leiðin sem liggur frá Reykjavík til meginlands Evrópu með viðkomu í sjö höfnum víðsvegar um Evrópu að Vestmanneyjum og Kollafirði meðtöldum (Samskip, 2011).



Mynd 16: Flutningaleiðir Samskipa. (Samskip, 2011)

Eins og sjá má í töflu 2 hér að neðan hefur Samskip þrjú skip á tveimur leiðum félagsins. Bláa leiðin er sú leið sem hefur viðkomu í flestum höfnum og því mætti áætla að mestur flutningur félagsins fari um þá leið.

Tafla 2: Skipakostur Samskipa

Skip	Leið	TEU	DWT:	Heildarafl	Vélbúnaður	Hringferð
Arnarfell	Blá leið	909	11.143 tonn	8.400 kW	MAN 7 L 48/60 B	2 vikur
Helgafell	Blá leið	909	11.143 tonn	8.400 kW	MAN 7 L 48/60 B	2 vikur
Tongan	Græn leið	925	12.612 tonn	9.600 kW	MAN 8 L 48/60 B	9 dagar

## 3.2 Stórflutningar

Stærstur hluti þeirra byggingavara sem notaðar eru á Íslandi eru fluttar með stórflutningaskipum. Svokölluð þungavara þ.e. timbur, spóna- og krossviðarplötur og steypustyrktarjárn o.fl. er flutt í flestum tilfellum með slíkum skipum. Þessar vörur eru óheppilegar hvað varðar flutning í gámum vegna magns, stærðar og lögunar vörunnar. Auk þess sem verð á flutningi á hverja flutta einingu er oft á tíðum lægra við stórflutning en flutning með gámum því mikið magn er flutt í einu og nýting skipsins er oftast nokkuð góð. Einnig getur verið nauðsynlegt að fá mikið magn vöru á sama tíma frá sama stað og því er stórflutningurinn hentugur í þeim tilfellum. Þau skipafélög sem hafa sinnt stórflutningum til og frá Íslandi leitast eftir því að hafa farm í skipum sínum báðar leiðir viðskiptavinum sínum til hagsbóta. Þær vörur sem aðallega hafa verið fluttar inn með stórflutningaskipum í gegnum árin eru áburður, fóðurvörur, hráefni til iðnaðar og byggingavörur af ýmsu tagi. Fiskimjöl, frosinn fiskur og kísiljárn hafa verið undirstaðan í útflutningi með stórflutningaskipum í gegnum árin. Mörg íslensk skipafélög eru í samstarfi við erlend skipafélög sem hafa yfir að ráða miklum fjölda skipa af mörgum stærðum og gerðum. Slíkt samstarf gerir þeim kleift að taka að sér margvísleg verkefni og vera samkeppnisfær á þessum markaði.

Eimskip, Samskip, Nes, Nesskip og Dregg skipafélag bjóða öll uppá stórflutningaþjónustu. Nes hf. skipafélag gerir út þrjú skip, Hauk 3000 DWT og systurskipin, Svan og Lóm sem eru 2150 DWT (Nes hf., 2007). Dregg skipafélag gerir út Axel sem er 2500 tonna skip til stórflutninga (Dregg Shipping, 2011). Meginstarfsemi Nesskipa er stórflutningur eða flutningur heilfarma en í dag eru flutningaskip Nesskipa hluti af flota norska flutninga fyrirtækisins Wilson Euro Carriers. Fyrirtækið hefur aðgang að rúmlega eitt hundrað skipum með burðargetu frá 2.000 til 9.000 tonn (Nesskip, 2011).

## 3.3 Losun gróðurhúsalofttegunda frá skipum

Á hverju ári er flutt gríðarlegt magn af vörum með skipum. Um 80% af heimsviðskiptum miðað við magn er flutt sjóleiðis og eru nán tengsl milli magnsins og þróun hagkerfa heimsins. Árið 2009 voru flutt samtals 7.94 milljarðar tonna á sjó (UNCAD, 2010). Samfara brennslu eldsneytis losna ýmsar lofttegundir sem hafa mismunandi mikil gróðurhúsaáhrif. Gróðurhúsalofttegundirnar hafa mismikil áhrif á loftlagsbreytingar. Koltvíoxíð er þekktasta gróðurhúsalofttegundin og er hún notuð sem mælieining fyrir gróðurhúsaáhrif sem mæld eru í CO<sub>2</sub> ígildum. Metan (CH<sub>4</sub>) hefur sem dæmi um 25 sinnum

meiri gróðurhúsaáhrif en CO<sub>2</sub> og N<sub>2</sub>O um 300 sinnum meiri. Í töflu 3 má sjá losun gróðurhúsalofttegunda og magn þeirra sem milljón tonn CO<sub>2</sub> ígilda fyrir skipaumferð í heiminum árið 2007 (IMO, 2009).

Tafla 3: Losun gróðurhúsalofttegunda frá skipaumferð árið 2007

	<b>Alþjóðlegar siglingar</b>	<b>Heildar skipaumferð</b>	
	<b>Milljón tonn lofttegundar</b>	<b>Milljón tonn lofttegundar</b>	<b>Milljón tonn CO<sub>2</sub> ígildi</b>
CO <sub>2</sub>	870	1046	1046
CH <sub>4</sub>	Ekki skilgreint*	0.24	6
N <sub>2</sub> O	0.02	0.03	9
HFC	Ekki skilgreint*	0.0004	≤ 6

\* Skipting útblásturs vegna innanlands og alþjóðlegra skipaflutninga er ekki möguleg (IMO, 2009).

Losun CO<sub>2</sub> frá skipum var áætluð 1.046 milljón tonn eða um 3,3 % af heildarlosun CO<sub>2</sub> í heiminum árið 2007. Alþjóðlegar skipasiglingar voru áætlaðar um 2,7% af heildarlosun heimsins af CO<sub>2</sub> sama ár eða 870 milljón tonn. Á ráðstefnu um stefnumótun í samgöngum árið 2007 kom fram að við bruna á 1 kg af skipagasolíu myndist 3,16 kg af CO<sub>2</sub> (Jón Bernódusson, 2007). Útblástur frá aðalvélum er stærsti þáttur í útblæstri gróðurhúsalofttegunda frá skipum. CO<sub>2</sub> hefur þar lang mestu áhrifin bæði hvað varðar magn og gróðurhúsaáhrif. Aðrar lofttegundir hafa tiltölulega lítil áhrif eins og sést í töflu 3 (IMO, 2009).

Margar leiðir eru færar þegar flytja þarf vöru langar leiðir s.s bílar, lestir, skip o.s.frv. Útblástur af CO<sub>2</sub> á hverja flutta einingu er mjög misjafn eftir því hvaða flutningsmáti er valin hverju sinni. Magn vöru og vegalengd skiptir líka miklu máli í þessu sambandi. Samanburður á útblæstri CO<sub>2</sub> milli mismunandi flutningsmáta er oft á tíðum erfiður. Skip taka sem dæmi mun meira magn en vörubílar en flytja vöruna jafnan lengri leiðir. Sú eining sem jafnan er notuð í samanburði milli mismunandi flutningsmáta eru grömm af CO<sub>2</sub> fyrir hvert tonn flutt einn kílómetra eða g CO<sub>2</sub> / tonn\*km. Þessi eining lýsir CO<sub>2</sub> nýtni þess flutningsmáta sem notaður er.

### 3.3.1 Áhrif siglingahraða á eldsneytisnotkun

Siglingahraði hefur mikil áhrif á eldsneytisnotkun. Jafnan hér að neðan sýnir hvernig eldsneytisnotkun skips breytist í hlutfalli við siglingahraða í veldinu a. Þessi jafna á við þegar siglingahraði er nærri hönnunarhraða skipsins. Í því tilfalli er gildi a=3 sem þýðir að við breytingu á siglingahraða skipsins um 10% (frá 20 til 22 hnúta) eykst eldsneytisnotkun um 33%. Að sama skapi ef siglingahraðinn minnkar þá minnkar eldsneytisnotkunin sem er í raun áhrifaríkasta leiðin til að minnka eldsneytisnotkun.

$$F = F^* x \left( \frac{S}{S^*} \right)^a$$

Í formúlunni stendur F fyrir eldsneytisnotkun miðað við breyttan siglingahraða, F\* fyrir eldsneytisnotkun miðað við óbreyttan siglingahraða, S fyrir nýjan siglingahraða og S\* fyrir núverandi siglingahraða.

### 3.3.2 Nýtnivísitala hönnunar

Nýtnivísitala hönnunar (e. EEDI) gefur til kynna hlutfallið milli útblásturs og getu flutningsvinnunnar. Þessi vísitala leiðir í ljós útblástur CO<sub>2</sub> frá skipum undir ákveðnum kringumstæðum (t.d. vélaálag, vind, öldur o.s.frv.) í hlutfalli við flutningagetu skipsins, DWT. Sú eining sem notuð er í þessari vísitölu er gr CO<sub>2</sub> / dwt\*km. Þessi vísitala tekur tillit til sérstakrar hönnunar og þarfa. Sem dæmi má nefna endurheimta orku, eldsneyti með lágt kolefnisinnihald og afköst skips í öldum. Þessi vísitala er fasti fyrir hvert skip og verður eingöngu breytt ef hönnun skipsins er breytt (UNCAD, 2010).

### 3.3.3 Nýtnivísitala notkunar

Sama megin undirstaða á við nýtnivísitölu notkunar (e. EEOI) og vegna hönnunar. Þessi vísitala er raun CO<sub>2</sub> nýtni þ.e. magn af CO<sub>2</sub> fyrir þá flutningsvinnu sem unnin er. Formúlan fyrir nýtni vísitölu notkunar er:

$$EEOI = \frac{\sum_i FC_i \times C_{kolefni}}{\sum_i m_{farmur,i} \times D_i}$$

þar sem:

FC<sub>i</sub> = Olíunotkun í ferð i;

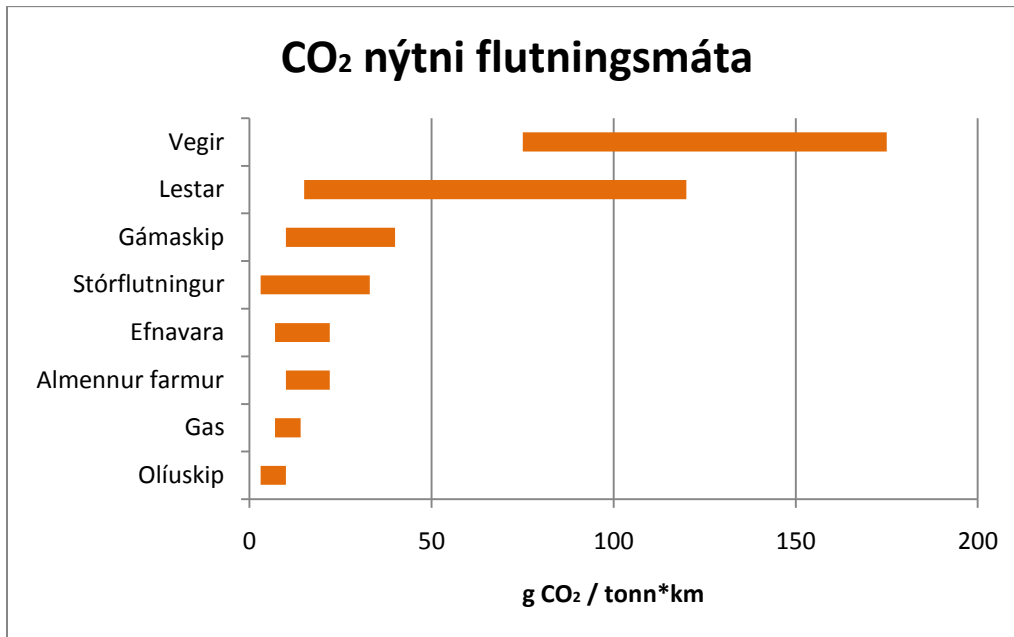
C<sub>kolefni</sub> = Kolefnis innihald af þeirri olíu sem notuð er;

m<sub>farmur,i</sub> = massi farms sem fluttur er í ferð i;

D<sub>i</sub> = vegalengd ferðar i.

Sú eining sem notuð er fyrir EEOI er grömm af CO<sub>2</sub> / tonn\*km. Þessi vísitala gefur því magn CO<sub>2</sub> á hvert tonn sem flutt er einn kílómetra (UNCAD, 2010).

Þessi nýtni er ekki sú sama fyrir mismunandi flutningsmáta og er einnig mismunandi innan sama flutningsmáta. Stærð á skipum er t.d. mjög mismunandi og CO<sub>2</sub> útblástur mjög misjafn á milli skipa. Alþjóða siglingamálastofnunin hefur fundið stærðarbil á CO<sub>2</sub> nýtni milli mismunandi flutningsmáta. Þegar stærðarbilið var metið voru notuð raun gögn úr viðkomandi vélum og aðrar tölfræðilegar upplýsingar um flutninga (IMO, 2009). Niðurstöðuna má sjá á mynd 17. Eins og sjá má á myndinni þá losa flutningar á vegum mest af CO<sub>2</sub> á hvert tonn sem flutt er einn kílómetri. Einnig má sjá að mikil dreifni er innan hvers flutningsmáta.



Mynd 17: Stærðarbil CO<sub>2</sub> nýtni flutningsmáta (IMO, 2009).

Þessa meginreglu um CO<sub>2</sub> nýtni flutningsmáta má nota á allar tegundir flutninga, skip, lestir, bíla og flugvélar. Skilgreiningin á reglunni gerir ráð fyrir að allur útblástur CO<sub>2</sub> frá farartæki sé reiknaður með hvort sem viðkomandi farartæki sé að flytja vöru eða ekki. Einnig er CO<sub>2</sub> nýtni háð farmstuðli þ.e.a.s. því magni af farmi sem fluttur er hverju sinni. Reglan er einnig notuð til útreikninga á nýtnivísitölu hönnunnar og einnig í orku nýtnivísitölu notkunar. Þessar tölur gefa þó ekki vísbendingu um hámarks (eða lágmarks) CO<sub>2</sub> nýtni sem gæti fundist fyrir einstaka skip, bíla o.s.frv..

Það er mikilvægt að hafa í huga að aðrar skilgreiningar á CO<sub>2</sub> nýtni eru til sem einnig gefa eininguna grömm af CO<sub>2</sub> á hvern tonn\*kílómetra. Sem dæmi má reikna CO<sub>2</sub> nýtni miðað við fullfermi og taka því ekki tillit til meðalgildi farms og flutninga með engan farm. Því er mikilvægt við samanburð á CO<sub>2</sub> nýtni milli mismunandi flutningsmáta að hafa í huga hvernig nýtnin er fundin. Einnig má nefna að oft á tíðum er einingin grömm af CO<sub>2</sub> / tonn\*sjómílu notuð. Áætlað er að óvissa í losun gróðurhúsalofttegunda sé um 20% vegna óvissu um olíunotkun (IMO, 2009).

### 3.3.4 CO<sub>2</sub> nýtni flutninga á sjó

Umhverfisverndarnefnd alþjóða siglingamálastofnunarinnar, MEPC hefur safnað saman upplýsingum um CO<sub>2</sub> útblástur frá skipum. Til að meta nýtni mismunandi flokka farmskipaflota heimsins voru notaðar CO<sub>2</sub> útblásturstölur frá árinu 2007. Einnig var metin sú flutningsvinna þ.e. þá tonn kílómetra í hverjum flokki. Voru kílómetranir metnir útfrá meðal þjónustuhraða (e. service speed) hvers flokks fyrir sig og fjölda daga sem aðalvélar voru í gangi á sjó. Fjöldi tonna sem voru flutt voru metin út frá burðargetu hvers skipaflokks og meðaltals nýtingu. Nýtingarstuðullinn tekur tillit til færslu tómrá skipa t.d. milli hafna eða þegar skip hafa viðkomu í mörgum höfnum. Ekki er gert ráð fyrir að skortur sé á eftirspurn og því gert ráð fyrir að skipið sé fullt á hverjum tíma. Í raun er algengara að skortur sé á eftirspurn og skipið sé ekki fullt vegna árstíðabundnar sveiflna í eftirspurn, samkeppni og sveiflna í alþjóða viðskiptum. Þegar metin var flutningsgeta

miðað við þyngd farms í gámaskipum er miðað við 7 tonn af farmi í hverjum gámi. Niðurstöður þessara útreikninga má sjá í töflu 4 hér að neðan (IMO, 2009).

Tafla 4: Mat á CO<sub>2</sub> nýtni flutningaskipa (IMO, 2009)

Gerð	Stærð	Meðal flutningsgeta [tonn]	Meðaltal árlegrar nýtingar flutningsgetu	Meðalhraði [hnútar]	Nýtni fullhlaðin [g af CO <sub>2</sub> / tonn km]	Heildar nýtni [g af CO <sub>2</sub> / tonn km]
Almennur farmur	DWT 5.000 – 9.999 tonn	6957	60%	13,4	10,1	15,8
Almennur farmur	DWT 0 – 4.999 tonn	2545	60%	11,7	10,9	13,9
Gámar	0 - 999 TEU	3500	70%	17,0	33,3	36,3
Gámar	1.000 – 1.999 TEU	7000	70%	19,0	29,4	32,1

Nýtni fullhlaðin er fræðilega mesta nýtni þegar skip er fullhlaðið og á þjónustuhraða sem er 85% af mögulegu vélarálagi skipsins. Þar sem vélarálag á fullhlöðnu skipi er hærra en meðaltalið þegar ballestar og slíkt eru teknar með í reikninginn er ekki hægt að skýra munin á nýtni fullhlaðins skips og heildarnýtni eingöngu með betri nýtingu.

Samkvæmt flokkun som notuð var af IMO við útreikning á útblæstri skipa eru skip sem flytja almennan farm (e. General cargo ship) allt frá einnar lestar skipum til sérútbúinna skipa sem notuð eru í margvíslegum verkefnum. Sum þessara skipa eru hönnuð til að flytja gáma auk annarra vöru sem ekki er í gánum t.d. eins og timbur og slíkar vörur. Gámaflutningaskip eru hinsvegar hönnuð til að flytja eingöngu gáma og þá bæði ofan og neðan þylja (IMO, 2009).

MEPC hefur lagt áherslu á CO<sub>2</sub> útblástur frá skipaumferð í verkefnum sínum. Nefndin hefur sett fram þrjár leiðir til að búa til vísitölu á nýtni gróðurhúsalofttegunda frá skipum.

- Vísitala sem lýsir nýtni gróðurhúsalofttegunda fyrir hönnun skips.
- Vísitala sem lýsir nýtni gróðurhúsalofttegunda fyrir notkun skips.
- Samblanda af fyrri tveim vísitölunum.

Þessar vísitölur eru hannaðar til að koma auga á hönnun eða notkun skipa. Þessar upplýsingar gætu mögulega verið notaðar af skipaeigendum og stjórnendum til að bæta sig.

### 3.3.5 Útreikningar á CO<sub>2</sub> losun frá skipaumferð

Mikil áhersla er lögð á að minnka útblástur gróðurhúsalofttegunda frá skipaumferð. Árið 2005 gaf MEPC út leiðbeiningar til útreikninga á CO<sub>2</sub> losun frá skipum. Þessar leiðbeiningar eru liður í því að þróa aðferðafræði til að lýsa nýtni skipa m.t.t. gróðurhúsalofttegunda. Einnig er viðurkennt af nefndinni að CO<sub>2</sub> er sú lofttegund í útblæstri frá skipum sem hefur mest áhrif m.t.t. gróðurhúsaáhrifa. Leiðbeiningarnar eru til þess fallnar að gefa rekstaráðilum skipa aukna sýn á losun gróðurhúsalofttegunda frá flota þeirra (MPEC, 2005).

Skipaolía er aðallega efnasamband vetnis og kolefnis þ.e.  $C_{15}H_{32}$  í flestum tilfellum. Atómpungi kolefnis er 12,011 og vetnis 1. Kolefnisinnihald skipaolíu er á bilinu 85% til 87,5% þar sem dísel olía er nær hærri prósentunni og þunga olía er í lægri prósentunni. Við bruna efnasambands þarf súrefni sem hefur atómpungan 15,9994. Hlutfall atómpyngdar milli  $CO_2$  og kolefnis er:

$$(12,011 + 2 \times 15,9994) / 12,011 = 3,664$$

Ef gert er ráð fyrir að meðaltal kolefnisinnihalds skipaolíunnar sé 86,25% þá fæst að fyrir hvert tonn af skipaolíu, sem brennt er, myndast 3,16 tonn af  $CO_2$ . Ef margar gerðir skipaolíu eru notaðar þá má nota jöfnuna:

$$EEOI = \frac{(\sum_i FC_i \times C_{kolefni})_{Eldneytisgerð 1} + (\sum_i FC_i \times C_{kolefni})_{Eldneytisgerð 2} + \dots}{\sum_i m_{farmur,i} \times D_i}$$

fyrir allar ferðir  $i=1-n$ .

### 3.3.6 Finnska LIPASTO modelió

Finnska LIPASTO modelió er gagnasafn sem nær yfir magn lofttegunda í útblæstri frá farartækjum á árunum 1980 til 2009 í Finnlandi. Módelió nær yfir bíla, skip, lestir og skip. MEERI 2009 er sá hluti gagnasafnsins sem nær yfir flutninga á sjó. Í módelinu er reiknaður útblástur frá skipaumferð á árinu 2009 miðað við notkun á eldsneyti og meðaltal flutts magns. Í MEERI 2009 er miðað við bæði siglingar á sjó vötnum og ám innanlands og er eldsneytisnotkun á sjó og í höfnum tekin með. Sá útblástur sem verður þegar skipið er í höfn verður hlutfallslega hærri þegar siglingaleiðir eru stuttar. Þegar útblásturstölurnar eru reiknaðar eru notuð heildar tonn sem flutt eru með hverri skipagerð og deilt með fjölda ferða sem farin var. Með þessu er tekið með í reikninginn sá fjöldi ferða þar sem enginn farmur var fluttur. Sum skip eru með fullfermi aðra leiðina og fara tóm til baka. Því geta þau, þegar skoðað er meðaltal flutt magns, aldrei borið meira en 50% af heildar burðargetunni. Dæmigerð nýting á skipi getur verið lýst með því að bera saman þyngd farms við DWT skipsins. Meðaltal hleðslu farms getur eingöngu farið yfir 50% ef skip hefur farm til baka. Þegar sambærileg tafla og tafla 4 hér á undan er sett upp fyrir finnska LIPASTO modelió fæst niðurstaða sem sést í töflu 5.

Tafla 5: Mat á  $CO_2$  nýtni flutningaskipa miðað við LIPASTO módelió

Gerð	Stærð	Flutnings- vegalengd [km]	Þyngd farms af DWT [%]	Meðal- hraði [hnútar]	Nýtni [g af $CO_2$ / tonn km]
Almennur farmur	DWT 4.000 tonn	1.600	40%	12	27
Gámar	1.000 TEU DWT 14.000 tonn	2.000	65%	19	42
Gámar	2.000 TEU DWT 32.000 tonn	2.000	65%	19	28

Heimild: (LIPASTO, 2009)



Í töflu 5 er gert ráð fyrir því að í einum 20 feta gám séu að meðaltali 9 tonn af varningi, einnig er gert ráð fyrir því að hlutfall tómrá gáma sé 23% (LIPASTO, 2009).

Þegar töflur 4 og 5 eru bornar saman sést að nokkur munur er á modelinu frá IMO, Alþjóða siglingamálastofnuninni og finnska LIPASTO modelinu. Hann skýrist helst af því að í LIPASTO modelinu er gagnasafnið smærra þar sem það nær eingöngu yfir flutninga til og frá Finnlandi. Auk þess eru stærðir skipana ekki fullkomlega sambærileg og samanburðurinn verður því erfiðari fyrir vikið.

### 3.3.7 GaBi forritið

GaBi forritið er kynnt í kafla 4.8 en í töflu 6 hér að neðan má sjá niðurstöður forritsins á CO<sub>2</sub> nýtni skipa með almennan farm og gámaskip. Eins og sjá má í töflunni er CO<sub>2</sub> nýtni gámaskips sem er 27.500 DWT tonn 23,4 grömm CO<sub>2</sub> / tonn\*km. Í GaBi forritinu er miðað við skip sem er 27.500 DWT tonn en það er eina stærð skips sem möguleiki er á í þeirri útgáfu forritsins sem nemendur geta fengið aðgang að. Í forritinu er hægt að breyta dwt en niðurstaðan á hvern tonn\*km verður sú sama. Hinsvegar ef flutningsvegaleiðinni er breytt þá fæst önnur niðurstaða.

Tafla 6: Mat á CO<sub>2</sub> nýtni flutningaskipa miðað við GaBi forritið

Gerð	Stærð	Flutnings- vegaleið [km]	Nýtni [gr af CO <sub>2</sub> / tonn km]
Almennur farmur	DWT 4.000 tonn	1.600	18,6
Gámar	DWT 27.500 tonn	2.000	23,4

### 3.3.8 CO<sub>2</sub> nýtni sjóflutninga til Íslands

Mjög erfitt er að fá upplýsingar um nýtni skipa og olíueyðslu frá skipafélögunum. Bæði Samskip og Eimskip voru ófáanleg til að gefa upp slíkar tölur enda um viðkvæmar viðskiptaupplýsingar að ræða. Samkvæmt upplýsingum sem fengust frá heimildarmanni innan flutningageirans sem óskar nafnleyndar má reikna með að olíunotkun í stórflutningi sé um 0,046 kg af olíu á hvert kg sem flutt er. Viðkomandi sagði einnig að nýting miðað við burðargetu sé um 60% vegna þess hve timbur og aðrar byggingavörur eru rúmfrekar. Nýtingin miðað við rúmmál væri sennilega nálægt 90% eftir sömu heimildum. (Nafnleynd, 2011). Miðað við þessar upplýsingar er nýtnin 42,7 gr CO<sub>2</sub> / tonn\*km ef miðað við að 3,16 kg af CO<sub>2</sub> myndist við bruna á 1 kg af skipagasolíu og að siglingaleiðin sé 3.385 km sem er fjarlægðin frá Eystrasaltinu, þaðan sem mest af innfluttri byggingavöru koma, og til Reykjavíkur.

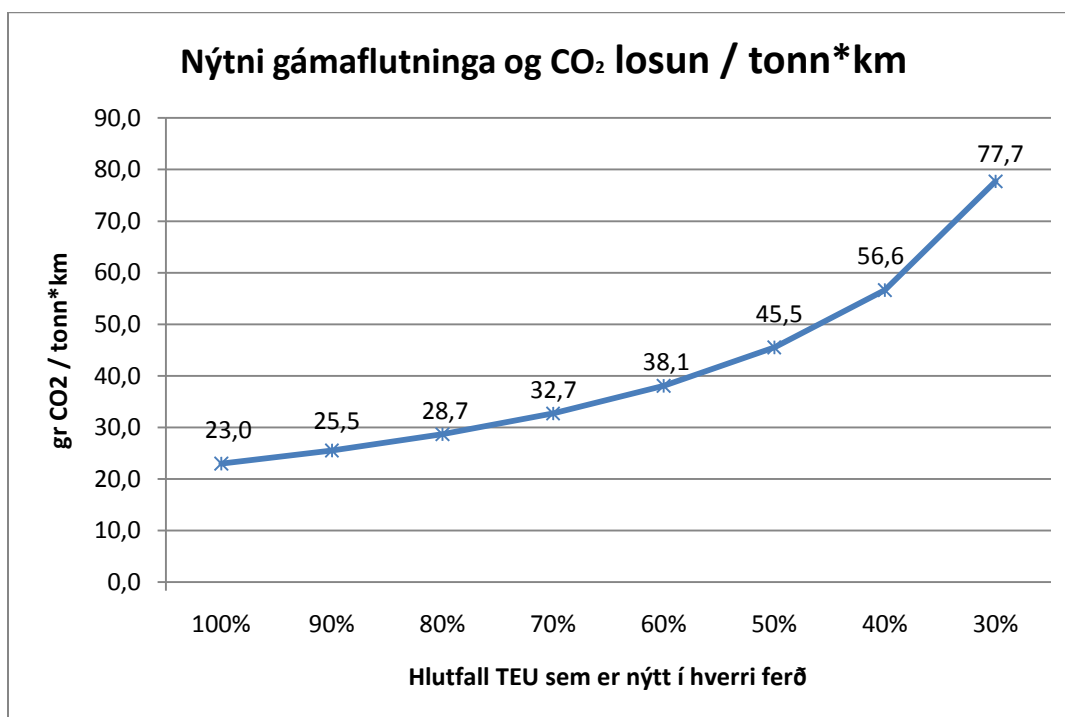
Engar upplýsingar fengust varðandi rekstur á gámaflutningaskipum skipafélaganna, nýtni þeirra eða olíunotkun. Hér verður því gerð greining á því hvernig sá hluti gæti litið út ef gert er ráð fyrir ákveðnum forsendum fyrir gámaskip Samskipa þ.e. Arnarfell. Ef miðað er við að olía, vistir og aðrir hlutir sem nauðsynlegur er til rekstur skipsins sé 500 tonn þá má heildarþyngd farmsins ekki vera meiri en 10.643 tonn. Gert er ráð fyrir að vél skipsins sé keyrð á 85% af hámarksafli. Samkvæmt upplýsingum frá framleiðanda vélarinnar má reikna með að olíueyðsla sé 175 gr/kWst (MAN, 2010). Reiknað er með að heildar siglingaleiðin sé 3222 sjómílur þ.e. frá Reykjavík til Evrópu og aftur til Reykjavíkur.

Siglingaleiðin er því 1611 sjómíflur aðra leiðina (Port World, 2011). Miðað er við að siglingahraði sé 15 hnútar (Marine Traffic, 2011) og tíminn sem siglingin tekur er því 107 klst. Hér er eins og áður gert ráð fyrir að fyrir hvert kg af olíu sem brennd er myndist 3,16 kg af CO<sub>2</sub>. Einnig er gert ráð fyrir því að þyngd farms í hverjum 20 feta gámi, þ.e. TEU sé 8 tonn og að tómur slíkur gámur vegi 2 tonn.

Tafla 7: Forsendur útreikninga á CO<sub>2</sub> losun gámaskipa

Burðargeta [tonn]	Notkun af heildarafla [%]	Siglinga- hraði [hnútar]	Vegalengd [Nm]	Tími [klst]	Eyðsla [gr/kWst]	Útblástur [gr CO <sub>2</sub> /km]	Þyngd TEU [tonn]
10643	85%	15	1611	107	175	142132	10

Skipið getur flutt 909 TEU eins og sést í töflu 2. Ef svo væri raunin þá reiknast það hér sem full nýting. Þessir 909 TEU myndu vega samtals 9090 tonn sem er innan flutningsgetu skipsins. Því þarf ekki að hafa áhyggjur af því að heildarþyngd þess sem flutt er fari yfir burðargetu skipsins. Á mynd 18 má sjá hvernig CO<sub>2</sub> losun á hvern tonn\*kílómetra breytist með mismunandi nýtni á skipinu. Ef nýtingin á fjölda gáma sem skipið ber er 60% er CO<sub>2</sub> losunin 38,1 grömm á hvern tonn\*kílómeter.



Mynd 18: CO<sub>2</sub> losun miðað við nýtni gámaskipa

Samkvæmt þessum niðurstöðum er losun CO<sub>2</sub> frá stórflutningaskipum, sem aðallega flytja byggingavörur til landsins, um 42,7 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km samanborið við 18,6 CO<sub>2</sub>/tonn\*km sem fékkst út úr GaBi forritinu fyrir samskonar skip, tafla 6. Losun CO<sub>2</sub> frá gámaflutningum er um 32,7 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km sé miðað við 70% nýtni á fjölda gáma um borð samanborið við 23,4 gr CO<sub>2</sub>/tonn\*km sem GaBi forritið gefur, tafla 6. Losunin er því mun meiri fyrir Ísland heldur en miðað er við í erlendum upplýsingum. Þar ræður

siglingaleiðin mestu þar sem hún er oft á tíðum erfið hvað varðar veður, sjólag og vind svo eitthvað sé nefnt. Af þessu leiðir að varasamt er að nota erlenda gagnagrunna og forrit eins og GaBi m.t.t. umhverfisáhrifa vegna flutninga til Íslands því sé það gert er flutningaþátturinn verulega vanmetinn.

## 4 Vistferilsgreining

### 4.1 Almennt

Á undanförunum árum hefur orðið vitundarvakning varðandi mikilvægi umhverfisverndar. Misjafnt er hversu mikil áhrif vara, framleiðsluferill eða þjónusta hefur á umhverfið. Áhrifin geta verið margvísleg, varan getur sem dæmi haft áhrif á heilsu fólks, náttúrulegar auðlindir og vistkerfi. Einnig eru þessi áhrif vöru misjöfn eftir því hvaða framleiðsluferill, orka og flutningsmáti er valin hverju sinni. Sama varan getur haft mismunandi mikil umhverfisleg áhrif allt eftir þeim aðferðum sem hver framleiðandi notar og þeim aðstæðum sem viðkomandi framleiðandi býr við. Einnig er nauðsynlegt að geta borið saman umhverfisleg áhrif vörunnar milli t.d. mismunandi framleiðanda og framleiðsluaðferða. Markmið vistferilsgreiningar er að greina umhverfisáhrif sem rekja má til vöru eða þjónustu svo velja megi þá vöru eða þjónustu sem er minnst íþyngjandi.

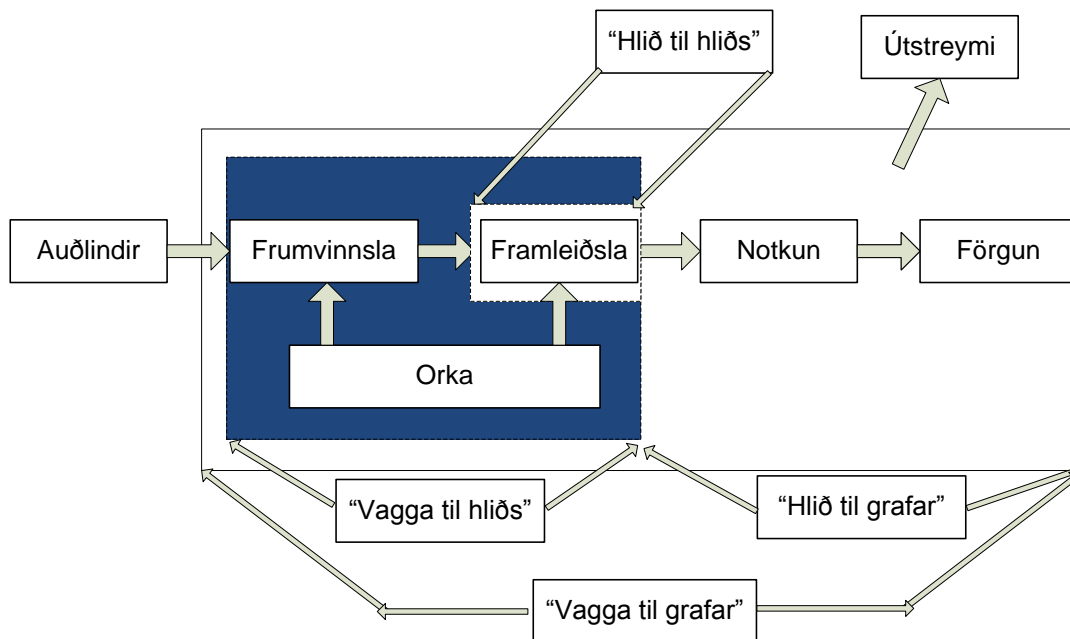
Takmörk vistferilsgreiningar eru t.d. að ekki er hægt að taka inn öll umhverfisáhrifin og meta þau tölulega. Greiningin er m.a. háð gæðum gagna og gagnsæi en nánar er fjallað um takmörkun vistferilsgreiningar í kafla 4.3.

Vistferilsgreining er notuð til að meta umhverfisleg áhrif vöru með því að:

- Setja saman gagnasafn með nauðsynlegum íhlutum vörunnar
- Mat á mögulegum umhverfisáhrifum frá þessum íhlutum
- Túlkun á niðurstöðum miðað við sett markmið greiningarinnar

Vistferilsgreining metur möguleg umhverfisleg áhrif vörunnar á öllum líftíma hennar frá vöggu til grafar (e. cradle to grave). Þá er átt við frá hráefnisöflun, framleiðslu, notkun og förgun auk allra flutninga á vörunni og íhlutum hennar. Einnig getur, í sumum tilfellum, verið áhugavert að skoða styttri tímabil á líftíma vöru t.d. eingöngu framleiðslu hennar. Á mynd 19 má sjá hvaða hlutar vistferilsins eru skoðaðir miðað við mismunandi val á kerfismörkum. Þegar eingöngu framleiðsla vöru er skoðuð kallast það vistferilsgreining frá hliði til hliðs (e. gate to gate). Einnig er hægt að skoða vistferilinn frá hliði til grafar (e. gate to grave). Sá ferill sem nær frá vöggu til enda framleiðslu kallast frá vöggu til hliðs (e. cradle to gate).

Vistferilsgreining getur verið nytsamleg til margra hluta. Hana má sem dæmi nota til að finna tækifæri til að bæta umhverfishæfni afurða á mismunandi tímabilum á líftíma þeirra. Einnig til ákvarðanatöku í iðnaði, opinberum rekstri eða í einkarekstri. Vistferilsgreining getur einnig komið að góðum notum við val á viðeigandi vísunum um umhverfislega færni, þ.m.t. mæliaðferðir. Hvað markaðsmál varðar getur vistferilsgreining verið gagnleg til umhverfismerkinga eða sem stuðningur við yfirlýsingu um að um umhverfisvæna vöru sé að ræða. Þessir þættir geta allir hjálpað neytendum við val á vöru hverju sinni. Niðurstöður vistferilsgreiningar er hægt að nota til að aðstoða neytendur við að taka upplýsta ákvörðun.



Mynd 19: Mismunandi kerfismörk vistferilsgreiningar

## 4.2 Saga vistferilsgreiningar

Uppruna vistferilsgreininga má rekja til fyrri hluta sjöunda áratugs síðustu aldar. Þá fóru menn að hafa áhyggjur af takmörkuðum auðlindum hráefnis og orku. Þetta varð hvati til þess að skoða orkunotkun og setja fram áætlun um hráefnis og orkunotkun til framtíðar. Harold Smith var einn af þeim fyrstu til að setja fram útreikninga á orkuþörf fyrir framleiðslu á efnavöru á heimspingi orkumála árið 1963 (SAIC, 2006).

Árið 1972 voru gefin út tvö hnattræn líkön. Takmörkun vaxtar (e. The limits to Growth) eftir Meadows árið 1972 og Áætlun um að lifa af (e. A blueprint for Survival) eftir Goldsmith sama ár. Þessi rit leiddu til spár um áhrif fjölgunar mannsins á hráefnisþörf og orkunotkun. Spáin fyrir hraða gjörnýtingu af jarðefnaeldsneytis og breytingar á loftslagi varð til þess að frekari rannsóknir voru gerðar á orkunotkun og frálagi frá iðnaðarframleiðslu. Á þessum tíma voru gerðar margar rannsóknir til að meta kostnað og umhverfisleg áhrif af öðrum orkumöguleikum (Goldsmith, 1972) (Meadows, 1972).

Árið 1969 var gerð rannsókn fyrir Coca-Cola fyrirtækið sem lagði grunninn af núverandi aðferðum í vistferilsgreiningu í Bandaríkjunum. Í rannsókninni voru bornar saman mismunandi gerðir af ílátum fyrir drykki sem fyrirtækið framleiðir. Fundið var það ílát sem minnst losaði til umhverfisins og hafði minnst áhrif á náttúrulegar auðlindir. Í rannsókninni var greind magnþörf fyrir hráefni, orku og umhverfisáhrif frá framleiðsluferli fyrir hvert ílát. Önnur bandarísk fyrirtæki gerðu svipaðar rannsóknir í byrjun áttunda áratugsins. Á þessum tíma var aðallega stuðst við heimildir sem voru aðgengilegar almenningi eins og gögn frá viðkomandi fylkjum þar sem upplýsingar frá iðnaði voru ekki fánleg. (SAIC, 2006)

Þetta ferli að greina magnþörf á auðlindum og losun til umhverfisins varð þekkt í Bandaríkjunum sem REPA (e. Resource and Environmental Profile Analysis) sem á íslensku gæti kallast Auðlinda og umhverfisgreining. Í Evrópu var þetta kallað

umhverfisvog (e. Ecobalance). Um 15 auðlinda og umhverfisgreiningar voru gerðar á árunum 1970-1975. Þetta var eftir að almenningur var orðinn meðvitaðri um þessi mál og hvatti iðnaðinn til að tryggja nákvæmni upplýsinga. Auk þess var olúskortur í byrjun áttunda áratugarins sem leiddi til aukinnar vitundar um meðferð auðlinda. Á þessum árum voru settar fram leiðbeiningar um hvernig framkvæma ætti slíkar rannsóknir. Frá 1975 og fram á níunda áratuginn minnkaði áhugi á þessum málum vegna minni áhrifa frá olúkreppunni og áhyggjur af umhverfinu færðust yfir á úrgang. Fáar vistferilsgreiningar voru gerðar á þessum tíma u.þ.b. tvær á ári og flestar tóku til orkumála en aðferðafræðin batnaði smám saman. Á þessum tíma jókst áhugi evrópu eftir setningu umhverfis tilskipunar Evrópusambandsing (DG X1). Þá settu evrópskir sérfræðingar í vistferilsgreiningu fram aðferðir svipuðum þeim sem notaðar voru í Bandaríkjunum. Auk þess að staðla mengunareglur í Evrópu setti umhverfis tilskipunin fram árið 1985 tilskipun um ílát fyrir mat í fljótandi formi (e. Liquid Food Container Directive). Með tilskipuninni voru fyrirtæki innan Evrópusambandsins skildug til að vakta alla orku og hráefnisnotkun og úrgang frá ílátunum.

Þegar úrgangur varð að heimsmáli árið 1988 kom vistferilsgreining fram sem tæki til að greina umhverfisleg vandamál. Þegar áhugin á öllum þáttum er varða auðlindir og umhverfismál jókst varð það til þess að aðferðafræði vistferilsgreiningar batnaði. Mikill fjöldi ráðgjafa og fræðimanna alls staðar um heiminn hefur bætt og útvíkkað aðferðafræðina (SAIC, 2006).

Árið 1991 höfðu menn áhyggjur af misnotkun á vistferilsgreiningu til að markaðssetja framleiðsluvörur. Þetta leiddi til þess að nokkrir ríkissaksóknarar í Bandaríkjunum lýstu yfir banni á notkun vistferilsgreiningar til að markaðssetja vörur þangað til staðlaðar aðferðir hefðu verið þróaðar fyrir slíkar greiningar. Einnig settu þeir þá kröfu að komist yrði að samkomulagi um hvernig slíkan samanburð á umhverfislegum áhrifum mætti auglýsa án blekkinga. Þessi krafa, auk þrýstings frá umhverfissamtökum um að staðla aðferðafræði vistferilsgreiningar, leiddi til þróunar og útgáfu Alþjóðlega staðlaráðsins (e. International Standards Organization, ISO) á staðlaflokki 14000 frá árinu 1997 til 2002.

Umhverfisáætlun Sameinuðu þjóðana (e. United Nations Environment Programme, UNEP) og Félag umhverfis efna- og eiturefnafræði sameinuðu krafta sýna árið 2002 til að hleypa af stokkunum áætlun um frumkvæði í vistferilsgreiningu. Þessi samvinna var alþjóðleg samvinna á sviði vistferilsgreininga. Markmið þessarar áætlunar var að koma vistferils hugsuninni í framkvæmd og að bæta þau tæki sem til væru til greiningar með betri gögnum og mælitækjum. Vistferilsstjórnununar áætlunin eykur vitund og bætir færni ákvörðunartaka. Þetta er gert með því að búa til upplýsingar, skapa vettvang fyrir upplýsingaskipti á bestu leiðum í framkvæmd vistferilsgreininga, og setja fram áætlun um þjálfun um allan heim. Vistferilsgreiningar gagnagrunnur (e. Life Cycle Inventory, LCI) bætir aðgang að nákvæmum og gegnsæjum upplýsingum á heimsvísu. Þetta er gert með því að auðvelda aðgang að upplýsingum hóps fræðimanna með því að birta þær á veraldarvefnum. Áætlunin um greiningu á umhverfisáhrifum vistferils (e. Life Cycle Impact Assessment, LCIA) eykur gæði og aðgengi að upplýsingum um umhverfisáhrif. Þetta er gert með því að koma á framfæri mismunandi skoðun sérfræðinga þar sem niðurstöður þeirra eru viðurkenndar á heimsvísu (SAIC, 2006).

### 4.3 Takmarkanir á vistferilsgreiningu

Vistferilsgreining er að mörgu leiti takmörkuð og þessar takmarkanir þarf að hafa í huga þegar vistferilsgreining er gerð og þegar niðurstöður hennar eru túlkaðar. Eiginleikar þeirra kosta sem valdir eru og þær nálganir sem gerðar eru geta verið huglægar. Sem dæmi má nefna ytri mörk kerfisins, val á gögnum og áhrifaflokkum. Ytri mörk kerfisins eru ákveðin í byrjun greiningarinnar og val á þeim geta verið með margskonar hætti, allt eftir því til hvaða þátta greiningin á að ná yfir. Gögn geta líka verið misjöfn og þau ná oft á tíðum yfir stærra svæði en vistferilsgreiningin sjálf nær yfir. Niðurstöður vistferilsgreiningar á stórum landsvæðum eiga því ekki alltaf við um minni landssvæði. Nákvæmni vistferilsgreiningar getur verið takmörkuð vegna aðgangs að nauðsynlegum gögnum, hvort nauðsynleg gögn séu til og hver gæði gagnanna eru. Skortur á gögnum sem háð eru tíma eða rúmi sem notuð eru í áhrifamatinu leiðir til óvissu í niðurstöðu matsins. Þessi óvissa er mismunandi eftir mismunandi flokkum áhrifa og þeim gögnum sem til eru fyrir hvern flokk. Það líkan sem notað er til greiningar á gagnasafninu eða til að meta umhverfisleg áhrif er takmarkað af þeim nálgunum sem eru gerðar. Líkanið er mögulega ekki fyrir hendi eða á ekki við um öll möguleg umhverfisleg áhrif (Staðlaráð Íslands, 1997).

### 4.4 Gagnrýni á vistferilsgreiningu

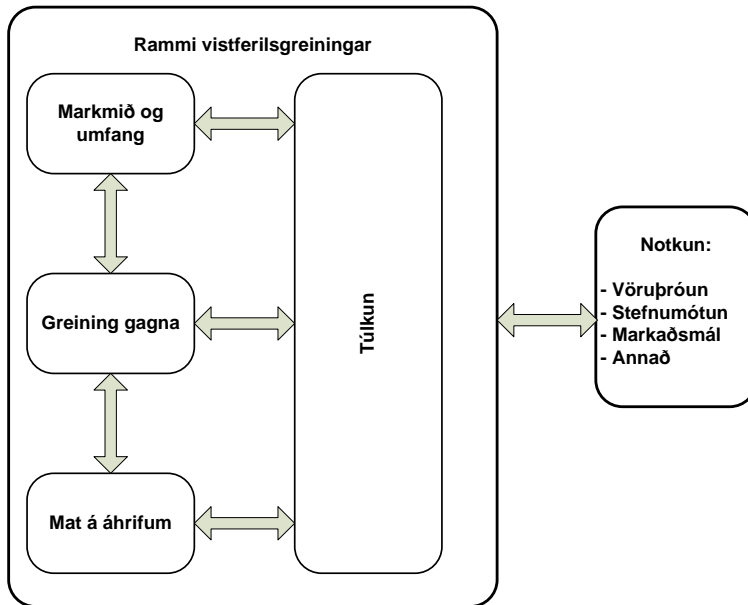
Vistferilsgreining er öflugt tæki til að greina sambærilega þætti í mælanlegum kerfum. Hinsvegar er ekki hægt að setja tölur á alla þætti kerfisins sem skipta máli. Nákvæmni gagna og hvort gögn séu til hefur áhrif á óvissu þeirra eins og áður hefur komið fram. Gögn geta sem dæmi verið meðaltöl, fjöldi sýna sem tekin eru geta verið fá o.s.frv. Í vistferilsgreiningu er ekki tekið á félagslegum þáttum vöru og þjónustu. Vistferilsgreining er oft gerð til að bera saman mismunandi valkosti framleiðsluferla eða vöru. Mjög misjafnt er hvernig kerfismörk vistferilsgreiningar eru valin, gögn sem tiltæk eru um vöru eða þjónustu eru misjöfn að gæðum. Þetta getur leitt til þess að vistferilsgreining getur verið aðlöguð einni vöru frekar en annarri allt eftir því hvaða kerfismörk og gögn eru valin hverju sinni. Til eru viðmiðanir sem draga úr slíkum aðlögunum en þrátt fyrir það mun sá sem framkvæmir greininguna alltaf ákveða hvað sé mikilvægt, hvernig varan sé framleidd og notuð.

### 4.5 Lykilþættir vistferilsgreiningar

Vistferilsgreining skal á fullnægjandi og kerfisbundinn hátt greina umhverfislega þætti vöru eða þjónustu frá hráefnisöflun til förgunar. Nákvæmni og tímarammi vistferilsgreiningar er mjög misjafn og er háður skilgreiningu á umfangi og markmiði hennar. Umfang, nálganir, lýsing á gæðum gagna, aðferðafræði og úrtak frá vistferilsgreiningu skal vera augljós. Í vistferilsgreiningu skal gera grein fyrir og ræða heimildir fyrir gagnaupplýsingum og vera skýrt frá á greinilegan og viðeigandi hátt. Ráðstafanir skulu gerðar, háðar tilætlaðri notkun á vistferilsgreiningunni, varðandi trúnað og eiganda upplýsinga sem notaðar eru. Aðferðafræði vistferilsgreiningar skal vera opin fyrir nýjum vísindalegum uppgötvunum og framförum í bestu tækni sem möguleg er á hverjum tíma. Tilteknar kröfur eru gerðar til Vistferilsgreininga sem eru notaðar til að gera samanburð á staðhæfingum sem birtar eru almenningi. (Staðlaráð Íslands, 1997).

## 4.6 Helstu skref vistferilsgreiningar

Samkvæmt ISO 14040 staðlinum er vistferilsgreining framkvæmd í fjórum megin skrefum eins og sjá má á mynd 20. Skilgreina skal nákvæmlega umfang og markmið greiningarinnar, greiningu gagna og mat á áhrifum þess sem greint er hverju sinni. Mikilvægt er að gögn og niðurstöður séu túlkaðar í hverju skrefi og lagfæringar gerðar svo niðurstaða greiningarinnar sé eftir þeim markmiðum sem upphaflega voru sett. Niðurstöður vistferilsgreiningar geta verið gagnlegar til margvíslegrar ákvörðunartöku, s.s. vegna vöruþróunar, stefnumótunar og markaðsmála (Staðlaráð Íslands, 1997).



Mynd 20: Helstu skref vistferilsgreiningar (Staðlaráð Íslands, 1997)

### 4.6.1 Markmið og umfang

Í fyrsta skrefi aðferðarinnar setur framkvæmdaaðili fram og tilgreinir markmið og umfang greiningarinnar í samræmi við áætlaða beitingu hennar. Skilgreind er aðgerðareining (e. Functional unit) sem gæti t.d. verið eitt kg af vöru sem framleidd er. Einnig þarf að skilgreina þá aðferðafræði sem notuð er til að skilgreina jaðar kerfisins. Þessi jaðar ákvarðar hvaða ferli vörunnar eru teknir með í greiningunni og skulu endurspegla markmið greiningarinnar. Að lokum þarf þessi hluti að innihalda lýsingu á þeim aðferðum sem notaðar eru til að meta umhverfisleg áhrif og hvaða umhverfisáhrifaflokkar eru skoðaðir (SAIC, 2006).

Nauðsynlegt er að hámarka nýtingu tíma og aðfanga við gerð vistferilsgreiningar. Einnig þarf að vera skýrt hvernig standa skal að greiningunni og hvaða niðurstöðu hún á að skila. Þau sex atriði sem hér á eftir koma ættu að vera skilgreind í byrjun vinnu við vistferilsgreiningu.

1. Skilgreining á markmiðum verkefnis.
2. Ákveða hvaða upplýsingar eru nauðsynlegar vegna ákvörðunartöku.
3. Ákveða nauðsynlega skilgreiningu.
4. Ákveða hvernig gögn skuli skipulögð og niðurstöður birtar.



5. Skilgreina umfang greiningarinnar.
6. Ákveða meginreglur framkvæmdar.

#### 4.6.2 Greining gagna

Vistferilsgagnasafn er ferli sem felst í að greina ílag og frágag þ.e. orku- og hráefnisþörf, útblástur til andrúmslofts, úrgang og aðra losun frá vöru á líftíma hennar. Í þessum ferli vistferilsgreiningar fer fram gagnaöflun og skráning gagna. Án þessarar gagnaöflunar er enginn grunnur til að meta umhverfisleg áhrif eða mögulegar úrbætur. Nákvæmni þeirra gagna sem safnað er endurspeglast í öllum ferli vistferilsgreiningarinnar. Greining á gagnasafninu getur verið notuð á margvíslegan hátt. Hún getur gagnast við samanburð á vörum og við hugleiðingar um umhverfislega þætti í efnisvali. Auk þess getur slík greining gagna komið að notum við stefnumótun, með því að hjálpa löggjafarvaldinu varðandi nýtingu auðlynda og umhverfismála. Við greiningu á gagnasafninu verða til upplýsingar um þá mengunarvalda sem sleppt er út í umhverfið og magn orku og hráefnis sem notað er við framleiðslu vöru. Hægt er að sjá niðurstöður fyrir hvern þátt vistferilsgreiningarinnar eða hverskonar samblöndu þeirra.

Umhverfisverndar stofnunin EPA (e. Environmental Protection Agency) hefur sett fram ramma um hvernig greina skuli gagnasöfn og meta gæði þeirra gagna sem notuð eru og helstu niðurstöðum. Sett eru fram fjögur skref í þessu sambandi sem lýst er hér á eftir (SAIC, 2006).

1. Gera flæðirit af þeim ferlum sem á að greina.
2. Gera áætlun um gagnaöflun.
3. Gagnaöflun.
4. Meta og setja fram niðurstöður.

#### 4.6.3 Mat á áhrifum

Þriðja skrefið í vistferilsgreiningu snýr að mati á mismunandi áhrifum á umhverfið eins og hnattrænnar hlýnunar, súrs regns og næringarefnaofauðgun sem dæmi. Fyrsta skrefið í mati á áhrifum er svokölluð auðkenning (e. characterization). Þar eru möguleg áhrif reiknuð út frá niðurstöðum vistferilsupplýsinganna hér á undan. Næsta skref er stuðlun (e. normalization) og skölun (e. weighting), en samkvæmt ISO staðlinum eru þau skref valkvæð þar sem greiningaraðili metur hvort meta þurfi gögnin með þeim hætti. Stuðlun er aðferð sem gerir það kleift að bera saman mismunandi umhverfislega áhrifa þar sem öll áhrif fá sömu eininguna til að vera samanburðarhæf. Skölun (e. weighting) er notuð til að gefa mismunandi umhverfisáhrifum mismunandi vægi eftir mikilvægi þeirra. Mikilvægt er að gera greinarmun milli mats á áhrifum vistferils og annarra mata á áhrifum. Mat á áhrifum vistferils er ekki endilega tilraun til að ákvarða einstök raunveruleg áhrif frá vöru eða þjónstu. Leitast er eftir að setja fram tengsl milli kerfis t.d. framleiðsluaðferðar og hugsanlegra áhrifa. Þau líkön sem notuð eru við greininguna eru oft einfaldaðar útgáfur af þróaðri líkönun fyrir hvern áhrifaflokk. Þessi einfölduðu líkön eru heppileg fyrir hlutfallslegan samanburð á mögulegum áhrifum á manninn eða umhverfið en eru ekki mælir fyrir raun skaða á heilsu manna eða umhverfið. Mat á áhrifum vistferils er kerfisbundin aðferð til að flokka og greina þessa umhverfislegu afleiðingar.

#### 4.6.4 Túlkun

Í þessu skrefi fer fram túlkun á helstu umhverfisáhrifaþáttum, næmnigreining og greining óvissu. Þetta skref leiðir til ályktunar eða niðurstöðu um það hvort markmiðum geti verið náð. Túlkun vistferils er kerfisbundin leið til að koma auga á, ákvarða magn, kanna; og meta þær upplýsingar sem úr vistferilsgreiningunni koma. Tilgangur þess að túlka niðurstöðurnar er að ákvarða hvort gögnin sannfæri greinandann og upplýsi hann á sanngjarnan, fullnægjandi og nákvæman hátt. Túlkun niðurstaða á vistferilsgreiningu er ekki einföld eins og að 3 sé stærri en 2. Hér er leitað að besta kostinum. Túlkun á niðurstöðum vistferilsgreiningar byrjar með skilningi á nákvæmni niðurstaðna og sannfæringu á að þær séu í samræmi við markmið greiningarinnar. Þetta er fengið með því að staðfesta að þau atriði sem hafa mest áhrif á hvern umhverfisþátt, næmnigreina þessi atriði, meta hvort allir áhrifaþættir hafa verið skoðaðir og hvort samræmi sé í greiningunni, og setja fram ályktun og ráðleggingar sem byggja á skilningi á því hvernig vistferilsgreiningin var framkvæmd og hvernig niðurstöðurnar voru fengnar (SAIC, 2006).

### 4.7 Notkun og tæki vistferilsgreiningar

Árið 2006 var gerð könnun á vefnum þar sem 65 sérfræðingar í vistferilsgreiningu tóku þátt. 66% þeirra frá Bandaríkjunum, 23% frá Evrópu og 11% frá öðrum hlutum heimsins. Þar kom fram að hugbúnaður er notaður í flestum tilfellum við greininguna. 58% þeirra notuðu GaBi forritið sem hannað er af PE International, 31% nota SimaPro hannað af Pré Consultants og 11% annan hugbúnað. Samkvæmt sömu könnun notuðu 63% svarenda vistferilsgreiningu við gerð viðskiptaáætlana, 62% til rannsókna og þróunar, 52% til hönnunar vöru og ferla, 46% til menntunar, 42% til stefnumörkunar, 37% til vörumerkinga, 26% til sölumála, 20% til efnisöflunar, og 8% fyrir annað (Cooper & Fava, 2006).

Vistferilsgreining hefur orðið æ mikilvægari á síðustu árum og er hægt að meta árangurinn með því að skoða fyrirtæki sem hafa tileinkað sér aðferðina. Sem dæmi um fyrirtæki sem hafa tileinkað sér þessa aðferð eru: 3M, Alcan, Continental, Daimler, Levi, Electrolux, Fujitsu, General Motors, Hewlett Packard, Nissan, Procter og Gamble, Toyota og Volvo.

### 4.8 GaBi hugbúnaðurinn

PE International sem hannar og þróar GaBi hugbúnaðinn sérhæfir sig í sjálfbærni. Allt frá árinu 1991 hefur fyrirtækið aðstoðað viðskiptavinum þess hvað varðar sjálfbærni í rekstri þeirra. GaBi hugbúnaðurinn er sérstaklega hannaður með sjálfbærni vöru í huga. Gagnagrunnurinn frá árinu 2006 sem GaBi samanstendur af er byggður á þekkingu frá langtíma samvinnu við iðnaðinn, tæknilegum og vísindalegum gögnum. Því er GaBi gagnagrunnurinn einn yfirgripsmesti gagnagrunnur sem völ er á í dag. Gagnagrunnurinn nær yfir mörg ólík svið iðnaðar og má sem dæmi nefna málma eins og stál, ál, járn sem og lífræna og ólífræn efni. Einnig nær gagnagrunnurinn yfir orku, förgun og framleiðslu (PE-International, 2011).



## 5 Timbur sem byggingarefni

Timbur er til margra hluta nytsamlegt byggingarefni það hefur margvíslega eiginleika. Timbur er sem dæmi sterkt miðað við þyngd, hefur gott einangrunargildi og er af mörgum talið fallett byggingarefni og hentar því vel þar sem burðarvirki og aðrir byggingahlutar eru sýnilegir.

Hið byggða umhverfi í Bretlandi hefur mikil áhrif á umhverfið. Samkvæmt BRE (e. Building Research Establishment) er talið að 50% af kolefnislosun, 50% af vatnsnotkun, 35% af landfyllingar úrgangi (e. landfill waste) komi frá hinu byggða umhverfi. Auk þess eru 13 % af allri hrávöru sem notuð eru í breska hagkerfinu notuð af hinu byggða umhverfi. Um 94 milljónir tonna af niðurrifs úrgangi koma frá þessum geira í Bretlandi ár hvert. Um 420 milljónir tonna af byggingavöru eru notaðar árlega í Bretlandi og þar af 15 milljónir tonna af timbri. Í kringum fimmtungur nýrra húsa eru byggðar upp með timburramma. Um helmingur allrar framleiddrar orku fer til notkunar í húsnæði (BRE, 2010).

Ef notað væri timbur í stað annarra hefðbundinna byggingarefna myndi sparast 0,9 tonn af CO<sub>2</sub> fyrir hvern m<sup>3</sup> af timbri sem kæmi í staðinn. Samkvæmt BRE þá er CO<sub>2</sub> losun í kg/m<sup>2</sup> af byggingahluta 11,1 fyrir steypu, 5,2 fyrir stál en aðeins 1,4 fyrir timbur. Um 20 tonn af CO<sub>2</sub> eru losuð út í andrúmsloftið fyrir dæmigert hús í Bretlandi en um 2,4 tonn í þeim húsum þar sem timbur er notað þar sem hægt er (BRE, 2010).

Orkunotkun og tilheyrandi losun gróðurhúsalofttegunda vegna bruna á jarðefnaeldsneyti eru oftast talin mikilvægustu umhverfisáhrif bygginga. Byggingar þurfa mikla orku yfir langan líftíma þeirra. Þess vegna höfum við mestan áhuga á orku og útblæstri (e. emissions) á notkunartíma bygginga. Sú orka sem notuð er við framleiðslu byggingarefna og framkvæmda við byggingu, oft nefnd geymd orka (e. embodied), er að jafnaði mun minni en sú orka sem þarf við notkun bygginga þó ekki sé víst að mengun sé í beinu hlutfalli við orkuna. Þó eru til byggingar þar sem orkunýtingin er mjög góð og þar á þetta ekki við (Canada Wood, 2008).

Sú orka sem notuð er til að framleiða þau efni sem notuð eru í byggingar er um 22% af heildar orkunni sem byggingin þarf á líftíma hennar. Þess vegna er mikilvægt að hafa í huga hvaða efni eru notuð í byggingar og orku nýtingu hennar. Einnig skiptir orkunotkun í flutningum byggingarefna miklu máli í heildarorkunotkun. Timbur er það byggingarefni sem minnstu orkuna þarf við framleiðslu af þeim byggingarefnum sem almennt eru notuð í dag. Vegna ljóstíllífunar draga tréin í sig CO<sub>2</sub> úr andrúmsloftinu og með vatni sem fæst úr jarðveginum ná þau að vaxa og mynda súrefni sem skilað er til andrúmsloftsins. Í hverjum rúmmetra af timbri sem notað er í stað annarra byggingarefna minnkar CO<sub>2</sub> losun til andrúmsloftsins að meðaltali um 1,1 tonn. Ef þeirri tölu er svo bætt við þau 0,9 tonn af CO<sub>2</sub> sem hver rúmmeter af timbri inniheldur sparar notkun timburs samtals 2 tonnum af CO<sub>2</sub> (CEI-BOIS, 2011).

Áætlað er að skógar í Evrópu fyrir utan Rússland geymi 9.552 milljón tonn af kolefni og aukist um 115,83 milljónir tonna árlega. Skógar í Rússlandi eru taldir geyma 37.000 tonn af kolefni og að aukningin sé um 440 milljón tonn (CEI-BOIS, 2011).

Þeim skógum sem er stjórnað eru áhrifaríkari hvað varðar kolefnisbindingu en þeim sem ekki er stjórnað. Yngri tré vaxa hraðar og taka upp meiri CO<sub>2</sub> en þau sem eldri eru. Þau

eldri munu að lokum deyja og skila því kolefni sem safnast hefur í þeim á vaxtarskeiði þeirra. Þetta kolefni brotnar síðan niður og hvarfast við önnur efni og myndar t.d. metan (CH<sub>4</sub>) við rotnun. Þau tré sem eru felld í stjórnuðum skógum og notuð t.d. til húsbýgginga halda áfram að geyma það CO<sub>2</sub> sem þau hafa tekið til sín á vaxtarskeiðinu allt til loka vistferilsins. Talið er að meðal líftími timburs sé á bilinu 2 mánuðir fyrir pappír til 75 ára fyrir timbur sem notað er sem burðarviður. Því lengri sem líftíminn er því betra fyrir umhverfið. Sama hversu lengi kolefni er bundið í timbri mun öll aukning í magni kolefnis sem skógar heimsins innihalda hafa jákvæð áhrif og minnka CO<sub>2</sub> í andrúmslofti. Aukin notkun timburs sem byggingarefni í stað annarra efna er einföld leið til að minnka loftlagsbreytingar (CEI-BOIS, 2011).

Skógariðnaðinum í Evrópu er það ljóst að framtíð þeirra er byggð á verndun og aukningu skóga þeirra. Vegna þessa og þeirra laga sem eru í gildi í ríkjum Evrópu er tryggt að fleiri trjám er plantað en eru felld. Aðeins 64% af árlegri aukningu evrópskra skóga eru felld og því eru skóglendin að aukast (CEI-BOIS, 2011).

Allt frá tíunda áratug síðustu aldar hefur vottanir á skóga aukist verulega. Um mitt árið 2008 náðu vottaðir skógar um 307 milljón ha á heimsvísu. 35% af skógum heimsins sem eru vottaðir eru í Evrópu og 76% af vottuðum skógum í Evróðu í 27 löndum Evrópusambandsins. Þar sem milliríkjavíðskipti eru aðeins um 15 – 20% of heildarmagni sem fellt er af trjám mun sá þáttur einn ekki leiða til aukinnar vottunar á skógum. Lög og reglur sem settar eru af stjórnvöldum viðkomandi landa eru mikilvægasti þátturinn í sjálfbærni skóga (CEI-BOIS, 2011).

Umræðan í Evrópu um notkun timburs frá vottuðum skógum hefur orðið til þess að nú beina menn sjónum sínum að tveimur áætlunum. Annars vegar PEFC (The Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) sem er áætlun um vottun skóga og hinsvegar FSC (Forest Stewardship Council) sem er ráðgjafarnefnd um stjórnun skóglendis (CEI-BOIS, 2011).

Mikilvægt er að hafa í huga að yfir 90% af því magni af timbri sem notað er í Evrópu kemur frá evrópskum skógum sem eru skilgreindir í jafnvægi, vel stjórnað, og vaxandi. Neytandinn getur því verið nokkuð öruggur um umhverfislega hæfni vörunnar.

Á Íslandi er timbur mikið notað sem byggingarefni og er því áhugavert að greina þau umhverfisáhrif sem af því hlýst. Aðstæður Íslands eru sérstakar vegna legu landsins í Atlantshafinu og vegna þess hve langt þarf að flytja vöruna þessa erfiðu sjóleið. Í kafla 6 verður gerð greining á kolefnisspori timburs sem framleitt er í Finnlandi og notað á Íslandi með sérstakri áherslu á áhrif flutninga á heildarlosun CO<sub>2</sub>.

## 6 Kolefnisspor timburs

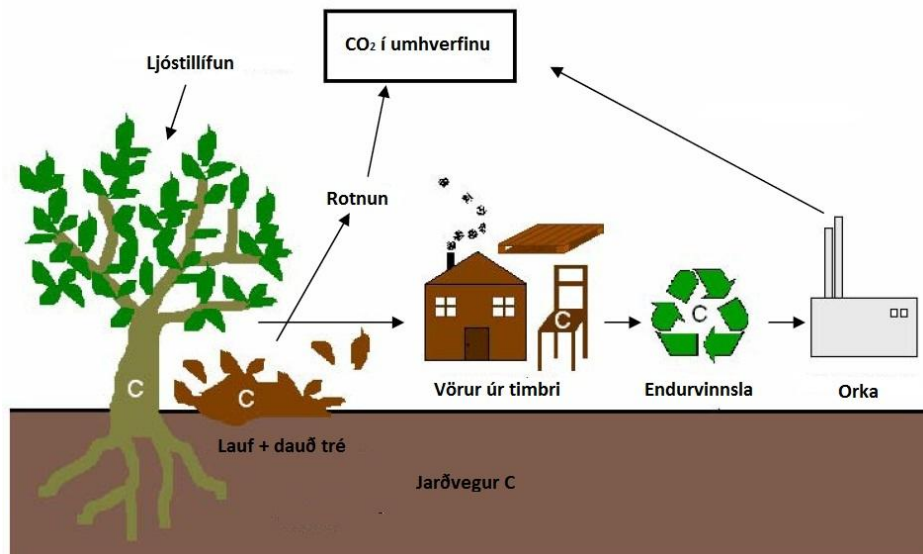
Kolefnisspor er mælir magn gróðurhúsalofttegunda sem rekja má til einstaklings, fyrirtækis eða vöru. Sem dæmi um þetta má nefna brennslu jarðefnaeldsneytis til rafmagnsframleiðslu, húshitunar eða flutninga. Að auki getur vara eða þjónusta valdið óbeinum umhverfisáhrifum m.t.t. gróðurhúsalofttegunda á vistferlinum. Orku þarf til framleiðslu og flutning á vörum og losun gróðurhúsalofttegunda verður einnig í lok líftíma vörunnar.

Sú greining sem hér fer fram er miðuð við finnska timburframleiðandann UPM. UPM á og rekur skóga sem ná yfir eina milljón hektara lands í Finnlandi, Bandaríkjunum og Bretlandi. Auk þess hefur fyrirtækið umsjón með öðrum 0,7 milljón hektara skóglendis sem eru í eigu einkaaðila. Allir skógar sem UPM rekur eru löggildir og vottaðir. UPM framleiðir staðlaðar stærðir auk sérstærða í söguðu timbri auk margra annarra timbur afurða sem krefjast frekari vinnslu. Framleiðslugeta UPM á söguðu timbri er um 2.3 milljón rúmmetra á ári. Framleiðslugeta fyrirtækisins á öðrum afurðum sem þarfnast frekari vinnslu er um 0.4 milljón rúmmetra á ári. Fimm af sjö sögunar myllum fyrirtækisins eru staðsettar í Finnlandi, ein í Rússlandi og ein í Austurríki. UPM rekur einnig fimm myllur fyrir frekari framleiðslu á timburafurðum og eru þrjár þeirra staðsettar í Finnlandi, ein í Frakklandi og ein í Rússlandi. UPM framleiddi lífmassa frá skógum sem jafngildir 5.0 TWst sem aðallega var notað til eigin framleiðslu fyrirtækisins. Árið 2010 voru um 78% af öllu timbri sem fyrirtækið notar frá vottuðum og sjálfbærum skógum sem uppfylla FSC og PEFC. UPM hefur sett sér mælanleg markmið til framtíðar. Sem dæmi má nefna að UPM hefur það markmið að vera leiðandi fyrirtæki hvað varðar kolefnisspor á þeim markaði sem það starfar á (UPM, 2011). Hér er ekki um fullkomna vistferilsgreiningu að ræða því aðeins verður greint kolefnisspor timburs sem er áhugaverðasti þátturinn í vistferlinum.

### 6.1 Umfang og markmið

Kolefnishringrás timburs má sjá á mynd 21. Tré taka upp CO<sub>2</sub> úr andrúmsloftinu og mynda súrefni með ljóstillífun. Kolefnið verður eftir í tréinu og geymist þar. Dauð tré og lauf rotna og mynda við það m.a. CO<sub>2</sub>. Úr trjám eru framleiddar afurðir eins og timbur til bygginga. Eftir að timbrið hefur verið nýtt er það endurunnið og oft notað sem kolefnisgjafi til annarrar framleiðslu með brennslu. Við brunan myndast CO<sub>2</sub> og hringrásin heldur áfram.

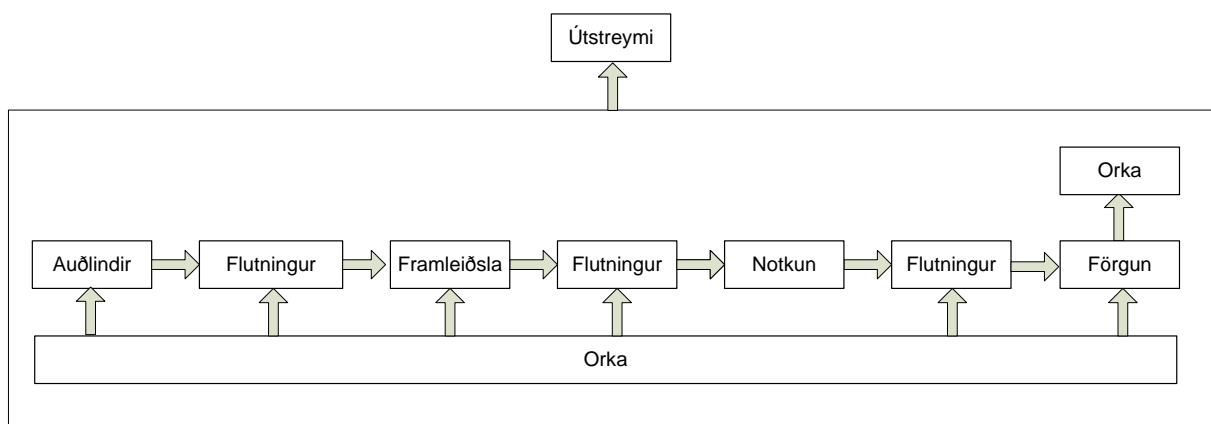
Eins og áður segir verður greiningin gerð á timburframleiðslu finnska fyrirtækisins UPM. Greiningin mun ná yfir losun gróðurhúsalofttegunda (e. global warming potential) á öllum líftíma timburs frá vöggu til grafar (e. from cradle to grave). Skoðaðar verða tvær mismunandi leiðir förgunar í lok líftíma timbursins þ.e. landfylling og brennsla timbursins og hvaða áhrif þær hafa á niðurstöðuna. Notaðar verða niðurstöður um CO<sub>2</sub> losun stórflutninga fyrir Ísland sem fengust úr kafla 3.3.8 og kannað hversu mikil áhrif flutningar hafa á heildarlosun CO<sub>2</sub>. Niðurstöður greiningarinnar verða bornar saman við niðurstöður á vistferilsgreiningu sem fást úr GaBi hugbúnaðinum.



Mynd 21: Timbur og kolefnishringrás

Sú aðgerðareining (e. functional unit) sem notuð er í greiningunni er kg af timbri sem skýrist af því að í GaBi hugbúnaðinum er sú eining notuð til vistferilsgreiningar á timbri. Einnig er þessi eining heppileg þegar umhverfisáhrif vegna flutninga er metinn. Sú eining sem GaBi hugbúnaðurinn notar er kg af vöru sem flutt er.

Kerfismörkin ná yfir allan líftíma timbers frá vöggju til grafar eins og sjá má á mynd 22. Tekið er tillit til fellingar trjáa í skógi og þau umhverfisáhrif sem eiga sér stað þar. Flutning til sögunarmillu, framleiðslu á timbri, flutning til hafnar, flutning á sjó, flutning til viðskiptavina á Íslandi, notkunar og förgunar eins og sjá má á mynd 22. Öll sú orka sem notuð er á ferlinum er tekin með í útreikningunum þ.m.t umhverfisáhrif vegna vinnslu á olíu sem notuð er á bíla og skip. Einnig er tekin með þau umhverfislegu áhrif sem verða til vegna framleiðslu á því rafmagni sem notað er til vinnslunnar. Orka verður til við förgun og má sem dæmi nefna metan sem sem myndast við rotnun timbers. Einnig verður til orka við brennslu á timbri og eru þessir þættir metnir í greiningunni. Ekki er reiknað með að orku þurfi á notkunarstigi timbers og því er ekki gert ráð fyrir umhverfisáhrifum frá þeim þætti.



Mynd 22: Kerfismörk

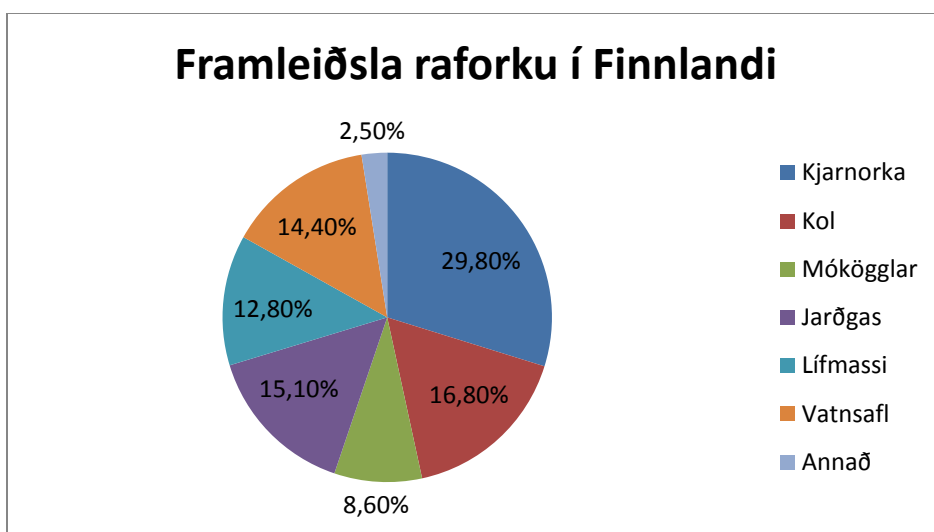
## 6.2 Greining gagna

Gögn voru fengin frá Jesse Rep sem er sérfræðingur í umhverfismálum hjá UPM. Í viðauka III má sjá gögnin sem fengust um framleiðslu á timbri frá UPM. Heildar hráefnið sem notað er í framleiðslunni er 3.493.000 rúmmetrar og frá því fást 1.701.000 rúmmetrar af söguðu timbri auk 1.867.000 rúmmetraa af hliðarframleiðslu, þ.e. af berki, spæni og sagi. Athyglisvert er að það rúmmál sem kemur út úr timburmillunni er meira en það sem fer inn í hana. Ástæðan fyrir þessu misræmi er líklega sú að erfitt er að mæla rúmmál af berki, spæni og sagi. Greiningin sem hér er gerð miðast við að heildarmagn af hráefni sé samtalan af söguðu timbri og hliðarframleiðslu þ.e. 3.568.000 rúmmetrar.

Nauðsynlegt er að skipta orkunni og þeim umhverfisáhrifum sem verða við framleiðsluna niður á sagað timbur annarsvegar og hliðarframleiðsluna hinsvegar. Í greiningunni er þessum þáttum skipt þannig að sagað timbur er talið taka 47,67% og hliðarafurðir 52,33%. Þessi skipting er miðuð við það rúmmál sem sagað timbur og hliðarafurðirnar eru af heildarrúmmáli.

UPM er stór framleiðandi af lífrænu eldsneyti (e. biofuel) og notar fyrirtækið þá orku í framleiðslu sína að stóru leiti. Í Kaukas myllunum sem staðsettar eru í Lappeenranta í suðaustur Finnlandi er framleitt timbur, pappír og krossviður. Árið 2008 var notkun á lífrænu eldsneyti 93,5% af heildar eldsneyti og jarðefnaeldsneyti einungis 6.5% (UPM, 2009).

Í gögnunum frá UPM sem sjá má í viðauka III kemur fram að keypt orka sé samtals 220 GWst árið 2010. Ekki er ljóst hvaðan sú orka er keypt en í GaBi hugbúnaðinum er til orkublanda fyrir Finnland sem notast er við í greiningunni. Þessi orkublanda er lýsandi fyrir orku sem notuð er í Finnlandi og er talið að gæði gagna séu góð. Upplýsingar um orkublönduna eru byggðar á opinberum tölfræðilegum upplýsingum. Stuðst var við nákvæm líkön af orkuframleiðslunni sem eru samblanda af mældum útblæstri og reiknuðum gildum fyrir þá þætti sem ekki voru mældir t.d. lífræn efni og þungmálma. Skipting milli mismunandi framleiðsluáferða rafmagns má sjá á mynd 23 (PE-International, 2011).



Mynd 23: Framleiðsla raforku í Finnlandi.



Þau gögn sem fengust frá UPM taka tillit til fellingar trjáa, flutning frá skógi að verksmiðju og framleiðslu timburs. Því má segja að gögnin nái yfir vistferil timburs frá vöggu til hliðs (e.cradle to gate) eins og sjá má á mynd 19. Gæði gagnanna frá UPM eru talin vera góð því fyrirtækið hefur safnað þeim saman yfir langan tíma og tekið umhverfismálin sterkum tókum.

Meta þarf fjarlægðir vegna flutninga á vegum og sjó vegna umhverfisáhrifa frá þeim þáttum. Ef miðað er við að timbrið sé framleitt í einni af Kaukas myllunum þá er fjarlægð frá Lappeenranta þar sem millan er staðsett og til hafnarborgarinnar Kotka um 110 km samkvæmt Google maps (Google, 2011). Sjóflutningur frá Kotka til Reykjavíkur er um 3385 km (Port World, 2011). Flutningur á timbri frá höfn í Reykjavík til sölustaða um landið er áætlaður 150 km samkvæmt reynslu söluaðila. Í töflu 8 má sjá hvernig sú vegalengd er fundin. Landinu er skipt í sex landshluta og meðaltals vegalengd til svæðisins fundin. Einnig er áætlað hlutfall sölu á byggingaefnum í kílógrömmum innan sömu landshluta í prósentum. Þá er flutningsvinnan reiknuð sem kílógrömm\*kílómetrar. Sem dæmi er hér áætlað að 10% af sölu byggingaefna fari fram á austurlandi og að meðal vegalengd sem þarf að flytja hvert kílógramm eru 600 km og því verður flutningsvinnan 60 kg\*km. Heildar flutningsvinnan fyrir alla landshluta eru því 150 km. Þetta þýðir í raun að áætlað er að hvert kílógramm af byggingaefnum sem seld eru á Íslandi séu flutt 150 km til sölustaða um landið.

Tafla 8: Flutningsvegalengd til landshluta á 1 kg af byggingavöru

INNANLANDSFLUTNINGAR			
Landshluti:	Vegalengd [km]	Hlutfall sölu [kg]	Flutningsvinna [kg*km]
Höfuðborgarsvæðið	10	40%	4
Reykjanes	40	5%	2
Suðurland	70	20%	14
Austurland	600	10%	60
Norðurland	360	15%	54
Vesturland	160	10%	16
	Samtals:		150 km

Einnig er áætlað að notkunarstaður byggingavara sé að meðaltali 15 km frá verslun. Það þýðir í raun að gert er ráð fyrir að viðskiptavinur ferðist að meðaltali 15 km eftir hverju kg af byggingavöru. Talið er að vegalengdir séu nákvæmar og gefi rétta mynd af þeim vegalengdum sem varan ferðast á líftíma hennar.

Í töflu 9 hér að neðan má sjá hvers konar flutningstæki eru notuð á hverjum legg leiðarinnar frá verksmiðju til notanda byggingavara. Frá verksmiðju til hafnar í Finnlandi er notaður vörubíll með 27 tonna flutningsgetu. Flutningavagn á slíkum vörubíl er 12 metra langur. Mest getur vagninn flutt átta 6 metra löng timburbúnt sem eru um 48 rúmmetrar eða 26.4 tonn ef miðað er við rúmpyngdina 550 kg/m<sup>3</sup>. Í greiningunni er miðað við að nýting bílsins sé að meðaltali 45% á heildarvegarlengdinni sem er 220 km. Gert er ráð fyrir því að bílinn fari að meðaltali með 90% af flutningsgetunni aðra leiðina og tómur til baka. Heildarnýtni bílsins er því 45% á heildarvegalengdinni báðar leiðir. Á leiðinni frá Reykjavík til verslana er sama nálgun gerð. Reiknað er með að bílarnir fari að meðaltali

með 90% af heildar flutningsgetu til verslana en tómir til baka. Heildarvegalengdin báðar leiðir er 300 km eins og sést í töflu 9 hér að neðan. Þau flutningatæki sem notuð eru frá verslun til viðskiptavina eru mjög misjöfn allt frá fólksbílum til stærstu vörubíla. Því er erfitt að áætla hvaða flutningstæki lýsir þeim flutningi best. Hér er stuðst við bíl með 3,3 tonna flutningsgetu og áætlað að slíkt tæki gefi góða mynd af heildarflutningi frá verslunum til viðskiptavina. Áætlað er að vegalengdin sé 30 kílómetrar og að nýtingin sé 35% . Því er gert ráð fyrir að bílinn sé tómur aðra leiðina og að nýtnin sé 70% hina leiðina. Stuðst er við GaBi forritið til að meta áhrif af flutningum á landi miðað við þær forsendur sem hér hafa verið raktar.

Tafla 9: Vegalengd, flutningstæi og nýtni flutningsmáta

Flutningur	Vegalengd [km]	Flutningstæki	Nýting [%]
Lappeenranta til Kotka	220	Euro 3, 27 tonna flutningsgeta	45%
Kotka til Reykjavíkur	3385	Stórflutningaskip, 6000 tonna flutningsgeta	60%
Frá Reykjavík í verslun	300	Euro 3, 11,4 tonna flutningsgeta	45%
Frá verslun til viðskiptavina	30	Euro 0,1,2,3,4 mix, 3,3 tonna flutningsgeta	35%

Samkvæmt upplýsingum sem fengust frá heimildarmanni sem óskar nafnleyndar má reikna með að um 3500 tonn séu flutt með stórflutninga skipi sem hefur heildar burðargetu uppá 6000 tonn. Nýtingin miðað við burðargetuna er því um 60%. Líklegt verður þó að teljast að nýting skipsins miðað við það rúmmál sem það getur tekið sé mun betri. Olíunotkun í flutningi slíkum flutningi er um 160 tonn samkvæmt sömu heimildum. Því er áætlað að 0,046 kg af olíu þurfi til að flytja hvert kg af byggingavöru með stórflutningaskipi til landsins. Siglingaleiðin frá Kotka í Finnlandi til Reykjavíkur er um 3385 km (Nafnleynd, 2011).

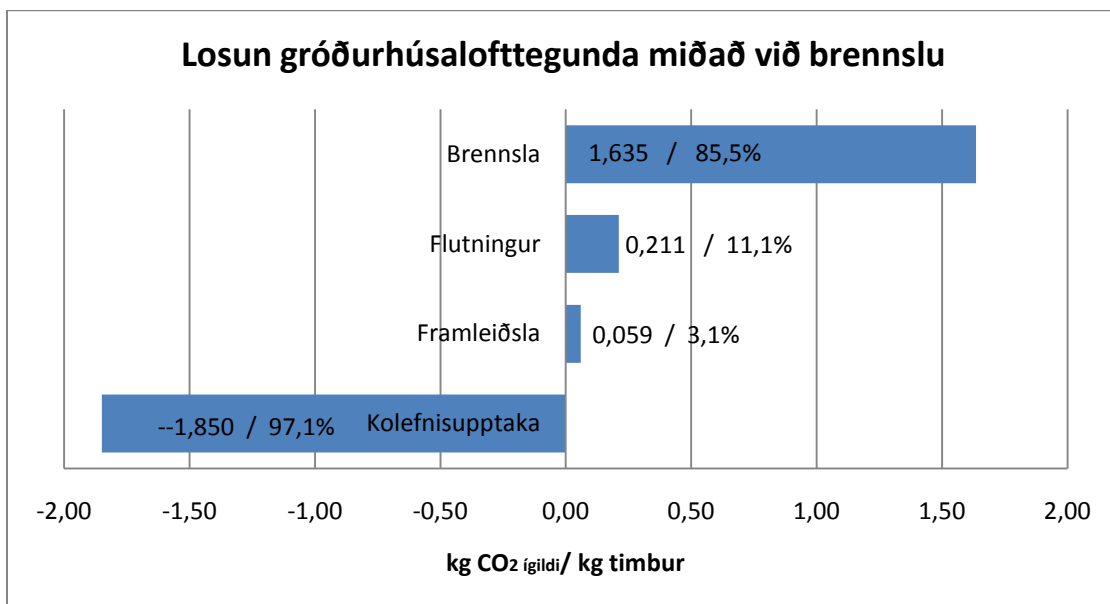
Tré taka upp kolefni á æviskeiði sínu og skila súrefni til baka. Misjafnt er eftir viðartegundum hversu mikil kolefnisupptakan er. Í GaBi hugbúnaðinum er gert ráð fyrir að kolefnisupptakan á vaxtarskeiði trésins sé 1,85 tonn fyrir hvert tonn af timbri. Þessi tala er notuð bæði fyrir furu og greni. Það má því segja að timbrið byrji sem jákvætt gildi með tilliti til umhverfisáhrifa.

Skóðaðir eru tveir möguleikar á förgun, annarsvegar brennsla og hinsvegar til landfyllingar. Gögn varðandi förgun eru miðuð við GaBi hugbúnaðinn. Hvað brennsluna varðar eiga gögnin vel við Evrópu. Gögnin eru miðuð við EU-27 sem eru 27 evrópuríki auk þess sem gögn frá Sviss og Noregi eru notuð í gagnasafnið. Miðað er við blöndu af þurr og blauthreinsun og mismunandi aðferðir við fjarlægingu á nitur oxíðum, NOx. Gögnin gefa góða mynd af brennslu úrgangs þar sem orkan sem verður til við brennsluna er notuð til raforkuframleiðslu (e. Waste to Energy plant). Gögnin ná yfir alla þætti sem skipta máli í ferlinu og teljast gögnin góð. Hvað landfyllingu varðar eru gögnin lýsandi fyrir landfyllingu á úrgangi frá sveitarfélögum. Gert er ráð fyrir að gasi frá landfyllingunni sé safnað.

## 6.3 Mat á áhrifum

Á mynd 24 má sjá losun gróðurhúsalofttegunda við framleiðslu á timbri, flutning þess til notanda og förgun miðað við að brennsla sé beitt í lok líftímans. Eins og sjá má er brennslan í lok líftímans stærsti einstaki þátturinn í losun gróðurhúsalofttegunda á líftíma timburs. Athyglisvert er að þáttur flutnings er u.þ.b fjórum sinnum meiri en framleiðsla timburs. Eins og áður hefur komið fram er sú orka sem notuð er til framleiðslu timburs fengin að mestu leyti með brennslu á hliðarframleiðslu timburs. Eins og sést á mynd 24 er reiknað með að kolefnisupptaka timburs á líftíma þess í skógi sé 1,850 kg af CO<sub>2</sub> ígildum. Þessi kolefnisupptaka vegur því upp á móti þeirri losun sem raforkuframleiðslan hefur í för með sér. Heildarmagn losunar gróðurhúsalofttegunda miðað við að brennsla sé notuð er 1,905 kg af CO<sub>2</sub> ígildum. Ef kolefnisupptakan er dregin frá þá er kolefnissporið á líftíma timburs 0,055 kg af CO<sub>2</sub> ígildum.

Sorpa safnar saman timburúrgangi þar sem það er kurlað í timburtætara. Einnig eru endurheimtir málmhlutir s.s. naglar og skrúfur sem í timbrinu eru. Kurlað er síðan notað sem kolefnisgjafi við framleiðslu járnblendis en slík endurnýting er fyrsta sinnar tegundar í heiminum. Með þessu er dregið úr innflutningi á kolum auk þess sem ekki þarf að framleiða, flytja, og brenna kol til orkuframleiðslu. Þau umhverfisáhrif sem verða við brennslu timburs á Íslandi ætti að reiknast með öðrum slíkum áhrifum vegna framleiðslu á járnblendi. Ef brennsluþættinum er sleppt er kolefnisspor timburs jákvætt um 1,58 kg af CO<sub>2</sub> ígildum. Timbur er því mjög heppilegt byggingarefni á Íslandi með tilliti til þess CO<sub>2</sub> sem fer út í andrúmsloftið.

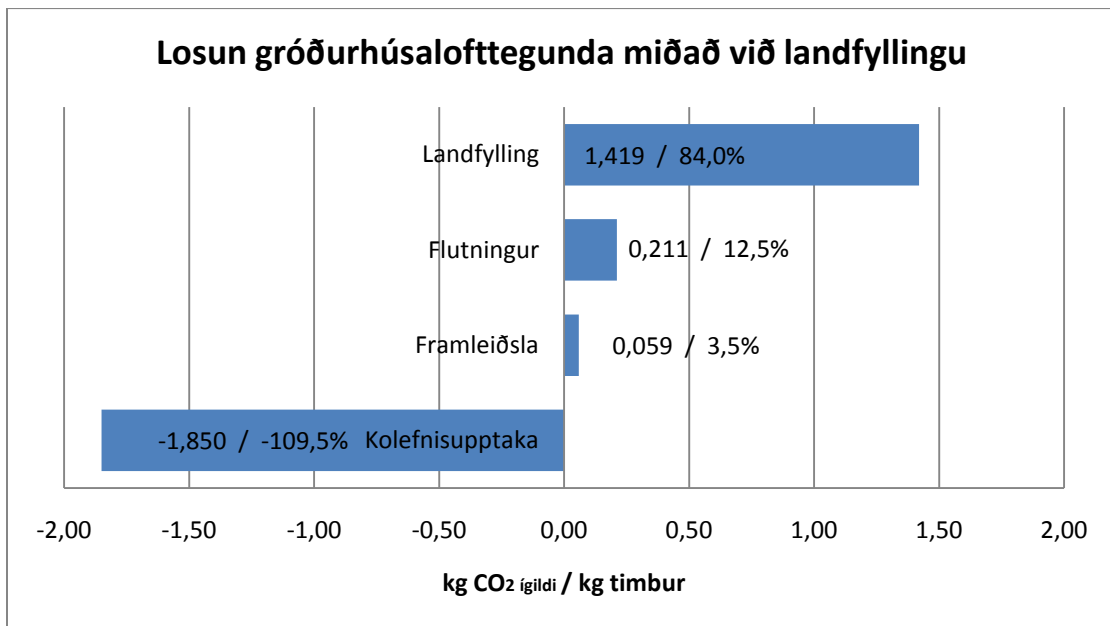


Mynd 24: Magn gróðurhúsalofttegunda miðað við brennslu

Á mynd 24 má einnig sjá hvernig hlutfallsleg skipting er á losun gróðurhúsalofttegunda milli mismunandi hluta á vistferli timburs. Tæp 86% eru vegna brennslunnar, um 11 % vegna flutninga á sjó og landi og um 3% vegna framleiðslu. Tiltölulega litla orku þarf til framleiðslu á timbri og því er sá þáttur tiltölulega lítill í losun gróðurhúsalofttegunda. Með brennslu myndast mikið af CO<sub>2</sub> sem skýrir hversu hátt hlutfall af losun gróðurhúsalofttegunda kemur frá þeim þætti.

Ef miðað er við að timbrið fari í landfyllingu í enda vistferilsins er kolefnissporið jákvætt um 0,161 kg. Hér hefur brennslu timburs í lok líftímans verið skipt út fyrir landfyllingu en aðrir þættir eru óbreyttir. Eins og sjá á mynd 25 hér fyrir neðan er landfyllingin hagstæðari fyrir umhverfið en brennslan. Miðað við að landfylling sé notuð vegur kolefnisupptakan á móti öllum öðrum þáttum á vistferli timburs.

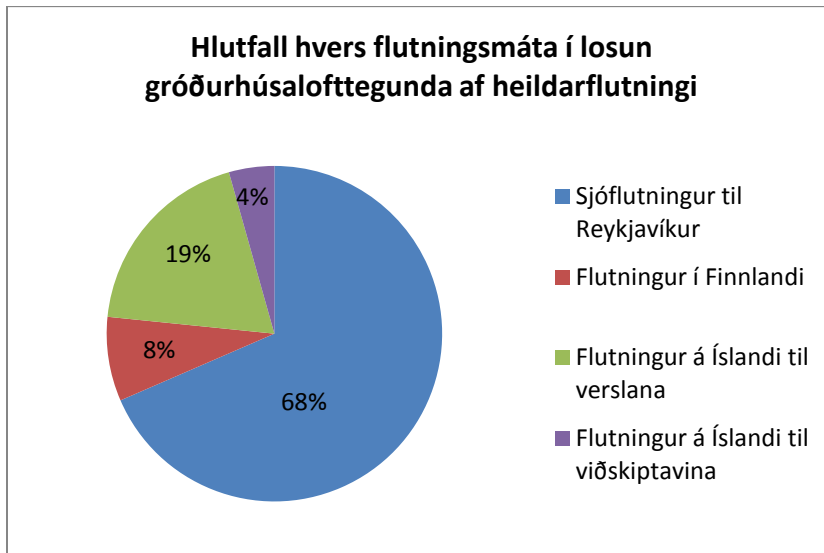
Á mynd 25 má einnig sjá að 84% af heildarlosun gróðurhúsalofttegunda kemur frá landfyllingunni, 12,5% frá flutningi og 3,5% frá framleiðslu timburs. Einnig sést að það kolefni sem reiknað er með að hvert kg af timbri hafi tekið upp í vist sinni í skógi vegur upp á móti öðrum þáttum og tæplega 10% betur. Í landfyllingunni rotnar timbrið og myndar m.a. metan sem er öflug gróðurhúsalofttegund sem er megin ástæða þess að landfyllingin hefur svo mikil áhrif.



Mynd 25: Magn gróðurhúsalofttegunda miðað við landfyllingu

Athyglisvert er að skoða hvernig skipting á umhverfisáhrifum vegna flutninga skiptist á milli mismunandi flutningsmáta. Eins og sést á mynd 26 vegur sjóflutningur mest í heildarlosun vegna flutninga á timbrinu eða 68%. Flutningur til verslana er einnig stór þáttur í heildarlosun vegna flutninga eða 19%. Flutningur frá myllu til hafnar í Finnlandi er 8% og flutningur frá verslun til notanda 4%.

Hér er stuðlun og skölun sleppt því ekki er talið nauðsynlegt að meta gögnin með þeim hætti. Einnig er næmnigreining ekki gerð því hér er fyrst og fremst verið að skoða áhrif flutninga á heildarlosun CO<sub>2</sub> til umhverfisins á líftíma timburs.



Mynd 26: Hlutfall hvers flutningsmáta í losun gróðurhúsalofttegunda af heildarflutningi

## 6.4 Niðurstöður kolefnisspors timburs

Umhverfisáhrif m.t.t. gróðurhúsalofttegunda af einu kg af timburi sem notað er á Íslandi er 1,905 kg CO<sub>2</sub> ígildi sé það brennt í lok líftíma þess. Ef timbrið er notað til landfyllingar í lok líftímans eru umhverfisáhrifin 1,609 kg af CO<sub>2</sub> ígildum. Þar sem hvert kg af timbri hefur á líftíma sínum í skógi tekið í sig 1,85 kg af CO<sub>2</sub> má segja að notkun þess sé umhverfislega hlutlaus þegar landfyllingu er beitt í lok líftímans. Að sama skapi er kolefnissporið miðað við brennslu í lok líftímans 55 grömm af CO<sub>2</sub> ígildum. Það timbur sem brennt er á Íslandi kemur í stað kola við framleiðslu á járnbendi. Umhverfisáhrifin sem verða við brennslu timburs ætti því að reiknast inn í vistferil á járnbendi.

Flutningar á timbri frá verksmiðju til notanda vegur um 3.6 sinnum meira í umhverfisáhrifum heldur en framleiðsla þess. Sjóflutningur er stærsti hluti umhverfisáhrifa sem kemur til vegna flutninga. Einnig er athyglisvert hve stór hluti áhrifanna er vegna flutninga til verslana. Af þessu má ljóst vera að flutningur hefur mikil áhrif á kolefnisspor timburs. Flutningurinn vegur um 11-12% af heildarlosun gróðurhúsalofttegunda yfir líftíma timburs frá vöggu til grafar. Förgun hefur þó mestu umhverfisáhrifin sökum þess hve mikið af CO<sub>2</sub> er losað til andrúmsloftsins í þeim þætti hvort sem um er að ræða brennslu eða landfyllingu í lok líftímans.

## 7 Umræða og niðurstöður

Af innflutningstölum er ljóst að árin 2008 til 2010 eru undir meðaltali áranna þar á undan. Hrun íslenska efnahagslífsins hefur þar augljóslega mikil áhrif. Árin 2005 til 2007 var mikið byggt og varð ákveðin metun á markaðnum hvað húsnæði varðar. Á það bæði við um atvinnu- sem og íbúðahúsnæði. Byggingarefni koma aðallega frá þeim löndum sem eru landfræðilega næst okkur og má ætla að flutningaleiðir og hagstæð innkaupsverð hafi þar mestu áhrifin.

Losun CO<sub>2</sub> frá stórflutningaskipum sem flytja megnið af þungavörum til bygginga til landins er mun meiri fyrir Ísland en er í Evrópu og má ætla að erfið siglingaleið ráði þar mestu. Auk þess er líklegt að magn þess sem flutt er inn með stórflutningaskipum sé tiltölulega lítið miðað við þá fjarlægð sem sigla þarf með vöruna. Því má ætla að það sé umhverfislega óhagstætt að flytja vörur með tiltölulega litlum skipum á þessari erfiðu siglingaleið.

Nýtni gámaskipa sem sigla til Íslands er lykilþáttur hvað umhverfismál varðar. Ætla má að nýtnin sé nokkuð góð í útflutningi en slæm hvað innflutninginn varðar ef eingöngu er miðað við vöruskiptajöfnuð sem hefur verið jákvæður að undanföllum misserum. Vissulega ber að hafa í huga að magn og verðmæti fara ekki alltaf saman og er því erfitt að fullyrða nokkuð um það.

Kolefnisupptaka timburs í skógum er lykilþáttur í vistferilsgreiningu timburs auk þeirrar aðferðar sem notuð er í lok vistferilsins. Heppilegast er að brenna timbrið í lok vistferilsins og nota þá orku sem myndast við brunan til framleiðslu kísiljárns sem dæmi. Við það sparast framleiðsla, flutningur og brennsla kola. CO<sub>2</sub> losun vegna flutninga á timbri á líftíma þess er 3,6 sinnum meiri en losun vegna framleiðslu þess. Því skiptir miklu máli hvaða flutningsmáti er valinn og hversu áhrifin eru mikil af þeirri erfiðu flutningaleið sem er til Íslands.

Kolefnisspor timburs sem notað er á Íslandi er hlutlaust þegar landfyllingu er beytt í lok líftímans. Að sama skapi er kolefnissporið miðað við brennslu í lok líftímans 55 grömm af CO<sub>2</sub> ígildum fyrir hvert kg af timbri.

Ef ætlunin væri að kolefnisjafna sjóflutninga til Íslands í framtíðinni væri hægt að nota þessar niðurstöður sem grunn til frekari rannsókna á þessu sviði.



# Heimildaskrá

BRE. (2010). Timber in construction. *Forestry in the low-carbon economy*. Dunblane.

Canada Wood. (2008). Sustainability and Life Cycle Analysis for Residential Buildings. *International Building series no.4* .

CEI-BOIS. (2011). *CEI-BOIS*. Sótt 25. Apríl 2011 frá Publications: <http://www.cei-bois.org>

Cooper, J. S., & Fava, J. (2006). Life Cycle Assessment Practitioner Survey: Summary of Results. *Journal of Industrial Ecology* .

Dregg Shipping. (2011). Sótt 16. Apríl 2011 frá <http://www.dregg.is>

Eimskip. (2011). *Siglingaáætlun*. Sótt 16. Apríl 2011 frá <http://www.eimskip.is>

Eimskip. (2011). *Skipakostur*. Sótt 16. Apríl 2011 frá <http://www.eimskip.is>

Goldsmith, E. (1972). A blueprint for Survival. *The Economist* 2(1) .

Google. (2011). *Google maps*. Sótt 25. Apríl 2011 frá <http://www.maps.google.com>

Hagstofa Íslands. (2011). *Vöruinnflutningur*. Sótt 27. Febrúar 2011 frá Hagstofa Íslands: <http://www.hagstofan.is>

IMO. (2009). *PREVENTION OF AIR POLLUTION FROM SHIPS, Second IMO GHG Study 2009*. INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE.

Jón Bernódusson. (2007). Stefnunótun í samgöngum. *Losun gróðurhúsalofttegunda frá skipum*. Reykjavík: Siglingamálastofnun.

LIPASTO. (2009). Sótt 18. Apríl 2011 frá LIPASTO traffic emissions: <http://www.lipasto.vtt.fi>

MAN . (2010). *MAN DIESEL & TURBO*. Sótt 26. Apríl 2011 frá Medium speed engines L48/60B: <http://www.mandiesel.se>

Marine Traffic. (2011). *Marine Traffic*. Sótt 26. Apríl 2011 frá <http://www.marinetraffic.com>

Meadows. (1972). *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.

MPEC. (2005). *Interim guidelines for voluntary ship CO<sub>2</sub> emission indexing for use in trials*. London: IMO.

Nafnleynd. (26. Apríl 2011). (K. Breiðfjörð, Spyrill)



- Nes hf. (2007). Sótt 16. Apríl 2011 frá <http://www.nes.is>
- Nesskip . (2011). *Stórflutningar*. Sótt 16. Apríl 2011 frá <http://www.nesskip.is>
- PE-International. (2011). Sótt 19. Apríl 2011 frá Documentation: <http://www.pe-international.com>
- PE-International. (2011). *GaBi Software*. Sótt 24. Apríl 2011 frá Professional database: [http://gabi-dataset-documentation.gabi-software.com/xml\\_data/processes/6dd69400-9e1d-4376-a6f3-260877acd194\\_01.00.000.xml](http://gabi-dataset-documentation.gabi-software.com/xml_data/processes/6dd69400-9e1d-4376-a6f3-260877acd194_01.00.000.xml)
- Port World. (2011). *Port World*. Sótt 25. Apríl 2011 frá Map: <http://www.portworld.com>
- SAIC. (2006). *Life cycle assessment: Principles and practice*. Cincinnati: SAIC (Scientific Applications International Corporation), National risk management research laboratory.
- Samskip. (2011). *Siglingaleiðir til Íslands*. Sótt 16. Apríl 2011 frá <http://www.samskip.is>
- Sementsverksmiðjan hf. (2010). *Grænt bókhald fyrir árið 2009*. Reykjavík: Sementsverksmiðjan.
- Sementsverksmiðjan hf. (2011). *Sementsverksmiðjan*. Sótt 19. Apríl 2011 frá <http://www.sement.is>
- Sementsverksmiðjan hf. (2009). *Skýrsla um grænt bókhald 2008*. Reykjavík: Sementsverksmiðjan.
- Staðlaráð Íslands. (1997). *ÍST EN ISO 14040:997 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Staðlaráð Íslands.
- Steinull hf. (2009). *Skýrsla um grænt bókhald 2008*. Sauðárkrókur: Steinull hf.
- Steinull hf. (2010). *Skýrsla um grænt bókhald 2009*. Sauðárkrókur: Steinull hf.
- Steinull hf. (2011). *Steinull hf*. Sótt 19. Apríl 2011 frá <http://www.steinull.is>
- UNCAD. (2010). *Review of Maritime Transport*. United Nations Conference on Trade and Development.
- UPM . (2009). *UPM, KAUKAS, ENVIRONMENTAL PERFORMANCE IN 2008*. Helsingi: UPM.
- UPM. (2011). *Annual report 2010*. Helsingi: UPM.

## Viðauki A: Tollflokkar notaðir í hvern vöruflokk

Vöruflokkur:	Tollflokkar notaðir í hvern vöruflokk:										
Aðrar trésmíðavörur til bygginga t.d. Límtré:	44189009										
Dúkur, grindur, net-efni og girðingaeefni:	73141200	73141400	73141900	73142000	73143100	73143900	73144100	73144200	73144900	73145000	
Festingavara:	73170001	73170009	73181100	73181200	73181300	73181400	73181500	73181600	73181900	73182100	73182200
	73182300	73182400	73182900	83024100							
Flatvalsaðar vörur úr járn:	72082500	72083600	72083700	72083800	72083900	72084000	72085100	72085200	72085300	72085400	72089000
	72091500	72091600	72092500	72092600	72092700	72092800	72099000	72101100	72101200	72102009	72103001
	72103009	72104100	72104900	72106101	72106109	72106901	72106909	72107001	72107009	72109000	72111300
	72111400	72111900	72112300	72112900	72119000	72121000	72122001	72122009	72123001	72123009	72124001
	72124009	72125001	72125009	72126001	72126009						
Forsmíðaðar byggingar:	94060001		94060009								
Gjallull, steinull, hljóðeinangrunarplötur o.þ.h. :	68061001	68061009	68062000	68069001	68069009						
Gler:	70031200	70031900	70032000	70033000	70042000	70049000	70051000	70052100	70052900	70053000	70080000
	70161000	70169001	70169009								
Hertur viður, í blokkum og plötum:	44130001	44130002	44130003	44130009							
Holplötur:	44189002										
Innihurðir, útihurðir og gluggar:	44181001	44181009	44182011	44182019	44182021	44182029	44182090				
Krossviður og lagskiptur viður:	44121002	44121009	44123101	44123102	44123109	44123201	44123202	44123209	44123902	44123909	44129401
	44129402	44129409	44129901	44129902	44129909						
Leirvörur:	69041000		69049000	69051000	69059000						
Mannvirki úr áli:	76101011	76101019	76101021	76101029	76101030	76109001	76109002	76109009			
Mannvirki úr járn eða stáli:	73081000	73082000	73083011	73083019	73083021	73083029	73083030	73084000	73089001	73089002	73089009
Múrsteinn, blokkir, flísar o.þ.h. :	69010000	69021000	69022000	69029000							

Próffílur úr járni eða óblönduðu stáli:	72161000	72162100	72162200	72163100	72163200	72163300	72164000	72165000	72166100	72166900	72169101
	72169109	72169901	72169909								
Samsett margлага gólfborð:	44187100	44187200	44187900								
Spóna og trefjaplötur:	44101101	44101102	44101103	44101104	44101109	44101201	44101202	44101203	44101209	44101901	44101902
	44101909	44109001	44109002	44109003	44109009	44119201	44119203	44119209	44119301	44119302	44119303
	44119309	44119401	44119402	44119403	44119409						
Steinsteypumót:	44184000										
Steypustyrktarjárn:	72131001	72131001	72132001	72139101	72142001	72149901					
Stólpar og bitar:	44186000										
Timbur:	44031000	44032000	44034900	44039900	44071001	44071009	44072101	44072109	44072209	44072509	44072601
	44072609	44072709	44072901	44072909	44079101	44079109	44079201	44079209	44079309	44079501	44079509
	44079901	44079909	44081000	44083100	44083900	44089000	44091001	44091002	44091003	44091009	44092101
	44092102	44092103	44092109	44092901	44092902	44092903	44092909				
Vörur úr asfalti eða áþekku efni:	68071001	68071009	68079001	68079002	68079009						
Vörur úr gipsefni:	68091101	68091109	68091901	68091909	68099001	68099002	68099009				
Vörur úr sementi, steinsteypu o.þ.h.:	68101100	68101900	68109100	68109901	68109909						
Vörur úr trefjum mótaðar með sementi eða gipsefni:	68080000										
Þök, veggir og tilbúnir hlutar til bygginga:	44189001	44189001	44189001	44189001	44189001	44189001	44189001	44189001	44189001	44189001	44189001
	44189001										
Sement	25231000	25232100	25232900	25233000	25239000						

## Viðauki B: Tollflokkar notaðir í hvern vöruflokk Hagstofunnar

Vöruflokkur:	Tollflokkar notaðir í vöruflokkum Hagstofunnar:										
Timbur	44031000	44032000	44034100	44034900	44039100	44039200	44039900	44071001	44071009	44072101	44072109
	44072201	44072209	44072401	44072409	44072501	44072509	44072601	44072609	44072701	44072709	44072801
	44072809	44072901	44072909	44079101	44079109	44079201	44079209	44079301	44079309	44079401	44079409
	44079501	44079509	44079901	44079909	44081000	44083100	44083900	44089000			
Krossviður	44121001	44121002	44121003	44121009	44121301	44121302	44121309	44121401	44121402	44121409	44121901
	44121902	44121909	44122201	44122202	44122209	44122301	44122302	44122309	44122901	44122902	44122909
	44123101	44123102	44123103	44123109	44123201	44123202	44123203	44123209	44123901	44123902	44123903
	44123909	44129201	44129202	44129209	44129301	44129302	44129309	44129901	44129902	44129909	
Spóna, byggingarplötur	44101101	44101102	44101103	44101104	44101109	44101201	44101202	44101203	44101204	44101209	44101901
	44101902	44101903	44101909	44102100	44102901	44102902	44102909	44103100	44103201	44103202	44103209
	44103301	44103302	44103309	44103901	44103902	44103909	44109001	44109002	44109003	44109009	44111101
	44111102	44111109	44111201	44111202	44111203	44111209	44111301	44111302	44111303	44111309	44111401
	44111402	44111403	44111409	44111901	44111902	44111909	44112101	44112102	44112109	44112901	44112902
	44112909	44113101	44113102	44113109	44113901	44113902	44113909	44119101	44119102	44119109	44119201
	44119202	44119203	44119209	44119301	44119302	44119303	44119309	44119401	44119402	44119403	44119409
	44119901	44119902	44119909								
Rúðugler	70031100	70031200	70031900	70032000	70033000	70041000	70042000	70049000	70051000	70052100	70052900
	70053000										
Steypustyrktarjárn	72131001	72132001	72133101	72133901	72134101	72134901	72135001	72139101	72139901	72142001	72143001
	72144001	72145001	72146001	72149101	72149901						
Þakjárn	72102001	72103001	72103101	72103901	72104100	72105001	72106001	72106101	72106901	72107001	72122001
	72122101	72122901	72123001	72124001	72125001	72126001					

## Viðauki C: Hráefnis- og orkunotkun í timburframleiðslu UPM

UPM Timber:

Production, most important raw materials, energy consumption, emissions and solid waste

	2010	2009	2008	2007	2006
Production, m <sup>3</sup>					
Sawn timber	1 701 000	1 400 000	2 005 000	2 404 000	2 199 000
Planed timber 1)	234 000	204 000	177 000	230 000	201 000
Raw materials and energy					
Wood consumption, m <sup>3</sup>	3 493 000	3 000 000	4 283 000	5 036 000	4 616 000
Purchased power, GWh	130	110	150	160	170
Purchased fuels and heat, GWh	90	200	110	140	530
By-products, m <sup>3</sup>					
Bark, chips and sawdust	1 867 000	1 622 000	2 290 000	2 434 000	2 455 000
Emissions into air, tonne 2)					
SO <sub>2</sub>	20	10	20	30	30
NO <sub>x</sub>	30	20	30	40	40
CO <sub>2</sub> (F)	5 900	4 000	6 300	9 800	10 000
Particulates	50	40	70	80	90
Solid waste, tonne					
To landfills	7 800	11 000	5 100	5 200	2 000
Hazardous waste for special treatment	60	50	90	130	140

<sup>1)</sup> Made of own sawn good; therefore included in the sawn timber data.

<sup>2)</sup> Emissions for purchased heat and electricity not included; emissions are partly estimated.



