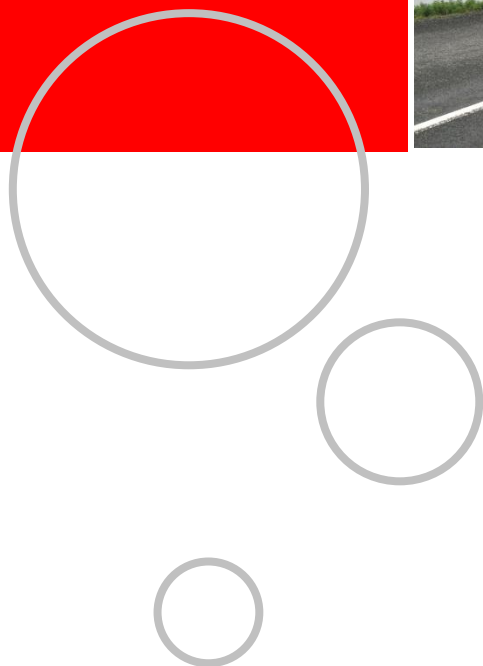


# Vistferilsgreining fyrir veg

Rannsóknarverkefni

Vegagerðarinnar 2012

Maí 2013



## SKÝRSLA - UPPLÝSINGABLAÐ

<b>Titill skýrslu</b> <b>Vistferilsgreining fyrir veg - Rannsóknarverkefni Vegagerðarinnar 2012</b>		<b>Tegund skýrslu</b> Rannsóknarskýrsla	
<b>Verkheiti</b> Vistferilsgreining fyrir veg		<b>Verkkaupi</b> Vegagerðin	
<b>Verkefnisstjóri - Efla</b> Helga J. Bjarnadóttir	<b>Verkefnisstjóri / fulltrúi verkkaupa</b> Matthildur Stefánsdóttir		
<b>Höfundur</b> Gyða Mjöll Ingólfssdóttir /EFLA Friðrik K. Gunnarsson /EFLA Helga J. Bjarnadóttir /EFLA Matthildur Stefánsdóttir /Vegagerðin Rögnvaldur Gunnarsson /Vegagerðin	<b>Skýrslunúmer</b>	<b>Verknúmer</b> 2970-168	<b>Fjöldi síðna</b> 22
<b>Útdráttur</b> <p>Tilgangur þessa verkefnis er að meta umhverfisáhrif yfir allan vistferil 1 km af dæmigerðum veg á Íslandi og draga fram hvar í vistferli vegarins megi rekja helstu umhverfisáhrifin. Matið er framkvæmt með aðferðafræði vistferilsgreiningar í samræmi við alþjóðlegu staðlana ISO 14040 og 14044. Aðgerðareining vistferilsgreiningarinnar er 1 km vegkafla með tveimur akbrautum og bundið slitlag (klæðingu). Hámarksumferðarhraði er 90 km/klst. og ÁDU er 900 bílar. Kerfismörk greiningarinnar fela í sér byggingu, rekstur, viðhald og förgun vegarins og er líftíminn skilgreindur sem 50 ár.</p> <p>Niðurstöður vistferilsgreiningarinnar sýna að notkun jarðefnaeldsneytis og sprengiefna við byggingu vegar, vetrarþjónusta og endurnýjun klæðingar fyrir dæmigerðan veg í íslenska þjóðvegakerfinu valda stærstum hluta umhverfisáhrifa á líftíma vegarins. Kolefnisspor fyrir dæmigerðan 1 km vegkafla í íslenska þjóðvegakerfinu er 707 tonn CO<sub>2</sub> ígildi/km. Þar af er það bygging vegarins sem veldur 47% af heildarkolefnissporinu, rekstur og viðhald hans 55% en förgun -2%.</p>			
<b>Lykilorð</b> Vistferilsgreining, LCA, vegagerð, Vegagerðin, kolefnisspor			
<b>Staða skýrslu</b> <input type="checkbox"/> Í vinnslu <input type="checkbox"/> Drög til yfirlestrar <input checked="" type="checkbox"/> Lokið		<b>Dreifing skýrslu og upplýsingablaðs</b> <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Dreifing með leyfi verkkaupa <input type="checkbox"/> Trúnaðarmál	

## Efnisyfirlit

<b>Samantekt</b> .....	<b>i</b>
<b>1 Inngangur</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Aðferðafræði vistferilsgreiningar</b> .....	<b>2</b>
2.1 Umhverfisáhrif .....	3
<b>3 Vistferilsgreining fyrir veg</b> .....	<b>5</b>
3.1 Markmið og umfang .....	5
3.1.1 Markmið .....	5
3.1.2 Aðgerðareining .....	5
3.1.3 Kerfismörk .....	5
3.1.4 Uppruni upplýsinga .....	7
3.2 Úrvinnsla gagna.....	8
3.2.1 Bygging vegar.....	8
3.2.2 Viðhald og rekstur vegar .....	11
3.2.3 Förgun vegar .....	13
3.3 Mat á umhverfisáhrifum .....	14
3.3.1 Bygging vegar.....	16
3.3.2 Rekstur og viðhald .....	17
3.3.3 Förgun vegar .....	19
3.3.4 Kolefnisspor.....	20
<b>4 Umræður og lokaorð</b> .....	<b>21</b>
<b>5 Heimildaskrá</b> .....	<b>22</b>

## Töfluskrá

Tafla 3.1: Helstu skrefin í vistferli vegarins, frá „vöggum til grafar“ .....	6
Tafla 3.2: Magn jarðefna í fyllingu fyrir 1 km af vegi .....	8
Tafla 3.3: Magn jarðefna í fyllingu fyrir 1 km af vegi .....	8
Tafla 3.4: Magn jarðefna í neðra burðarlag fyrir 1 km af vegi.....	8
Tafla 3.5: Magn stálröra og stærð í vegstæði fyrir 1 km af vegi .....	9
Tafla 3.6: Efni í grjótvörn og umfang annars frágangs tengdum byggingu á 1 km vegspotta .....	9
Tafla 3.7: Magn jarðefna í efra burðarlag fyrir 1 km af vegi .....	9
Tafla 3.8: Magn í tvöfalda klæðingu á 1 km af vegi .....	10
Tafla 3.9: Vegmerking á 1 km af vegi .....	10
Tafla 3.10: Vegstikur á 1 km af vegi .....	10
Tafla 3.11: Víravegrið á 1 km af vegi.....	11
Tafla 3.12: Magn í viðhald á einfaldri klæðingu á 1 km af vegi í 50 ár .....	11
Tafla 3.13: Endurnýjunar á efra burðarlagi og tvöfaldrí klæðingu einu sinni á 50 ára líftíma fyrir 1 km af vegi.....	12
Tafla 3.14: Vegmerking á 1 km af vegi yfir 50 ára líftíma m.v. 1,5 mm þykka veglínu.....	12
Tafla 3.15: Vetrarþjónusta.....	12
Tafla 3.16: Förgun á 1 km af vegi.....	13
Tafla 3.17: Umhverfisáhrif frá byggingu, rekstri, viðhaldi og förgun 1 km af vegi. ....	15
Tafla 3.18: Skýring á verkþáttum við uppbyggingu vegar .....	17
Tafla 3.19: Skýring á verkþáttum við rekstur og viðhald vegar.....	18
Tafla 3.20: Skýring á verkþáttum við rekstur og viðhald vegar.....	19

## Myndaskrá

Mynd 2.1: Fjórir þættir vistferilsgreiningar samkvæmt ISO stöðlunum ISO 14040 og ISO 14044. ...	2
Mynd 3.1: Kennisnið dæmigerðs vegar með klæðingu í íslenska þjóðvegakerfinu. ....	5
Mynd 3.2: Vistferill vegar og kerfismörk vistferilsgreiningarinnar. ....	6
Mynd 3.3: Staðsetning Norðfjarðarvegur. Vegurinn nær frá Hólmum í Reyðarfirði og að botni Eskifjarðar (Vegagerðin, 2007b).....	7
Mynd 3.4 Vegstika úr polypropylene plasti (ITI 2005).....	10
Mynd 3.5: Umhverfisáhrif frá byggingu, rekstri, viðhaldi og förgun á 1 km á vegi í íslenska þjóðvegakerfinu. Á myndinni má sjá niðurstöður fyrir alla 11 flokka umhverfisáhrifa sem reiknað er fyrir og hvað hlutdeild hvers einstaks þáttar vegur á líftíma vegarins. ....	14
Mynd 3.6: Greining á umhverfisáhrifum við byggingu á 1 km af vegi. Á myndinni má sjá niðurstöður fyrir alla 11 flokka umhverfisáhrifa sem reiknað er fyrir og hvað hlutdeild hvers einstaks þáttar vegur á líftíma vegarins. ....	16
Mynd 3.7: Greining á umhverfisáhrifum við rekstur og viðhald á 1 km af vegi í 50 ár. Á myndinni má sjá niðurstöður fyrir alla 11 flokka umhverfisáhrifa sem reiknað er fyrir og hvað hlutdeild hvers einstaks þáttar vegur á líftíma vegarins. ....	18
Mynd 3.8: Greining á umhverfisáhrifum við förgun á 1 km af vegi í 50 ár. Á myndinni má sjá niðurstöður fyrir alla 11 flokka umhverfisáhrifa sem reiknað er fyrir og hvað hlutdeild hvers einstaks þáttar vegur á líftíma vegarins. ....	19
Mynd 3.9: Skipting kolefnisspors fyrir byggingu, viðhald, rekstur og förgun á 1 km af vegi í íslenska þjóðvegakerfinu.....	20

## Samantekt

Bygging nýrra vega krefst notkunar töluverðs magns auðlinda, það sama á við um rekstur og viðhald þeirra. Auk auðlindanotkunarinnar veldur vegakerfið ýmsum öðrum umhverfisáhrifum. Tilgangur þessa verkefnis er að meta umhverfisáhrif yfir allt vistferli fyrir 1 km af dæmigerðum vegi á Íslandi og draga fram til hvaða þátta í vistferli vegarins megi rekja helstu umhverfisáhrifin. Matið er framkvæmt með aðferðafræði vistferilsgreiningar í samræmi við alþjóðlegu staðlana ISO 14040 og 14044. Markmiðið er að Vegagerðin geti nýtt niðurstöður greiningarinnar við byggingu nýrra vega sem og við rekstur og viðhald núverandi vega.

Nokkuð flókið er að meta heildarumhverfisáhrif vega vegna þess hve bygging og viðhald mismunandi vega er ólík, allt eftir hlutverki þeirra og umferðarþunga. Ákveðið var að skoða dæmigerðan veg í íslenska þjóðvegakerfinu með bundnu slitlagi og var stuðst við byggingu Norðfjarðarvegur um Hólmaháls frá árinu 2009. Aðgerðareining vistferilsgreiningarinnar er 1 km vegkafla með tveimur akbrautum og bundið slitlag (klæðingu). Hámarksúmfærðarhraði er 90 km/klst og ÁDU er 900 bílar. Kerfismörk greiningarinnar fela í sér byggingu, rekstur, viðhald og förgun vegarins og er líftíminn skilgreindur sem 50 ár.

Umhverfisáhrif í 11 flokkum umhverfisáhrifa voru metin, þ.e. gróðurhúsaáhrif, eyðing ósonlagsins, svifryk, myndun ósons við yfirborð jarðar, súrt regn, næringarefnaauðgun á landi og í ferskvatni, visteiturhrif, eituráhrif á fólk (krabbameinsvaldandi og annarra en krabbameinsvaldandi) og eyðing ólífrænna auðlinda.

Niðurstöður vistferilsgreiningarinnar sýna að bygging sem og rekstur og viðhald dæmigerðs vegar í íslenska þjóðvegakerfinu valda stærstum hluta umhverfisáhrifa á líftíma vegarins. Rekstur og viðhald vegarins á 50 ára líftíma vegur þyngst í sex af þeim 11 umhverfisáhrifaflokkum sem metnir voru. Bygging vegarins vegur hins vegar þyngst í fimm af 11 flokkum umhverfisáhrifa. Förgun vegarins vegur minnst í öllum umhverfisáhrifaflokkum, auk þess sem fyrir flokkana gróðurhúsaáhrif og eyðingu ólífrænna auðlinda dregur úr heildarumhverfisáhrifum vegna endurvinnslu stáls. Við byggingu vegarins er það notkun jarðefnaeldsneytis auk sprengiefna við vinnslu jarðefna fyrir fyllingu sem veldur mestum umhverfisáhrifum í öllum flokkum umhverfisáhrifa. Við rekstur og viðhald vegarins er það vetrarþjónusta og endurnýjun klæðingar sem vegur þyngst í öllum flokkum umhverfisáhrifa. Við förgun vegarins dregur endurvinnsla stáls úr heildarumhverfisáhrifum vegarins í flestum umhverfisáhrifaflokkum.

Kolefnisspor fyrir dæmigerðan 1 km vegkafla í íslenska þjóðvegakerfinu er 707 tonn CO<sub>2</sub> ígildi/km. Þar af er það bygging vegarins sem veldur 47% af heildarkolefnissporinu en rekstur og viðhald hans 55%. Við endurvinnsla stáls þ.e. vegriða og stálræsa við förgun vegarins er dregið töluvert úr losun gróðurhúsalofttegunda sem veldur því að kolefnisspor vegna förgunar vegarins er -2%.

Niðurstöður þessarar greiningar sýna nýja mynd af umhverfisáhrifum við vegagerð og rekstur vega. Greiningin bendir á þætti sem lítið hafa verið í kastljósinu, eins og umhverfisáhrif rekstrar og viðhalds veganna. Með því að nýta á markvissan hátt aðferðafræði vistferilsgreininga til umbóta öðlast Vegagerðin aukin tækifæri til að draga úr umhverfisáhrifum vega.

# 1 Inngangur

Mikið magn auðlinda er notað við byggingu nýrra vega sem og við rekstur núverandi vega. Auk auðlindanotkunar valda vegir, bygging þeirra og rekstur, einnig mismunandi umhverfisáhrifum. Íslenska vegakerfið samanstendur af mörgum mismunandi gerðum af vegum allt eftir hlutverki og umferðarpunga vegarins. Bygging og viðhald veganna er því mjög breytilegt. Nokkuð flókið getur því verið að meta heildarumhverfisáhrif vega á Íslandi.

Tilgangur þessa verkefnis er að meta umhverfisáhrif yfir allt vistferli fyrir 1 km af dæmigerðum veg á Íslandi og draga fram hvar í vistferli vegarins megi rekja helstu umhverfisáhrifin. Markmiðið er því að gera grein fyrir umhverfisáhrifum vegagerðar sem nýtist Vegagerðinni við byggingu nýrra vega sem og við rekstur og viðhald núverandi vega. Við mat á umhverfisáhrifum er notast við aðferðafræði vistferilsgreiningar (e. *Life Cycle Assessment, LCA*) sem er mikið notuð til að meta umhverfisáhrif flókinna kerfa. Greiningin er gerð í samræmi við alþjóðlegu staðlana ISO 14040 og ISO 14044 um gerð vistferilsgreininga.

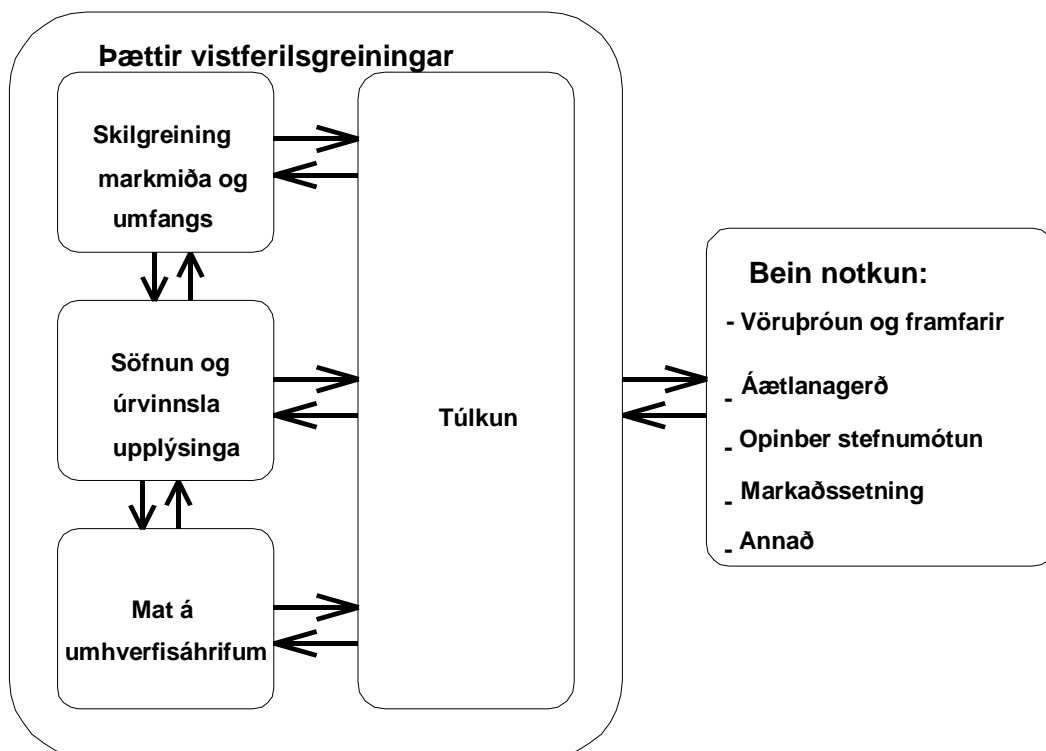
Ákveðið var að skoða dæmigerðan veg í íslenska þjóðvegakerfinu með bundnu slitlagi og var stuðst við byggingu Norðfjarðarvegur um Hólmaháls. Bygging vegarins fór fram árið 2009, en fyrir liggja góðar og áreiðanlegar upplýsingar um efna- og orkunotkun á byggingartímanum. Þá er notast við reynslu og mat starfsmanna Vegagerðarinnar og EFLU verkfræðistofu á ýmsum þáttum er tengjast rekstri vega og förgun aflagðra vega. Kerfismörk greiningarinnar ná yfir allan vistferil vegarins, þ.e. allt frá bygginu, rekstri og viðhaldi í 50 ár sem og förgun vegarins. Metin eru umhverfisáhrif vegar fyrir 11 mismunandi flokka umhverfisáhrifa.

## 2 Aðferðafræði vistferilsgreiningar

Vistferilsgreining er aðferðafræði sem notuð er til að meta umhverfisáhrif vöru<sup>1</sup> yfir allan lífsferil hennar (frá vögggu til grafar). Umhverfisáhrif vörunnar eru því metin allt frá vinnslu hráefna úr jörðu til fullunninna hráefna, framleiðslu vörunnar, notkun hennar og að endingu förgun hennar.

Aðferðafræðin er stöðluð og er alþjóðlegu stöðlunum ISO 14040 og ISO 14044 fylgt við gerð vistferilsgreininga. Vistferilsgreining samanstendur af fjórum samhangandi þáttum (mynd 2.1):

1. Skilgreining markmiða og umfangs
2. Söfnun og úrvinnsla upplýsinga
3. Mat á umhverfisáhrifum
4. Túlkun niðurstaðna



Mynd 2.1: Fjór þættir vistferilsgreiningar samkvæmt ISO stöðlunum ISO 14040 og ISO 14044.

Fyrsti þáttur vistferilsgreiningar, *skilgreining markmiða og umfangs* (e. *goal and scope definition*), felur í sér skilgreiningu á markmiði greiningarinnar og lýsingu á þeim þáttum sem teknir eru með í greininguna og hvað er haft utan kerfismarkanna. Metið er hverjir séu væntanlegir notendur niðurstaðna greiningarinnar. Einnig er skilgreint hvaða umhverfisáhrif skulu metin og túlkuð, sem og svokölluð aðgerðareining (e. *functional unit*). Aðgerðareiningin er sú eining sem umhverfisáhrifin eru metin fyrir og allt ílag og frágangur er reiknað fyrir, aðgerðareiningin er einnig skilgreind til að auðvelda samanburð við niðurstöður vistferilsgreininga sem gerðar eru fyrir sambærilega vöru, þ.e. vöru sem hefur sama eða svipaðan tilgang. Dæmi um aðgerðareiningu er t.d. 1 kg af stáli eða 1 km af vegi.

Í öðrum þætti vistferilsgreiningar, *söfnun og úrvinnsla upplýsinga* (e. *Life Cycle Inventory Analysis*) er safnað upplýsingum um notkun hráefna, orku, hjálparefni og aðrar auðlindir sem notuð eru við framleiðslu, notkun og förgun vörunnar sem og magn úrgangs og losun

<sup>1</sup> Vörur fela hér einnig í sér þjónustu

efna í jarðveg, andrúmsloft og vatnsviðtaka. Upplýsingarnar eru settar í samhengi við aðgerðareiningu vistferilsgreiningarinnar. Útkoma þessa hluta greiningarinnar er heildarsamantekt á notkun auðlinda og losun mengandi efna yfir vistferil vörunnar.

Söfnun og úrvinnsla upplýsinga (2. þáttur) er grunnur fyrir þriðja þátt greiningarinnar, *mat á umhverfisáhrifum* (e. *Life Cycle Impact Assessment*). Með notkun viðurkenndrar aðferðafræði við mat á umhverfisáhrifum eru niðurstöður greiningarinnar fengnar og umhverfisáhrif metin.

Niðurstöður úr þáttum 2 og 3 eru teknar saman, greindar og túlkaðar á síðasta stigi vistferilsgreiningar í samræmi við það markmið og umfang sem skilgreint hefur verið fyrir greininguna í fyrsta þætti.

## 2.1 Umhverfisáhrif

Við mat á umhverfisáhrifum er notast við viðurkenndar aðferðir til að meta áhrif í hverjum umhverfisáhrifaflokki. Valið er að notast við þær aðferðir sem sameiginleg rannsóknarmiðstöð Evrópu um vistferilsgreiningar mælir með að notaðar séu við mat fyrir hverja tegund umhverfisáhrifa (JRC-IEC, 2011). Umhverfisáhrif fyrir eftirfarandi flokka eru metin:

- Gróðurhúsaáhrif
- Eyðing ósonlagsins
- Svifryk
- Myndunar ósons við yfirborð jarðar
- Súrt regn
- Næringarefnaauðgun
- Visteiturhrif (eituráhrif á vistkerfi)
- Eituráhrif á fólk
- Auðlindanotkun

Hér að neðan er farið yfir þá flokka umhverfisáhrifa sem vistferilgreiningin nær yfir og hver flokkur útskýrður í stuttu máli.

**Gróðurhúsaáhrif;** Gróðurhúsaáhrif valda breytingu á meðalhita jarðarinnar sem rekja má til losunar gróðurhúsalofttegunda af manna völdum, t.d. koltvísýrings ( $\text{CO}_2$ ), metans ( $\text{CH}_4$ ), og brennisteinshexaflúoríðs ( $\text{SF}_6$ ). Það er nú samhljóða álit alþjóðasamfélagsins að aukin losun þessara lofttegunda hafi merkjanleg áhrif á loftslag jarðarinnar. Búist er við að hækkun meðalhita jarðar muni m.a. hafa í för með sér miklar breytingar á loftslagi, valda eyðimerkurmyndun (e. *desertification*), hækkun á yfirborði sjávar og aukningu í útbreiðslu sjúkdóma (IPCC, 2007).

**Eyðing ósonlagsins;** Eyðing ósons í heiðhvolfinu eða eyðing „ósonlagsins“ stafar af völdum klór- og brómsambanda sem berast upp í heiðhvolfið. Þau efnasambönd sem helst valda eyðingunni eru klórflúorkolefni (CFCs), halónar og vetnisklórflúorkolefni (HCFCs). Eyðing ósonlagsins dregur úr getu þess til að draga úr útfjólubláum (UV) geislum í gufuhvolfi jarðar sem veldur aukinni geislun krabbameinsvaldandi UVB geisla á yfirborði jarðar (PRé, 2008).

**Svifryk;** Svifryk í andrúmslofti má rekja til náttúrulegra uppspretta sem og frá athöfnum mannsins. Svifryk af manna völdum má helst rekja til eldsneytisbruna, umferðar og iðnaðar. Aukinn styrkur ryks í andrúmslofti getur leitt til kólnandi veðurfars, en gróft ryk veldur einnig sjónmengun og óþægindum en fínasta rykið dregur úr skyggni. Áhrif svifryks á heilsu fólks er háð stærð agnanna, en fínar agnir eru mun hættulegri en þær grófu þar sem agnir minni en  $10\mu\text{m}$  eiga greiða leið niður í lungu og geta safnast þar fyrir. Áhrifin fara þó eftir því hversu lengi og hve oft einstaklingur andar að sér menguðu lofti (UST, 2013)



**Myndun ósons við yfirborð jarðar;** Í andrúmslofti sem inniheldur köfnunarefnisoxíð og rokgyörn, lífræn efnasambönd (VOCs) getur óson myndast með aðstoð sólarljóss. Þrátt fyrir að óson sé mjög mikilvægt í efri lofthjúpum er aukinn styrkur ósons í andrúmsloftinu óæskilegur og getur m.a. valdið uppskerubresti sem og aukið tíðni asma og annarra lungnasjúkdóma (JRC-IEC, 2010).

**Súrt regn;** Súrt regn myndast þegar regn hvarfast við mengandi lofttegundir í andrúmsloftinu. Þær lofttegundir sem helst valda myndun súrs regns eru ammoníak ( $\text{NH}_3$ ), köfnunarefnisoxíð ( $\text{NO}_x$ ) og brennisteinstvíoxíð ( $\text{SO}_2$ ). Þar sem súrt regn fellur til jarðar, oft töluverða vegalengd frá uppsprettu mengunarinnar, veldur það oft á tíðum verulegum skemmdum á vistkerfum. Skaðinn er mismunandi eftir gerð vistkerfa, en súrt regn getur valdið miklum skaða í skóglendi, á dýralífi, vötnum og mannvirkjum (JRC-IEC, 2010).

**Næringarefnaauðgun;** Nítröt og fosföt eru nauðsynleg öllu lífi, hins vegar getur of hár styrkur næringarefna, t.d. í vatni valdið óhóflegum þörungavexti sem leiðir af sér lækkaðan styrk súrefnis í vatninu. Næringarefnaauðgun getur valdið miklum skaða í vatnavistkerfum með aukinni dánartíðni vatnalífvera og lífverur sem þarfnast lágs styrks næringarefna geta eyðst. Losun ammoníaks, nítrata, nituroxíða og fosfórs í andrúmsloft og vötn geta valdið næringarefnaauðgun (JRC-IEC, 2010).

**Visteiturhrif;** Losun ýmissa efna, þar á meðal þungmálma, geta haft neikvæð áhrif á vistkerfi. Álag á vistkerfi geta átt sér stað þegar styrkur mengandi efna verður hærri en náttúrlegur styrkur efnanna og hefur þannig áhrif á lífverur.

**Eituráhrif á fólk;** Losun ýmissa efna, t.d. PAH efna, geta haft áhrif á heilsu manna. Eituráhrif á fólk geta annars vegar verið krabbameinsvaldandi eða valdið öðrum eituruhrifum. Gerður er greinarmunur á þessu tvennu í vistferilsgreiningunni.

**Auðlindanotkun;** Hér er átt við notkun auðlinda, t.d. vatns, íblöndunar- og fylliefna, málmgrýtis og steinefna, og jarðefnaeldsneytis. Hér er um notkun á óendurnýjanlegum auðlindum að ræða sem því verða ekki til taks fyrir komandi kynslóðir. Eingöngu er hér átt við eyðingu auðlindanna, en ekki þau umhverfisáhrif sem tengja má við vinnslu og notkun þeirra (PRé, 2008).

## 3 Vistferilsgreining fyrir veg

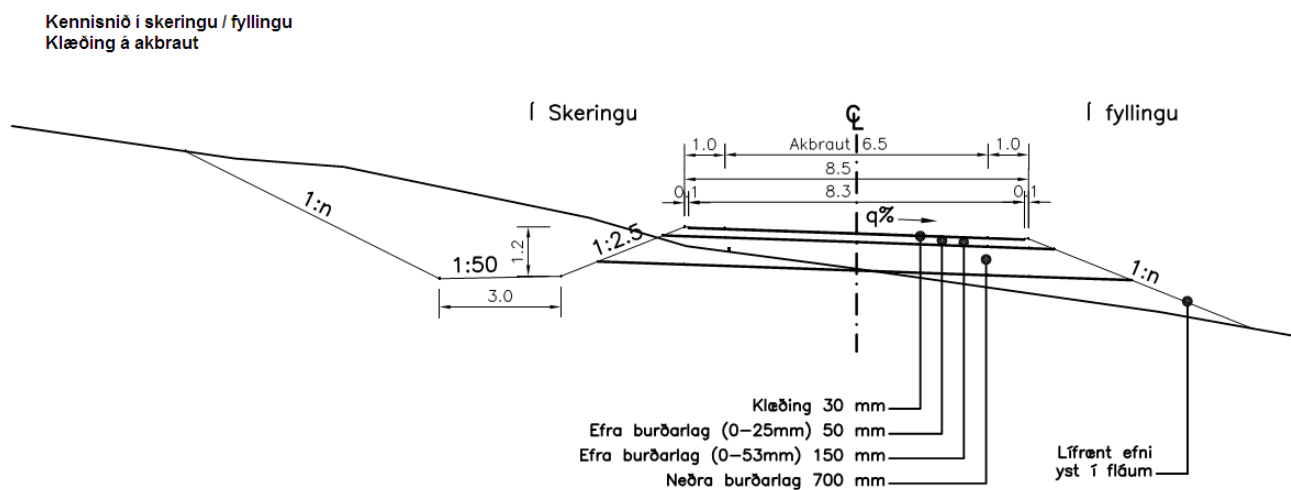
### 3.1 Markmið og umfang

#### 3.1.1 Markmið

Markmið verkefnisins er að meta umhverfisáhrif fyrir 1 km langan vegkafla í þjóðvegakerfinu fyrir utan Höfuðborgarsvæðið með aðferðafræði vistferilsgreiningar (e. Life Cycle Assessment, LCA). Vistferilsgreiningin er unnin í samræmi við alþjóðlegu staðlana ISO 14040 og ISO 14044 um gerð vistferilsgreininga. Greiningin er gerð fyrir dæmigerða uppbyggingu á vegi í íslenska þjóðvegakerfinu með bundnu slitlagi.

#### 3.1.2 Aðgerðareining

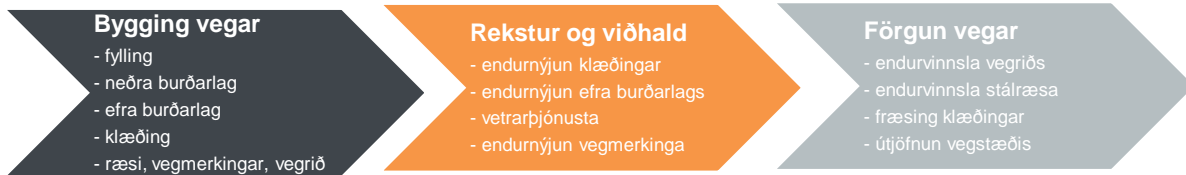
Aðgerðareining (e. functional unit) vistferilsgreiningarinnar er 1 km vegkafla með bundið slitlag. Um er að ræða veg með tveimur akbrautum og klæðingu. Kennisnið vegarins má sjá á mynd 3.1. Neðra burðarlag vegarins er 700 mm þykkt, efri burðarlög eru 200 mm þykk samanlagt með stærð efnis annars vegar 0 – 53 mm (150 mm) og hins vegar 0 – 25 mm (50 mm) og þykkt klæðingar er 30 mm. Hver akbraut er 3,25 metra breið og 1,0 metra breiðar vegaxlir beggja megin akbrauta. Í heild er klæðing 8,3 m breið þar sem vegaxlir eru að mestum hluta klæddar og breidd vegar með vegöxlum 8,5 metri. Hámarksútfærsla er 90 km/klst og ÁDU er 900 bílar.



Mynd 3.1: Kennisnið dæmigerðs vegar með klæðingu í íslenska þjóðvegakerfinu.

#### 3.1.3 Kerfismörk

Kerfismörk greiningarinnar ná yfir allan líftíma vegarins, sem er skilgreindur sem 50 ár. Vistferilsgreiningin felur því í sér uppbyggingu vegarins, viðhald hans og rekstur í 50 ár sem og förgun klæðingar og jöfnun vegarins að líftíma liðnum. Notkun orku og efna á líftímanum fellur innan vistferilsgreiningarinnar, hins vegar er framleiðsla vinnuvéla, bifreiða og annarra tækja sem notuð eru á líftímanum ekki innan kerfismarkanna. Utan kerfismarkanna falla einnig þættir líkt og uppsetning nauðsynlegrar aðstöðu verktaka á vinnustað, olíunotkun eftirlitsaðila á framkvæmdatíma og hugsanleg skilti með t.d. upplýsingum um hámarkshraða, vegnúmer o.s.frv. Kerfismörk má sjá á mynd 3.2.



**Mynd 3.2: Vistferill vegar og kerfismörk vistferilsgreiningarinnar.**

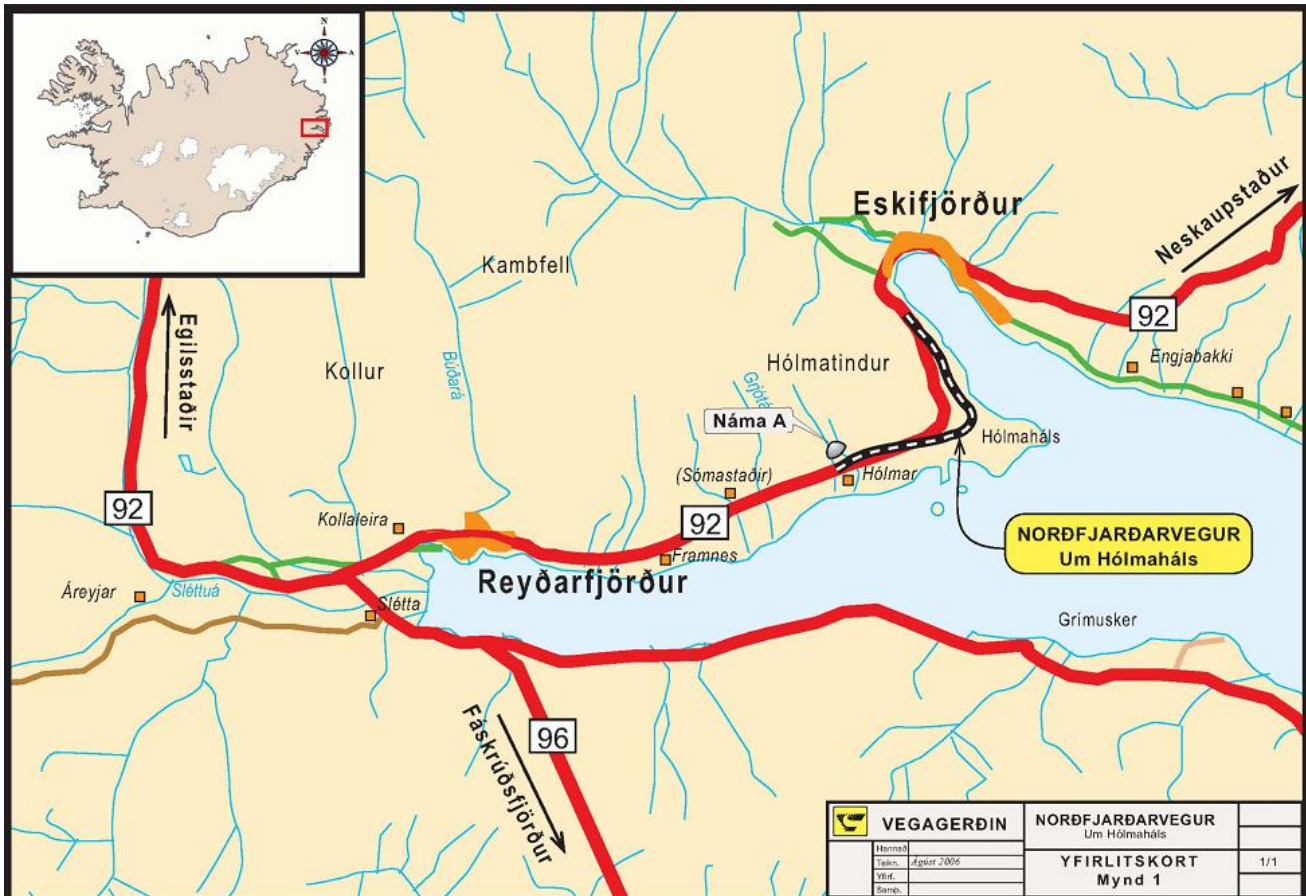
Helstu þættir sem tekið er tillit til í vistferilsgreiningunni fyrir byggingu, viðhald, rekstur og förgun vegarins er lýst í töflu 3.1.

**Tafla 3.1: Helstu skrefin í vistferli vegarins, frá „vöggum til grafar“.**

Skref í vistferlinum	Lýsing
Vinnsla og framleiðsla hráefna	Vinnsla og framleiðsla hráefna, svo sem eldsneytis, biks, plasts í vegstikur, stáls í ræsi o.s.frv. Hér er um að ræða hráefni fyrir bæði byggingu sem og rekstur og viðhald vegarins.
Flutningar	Flutningar hráefna frá framleiðanda til framkvæmdastaðar.
Bygging vegar	Vinna verktaka við byggingu vegarins.
Viðhald og rekstur vegar	Viðhald á 50 ára líftíma vegarins, snjómokstur, söltun, endurnýjun klæðingar, efra burðarlags og vegmerkinga.
Förgun klæðingar og jöfnun vegar	Vinna við jöfnun vegstæðis, fræsing klæðingar og endurvinnsla stálræsa og víravegriðs.

### 3.1.4 Uppruni upplýsinga

Til að nálgast upplýsingar um byggingu hefðbundins vegar í íslenska þjóðvegakerfinu var ákveðið að fá raungögn frá nýlegri framkvæmd þar sem nauðsynlegar upplýsingar lægju fyrir. Valin var nýbygging Norðfjarðarvegur á 5,1 km kafla um Hólmaháls þar sem lögð var klæðing á akbraut vegarins. Staðsetningu vegarins má sjá á mynd 3.3. Lagning vegarins fór fram árið 2009.



Mynd 3.3: Staðsetning Norðfjarðarvegur. Vegurinn nær frá Hólum í Reyðarfirði og að botni Eskifjarðar (Vegagerðin, 2007b)

Upplýsingar um framkvæmdina voru ýmist fengnar úr tilboðsskrá verksins eða úr lokareikningum. Upplýsingar um eldsneytisnotkun verktaka komu frá verktakanum Suðurverk sem sá um framkvæmdina. Upplýsingar um framleiðslu hráefna koma úr sérhæfðum gagnagrunni fyrir vistferilsgreiningar, Ecoinvent 2.2. Hugbúnaðurinn GaBi 6 var notaður við gerð vistferilsgreiningarinnar.

Þörf á viðhaldi vegarins var áætluð í samvinnu við starfsfólk Vegagerðarinnar og sérfræðinga EFLU verkfræðistofu. Gert er ráð fyrir að neðra burðarlag vegarins hafi 50 ára líftíma og því þarf ekki að viðhalda því á líftímanum. Efri burðarlag þarf að endurnýja á 25 ára fresti og því er gert ráð fyrir viðhaldi einu sinni á 50 ára líftímanum. Klæðingu þarf hins vegar að endurnýja oftast, á 5 – 8 ára fresti. Að 50 ára líftíma liðnum er gert ráð fyrir að vegurinn verði aflagður og honum fargað. Því er áætlað að á líftímanum sé viðhald eftirfarandi:

- Klæðing endurnýjuð alls sex sinnum. Þegar klæðing er endurnýjuð er lögð einföld klæðing á akbrautina í stað þess sem slitnar.
- Efra burðarlag og klæðing endurnýjuð einu sinni. Við endurnýjun efra burðarlags er burðarlagið og klæðingin fræst saman (150 mm þykkt) og sementi bætt í. Þá er lögð tvöföld klæðing yfir.
- Vegmerkingar eru endurnýjaðar árlega, þ.e. 49 sinnum á 50 ára líftíma.

Nánari upplýsingar um uppruna gagna má sjá í töflum í kafla 3.2.

## 3.2 Úrvinnsla gagna

### 3.2.1 Bygging vegar

Upplýsingar um byggingu vegarins voru fengnar úr tilboðsskrá, lokareikningum og frá byggingarverktaka. Hér að neðan er að finna upplýsingar um magn efna sem þarf til að byggja 1 km af vegi.

#### *Eldsneytisnotkun verktaka*

Heildareldsneytisnotkun verktaka við byggingu á 1 km af vegi má sjá í töflu 3.2.

**Tafla 3.2: Magn jarðefna í fyllingu fyrir 1 km af vegi**

	Magn/km		Athugasemd	Uppruni gagna
Eldsneytisnotkun verktaka	70.478	L	Heildareldsneytisnotkun verktaka.	Upplýsingar frá verktaka.

#### *Fylling*

Í töflu 3.3 sést magn efnis sem notað er í fyllingu fyrir 1 km af vegi. Efni í fyllingu er tekið úr skeringum, bergskeringum og námu. Gert er ráð fyrir að bergskeringar séu sprengt efni tilbúið til notkunar í fyllingu og að fyllingarefni úr skeringum megi moka upp og nota í veginn án frekari vinnslu. Magn sprengiefnis er áætlað 500 grömm á hvern m<sup>3</sup> bergs (Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2010). Gert er ráð fyrir að fyllingarefni úr skeringum og bergskeringum sé ekið 0,5 km í vegstæði og að ökutækið aki tómt til baka. Fyllingarefnum úr námu er ekið frá námu í vegstæði. Í verkefninu er gert ráð fyrir því að meðalakstursvegalengd í námu sé 2,55 km aðra leið. Fyrir fyllingarefni úr námu er gert ráð fyrir að ökutækið aki tómt til baka í námu.

**Tafla 3.3: Magn jarðefna í fyllingu fyrir 1 km af vegi**

	Magn/km		Athugasemd	Uppruni gagna
Bergskeringar í vegstæði	35.930	m <sup>3</sup>	Sprengt efni. Eingöngu losun á berginu, ekki gert ráð fyrir akstri.	Magntölur úr lokareikningi
Sprengiefni	17.965	kg	Sprengiefni fyrir bergskeringar. Gert ráð fyrir 500 g/m <sup>3</sup> .	Ásbjörn Jóhannesson o.fl. 2010
Fyllingarefni úr skeringum	23.922	m <sup>3</sup>	Efnið er laust, vinnuvélar notaðar til að moka efninu, það flutt í vegstæði og frágangur.	Magntölur úr lokareikningi
Fyllingarefni úr bergskeringum	27.913	m <sup>3</sup>		Magntölur úr lokareikningi
Fyllingarefni úr námu	1.569	m <sup>3</sup>	Aðkeyrt efni úr námu.	Magntölur úr lokareikningi

#### *Neðra burðarlag*

Í töflu 3.4 sést magn efnis sem notað er til byggingar neðra burðarlags í 1 km af vegi. Allt efnið kemur úr bergskeringum. Gert er ráð fyrir að 30% sprengda efnisins úr bergskeringunum sé malað á staðnum og allt efnið er flutt í vegstæðið. Gert er ráð fyrir að meðalakstur í vegstæðið sé 0,5 km aðra leið og miðað er við að ökutækið aki tómt til baka.

**Tafla 3.4: Magn jarðefna í neðra burðarlag fyrir 1 km af vegi**

	Magn/km		Athugasemd	Uppruni gagna
Efni úr bergskeringum	8.788	m <sup>3</sup>	Allt efnið er sprengt efni og 30% af efninu er malað á staðnum og flutt í vegstæði.	Magntölur úr lokareikningi

### Stálræsi

Gert er ráð fyrir að stálræsi í veg séu framleidd á Ítalíu og flutt þaðan sjóleiðis um 5.370 km leið til hafnar á Reyðarfirði og þaðan 10 km á verkstað (tafla 3.5).

**Tafla 3.5: Magn stálröra og stærð í vegstæði fyrir 1 km af vegi**

	Magn/km		Athugasemd	Uppruni gagna
Stálræsi: D < 1,0 m	109	m	Framleidd á Ítalíu og flutt sjóleiðis til Reyðarfjarðar.	Magntölur úr lokareikningi
Stálræsi: D = 1,0 - 1,9 m	10	m		

### Grjótvörn og annar frágangur

Í töflu 3.6 sést magn efnis í grjótvörn og umfang annars frágangs tengdum byggingu á 1 km af vegi. Grjótvörn samanstendur úr 0 – 0,5 tonnum af aðfluttu grjóti. Annar frágangur er frágangur fláa, frágangur svæða við hlið vegar og útjöfnun á gömlum vegi. Umhverfisáhrif vegna grjótvörn og annars frágangs eru tekin inn sem olíunotkun og fellur inn í heildarnotkun olíu vegna verksins og ekki gerð grein fyrir henni sérstaklega. Sama má segja um endafrágang við röraenda stálröra.

**Tafla 3.6: Efni í grjótvörn og umfang annars frágangs tengdum byggingu á 1 km vegspotta**

	Magn/km		Athugasemd	Uppruni gagna
Grjótvörn 0 - 0,5 tonn	167	m <sup>3</sup>	Tekið inn sem olíunotkun og fellur inn í heildarnotkun olíu. Ekki gert grein fyrir sérstaklega.	Magntölur úr lokareikningi
Frágangur fláa	35.294	m <sup>2</sup>		
Frágangur svæða við hlið vegar	392	m <sup>2</sup>		
Útjöfnun gamals vegar	4.902	m <sup>2</sup>		
Endafrágangur D < 1,0 m grjót/snidda	11	stk		
Endafrágangur D = 1,01 - 2,0 m grjót/snidda	1	stk		

### Efra burðarlag

Í töflu 3.7 sést magn efnis í efra burðarlag í 1 km af vegi. Efnið er allt fengið úr bergskeringum (sprengt efni), en jafnframt er gert ráð fyrir því að mylja þurfi allt efnið til þess að uppfylla kröfur um kornastærð (0-53 mm og 0-25 mm). Gert er ráð fyrir að meðalakstur efnis í vegstæði sé 0,5 km aðra leið og miðað er við að ökutæki fari tóm til baka.

**Tafla 3.7: Magn jarðefna í efra burðarlag fyrir 1 km af vegi**

	Magn/km		Athugasemd	Uppruni gagna
Efni úr bergskeringum	1.964	m <sup>3</sup>	Allt efni keyrt í námu þar sem það er harpað og stærðarflokkað.	Magntölur úr lokareikningi

### Klæðing

Í töflu 3.8 sést magn efnis í tvöfalda klæðingu á 1 km af vegi. Klæðingin er gerð úr flokkaðri mól og asfaltblöndu. Mölin er flokkuð mól úr námu, í heild 0,015 m<sup>3</sup> af steinefni í hvort lag á m<sup>2</sup> klæðingar. Asfaltblandan samanstendur af biki, repjuolíu og viðloðunarefni. Gert er ráð fyrir að bik komi frá NYNAS og sé flutt sjóleiðis frá Stokkhólmi um 2.700 km aðra leið til hafnar á Reyðarfirði og er ekið þaðan á verkstað (10 km). Repjuolían er innflutt frá Danmörku (1.900 km aðra leið) og ekið á verkstað frá Reyðarfjarðarhöfn (10 km). Viðloðunarefni er flutt inn frá Akzo Nobel í Svíþjóð og gert ráð fyrir sömu flutningsvegalengd og fyrir bikið.

**Tafla 3.8: Magn í tvöfalda klæðingu á 1 km af vegi**

	Magn/km		Athugasemd	Uppruni gagna
Tvöföld klæðing með flokkaðri mól	8.256	m <sup>2</sup>		Magntölur úr lokareikningi
Flokkuð mól	248	m <sup>3</sup>	0,015 m <sup>3</sup> af steinefni í hvort lag á m <sup>2</sup> klæðingar. Mól úr námu.	Útboðslýsing
Asfaltsblanda	31.961	L	Bik, repjuolía og viðloðunarefni	
<i>Bik</i>	29.724	kg	<i>Asfaltblanda: 92% bik</i>	
<i>Repjuolía</i>	2.237	kg	<i>Asfaltblanda: 7% repjuolía</i>	
<i>Viðloðunarefni</i>	237	kg	<i>Asfaltblanda: 0,8% viðloðunarefni</i>	
				Vegagerðin

### Vegmerking

Gert er ráð fyrir að til yfirborðsmerkinga sé notast við sprautumassa frá Cleanosol (45S30N). Upplýsingar um notkun sprautumassa komu frá Vegagerðinni og er gert ráð fyrir að þykkt veglínu sé 1,5 mm og heildarnotkun vegmassa 0,33 kg/m. Sprautumassinn er framleiddur í Svíþjóð og fluttur þaðan með flutningaskipi, 2.600 km aðra leið, auk vegflutninga frá Reykjavík til Reyðarfjarðar (680 km). Í samræmi við upplýsingar frá framleiðendum glerperla sem samþykktir eru í handbók Vegagerðarinnar um yfirborðsmerkingar, er gert ráð fyrir að glerperlur séu framleiddar úr endurunnu gleri (Vegagerðin og Gatnamálastofa, 2006). Glerperlur sem Vegagerðin notar við vegmerkingar eru Potters Europe Drop-on Glass Beads 850-125. Notkun á perlum er fengin frá Vegagerðinni sem 0,035 kg/m. Gert er ráð fyrir að þær séu framleiddar í Þýskalandi og fluttar með skipi frá Rotterdam til Reykjavíkur (2.200 km aðra leið) og vegflutningar innanlands á verkstað, 680 km (tafla 3.9).

**Tafla 3.9: Vegmerking á 1 km af vegi**

	Magn/km	Eining	Athugasemd	Uppruni gagna
Sprautumassi	333	kg	0,333 kg/m (m.v. 1,5 mm þykka línu)	Vegagerðin
Perlur	35	kg	0,035 kg/m	

### Vegstikur

Vegstikur eru gerðar úr polypropylene plasti. Hver stika er 900 mm há og vegur um 0,6 kg. Vegstikum er komið fyrir með 50 metra millibili og því er gert ráð fyrir 40 stikum á hvern km vegar, þ.e. 20 stykkjum á hvorum vegarhelming. Útlit 900 mm vegstika má sjá á mynd 3.4. Vegstikur eru framleiddar á Íslandi, en í vistferilsgreiningunni er tekin með framleiðsla og flutningar hráefna í vegstikur, þ.e. polypropylen plastefnis. Framleiðsla á Íslandi er ekki hluti af vistferilsgreiningunni og er talið ásættanlegt þar sem raforka hételendis er eingöngu frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Flutningar hráefna til Íslands (2.200 km sjóflutningar aðra leið) og flutningar tilbúinna vegstika frá framleiðanda á Suðurlandi (620 km vegflutningar) eru teknir með í greininguna.



**Mynd 3.4 Vegstika úr polypropylene plasti (ITI 2005)**

**Tafla 3.10: Vegstikur á 1 km af vegi**

	Magn/km	Eining	Athugasemd	Uppruni gagna
Vegstikur (Polypropylene polymer)	24	kg	G.r.f. að vegstikur séu 900 mm háar. Í heild 40 stikur á 1 km vegkafla.	Vegagerðin og ITI, 2005

### Vegrið

Víravegrið var notað á vegkaflanum, í heild 3.820 m, eða 749 m á hvern km vegar. Vegriðið er byggt upp úr stálstoðum þar sem vír er strengdur á milli. Gengið er frá endum vegriðsins með steiptum endaankerum og forsteiptum sívalningum. Gert er ráð fyrir að víravegrið sé flutt inn frá Svíþjóð, 2.700 km sjóflutningar aðra leið, og flutt frá höfn á verkstað 10 km í ökutæki. Í steipt akkeri og sívalninga er gert ráð fyrir framleiðslu á steypu á Íslandi með dönsku Portland sementi.

**Tafla 3.11: Víravegrið á 1 km af vegi**

	Magn/km	Eining	Athugasemd	Uppruni gagna
Víravegrið	749	m		Magntölur úr lokareikningi
Stoðir (stálstoðir)	3.150	kg	Hver stoð er 1,7 m á lengd og vegur 13,5 kg. Vegalengd á milli stoða eru 3,2 m. Í heild 1190 stoðir.	EFLA verkfræðistofa
Steypa	2.290	kg	Endaankeri og sívalningar fyrir stoðir.	
Vír	4.224	kg	Þvermál víra 1,9 mm	

### 3.2.2 Viðhald og rekstur vegar

Viðhald vegarins var áætlað í samvinnu við starfsfólk Vegagerðarinnar og sérfræðinga EFLU verkfræðistofu. Eins og fram hefur komið var gert ráð fyrir því að fyllingar og neðra burðarlag vegarins hafi 50 ára líftíma og þurfi því ekki viðhald á líftíma vegarins. Efri burðarlög þurfi að endurnýja á 25 ára fresti og því er gert ráð fyrir viðhaldi einu sinni á 50 ára líftíma. Klæðingu þarf hins vegar að endurnýja oftast, á 5 – 8 ára fresti. Að 50 ára líftíma liðnum er veginum loks fargað. Því er gert ráð fyrir í verkefninu að á líftíma vegarins sé klæðing endurnýjuð alls sjö sinnum og efra burðarlag endurnýjað einu sinni. Gert er ráð fyrir að vegmerkingar séu endurnýjaðar árlega.

#### *Viðhald einfaldrar klæðingar – sex sinnum á 50 ára líftíma*

Í töflu 3.12 sést heildarmagn efnis í sex endurnýjanir á einfaldri klæðingu á 1 km af vegi. Klæðingin er líkt og við byggingu vegarins gerð úr flokkaðri mól og asfaltblöndu. Mölin er flokkuð mól úr námu, í heild 0,015 m<sup>3</sup> af steinefni á m<sup>2</sup> klæðingar. Asfaltblandan er 92% bik, 7% repjuolía og 0,8% viðloðunarefni. Gert er ráð fyrir að bik komi frá NYNAS og sé flutt sjóleiðis frá Stokkhólmi um 2.700 km leið til hafnar á Reyðarfirði og þaðan á verkstað (10 km). Repjuolían er innflutt frá Danmörku (1.900 km) og ekið á verkstað frá Reyðarfjarðarhöfn (10 km). Viðloðunarefni er flutt inn frá Akzo Nobel í Svíþjóð og gert ráð fyrir sömu flutningsvegalengd og fyrir bikið.

Gert er ráð fyrir að klæðing sé ætíð endurnýtt í burðar- eða styrkingarlög og að engu efni sé fargað við endurnýjun klæðingar heldur sé það allt endurnýtt á staðnum.

**Tafla 3.12: Magn í viðhald á einfaldri klæðingu á 1 km af vegi í 50 ár**

	Magn /km	Eining	Athugasemd	Uppruni gagna
Einföld klæðing	37.880	m <sup>2</sup>	Einföld klæðing endurnýjuð 6 sinnum á 50 árum. Einföld klæðing lögð út á akbraut (ekki vegaxlir) á 6.300 m <sup>2</sup> í hvert skipti.	Magntölur úr lokareikningi
<i>Flokkuð mól</i>	568	m <sup>3</sup>	Malarefni úr námu	Útboðslýsing
<i>Bik</i>	136.379	kg	Asfaltblanda: 93% bik	Útboðslýsing
<i>Viðloðunarefni</i>	1.085	kg	Asfaltblanda: 0.8% viðloðunarefni	Vegagerðin
<i>Repjuolía</i>	10.265	kg	Asfaltblanda: 7% repjuolía	Útboðslýsing



### Viðhald tvöfaldrar klæðingar og efra burðarlags – einu sinni á 50 ára líftíma

Í töflu 3.13 sést magn efnis sem notað er í endurnýjun efra burðarlags og tvöfaldrar klæðingar á 1 km af vegi á 50 ára líftíma. Gert er ráð fyrir að burðarlagið og klæðing séu fræst upp og endurnýtt í efra burðarlag að viðbættu sementi (17 kg/m<sup>2</sup>). Lögð er tvöföld klæðing yfir burðarlagið, akbrautir og vegaxlir líkt og við byggingu vegarins.

**Tafla 3.13: Endurnýjunar á efra burðarlagi og tvöfaldrari klæðingu einu sinni á 50 ára líftíma fyrir 1 km af vegi**

	Magn /km		Athugasemd	Uppruni gagna
Efra burðarlag og klæðing fræst saman	1.964	m <sup>3</sup>	Við endurnýjun burðarlags er efra burðarlag og klæðing fræst saman og sementi bætt við (17 kg/m <sup>2</sup> ) og tvöföld klæðing lögð yfir.	Magntölur úr lokareikningi
Sement	140.350	kg		Vegagerðin
Tvöföld klæðing:	8.256	m <sup>2</sup>		Vegagerðin
<i>Flokkuð mól</i>	248	m <sup>3</sup>	<i>Malarefni úr námu</i>	Útboðslýsing
<i>Bik</i>	29.724	kg	<i>Asfaltblanda: 93% bik</i>	Útboðslýsing
<i>Viðloðunarefni</i>	237	kg	<i>Asfaltblanda: 0.8% viðloðunarefni</i>	Vegagerðin
<i>Repjuolía</i>	2.237	kg	<i>Asfaltblanda: 7% repjuolía</i>	Útboðslýsing

### Vegmerkingar

Í töflu 3.14 sést magn efnis sem notað er til endurnýjunar á vegmerkingum á 50 ára líftíma. Gert er ráð fyrir að veglínur séu málaðar árlega og að máluð sé 1,5 mm þykk veglína af gerð C1-C2. Notast er við sömu efni og við uppbyggingu vegarins, sprautumassa frá Cleanosol (45S30N) sem fluttur er inn frá Svíþjóð (2.600 km aðra leið) til Reykjavíkur og landleiðina þaðan til Reyðarfjarðar (680 km) og glerperlur úr endurunni gleri sem framleitt er í Þýskalandi og flutt með skipi frá Rotterdam til Reykjavíkur og þaðan landleiðina til Reyðarfjarðar (680 km). Vegagerðin vinnur að því að draga úr þykkt veglína og spara efni, þannig að í framtíðinni má búast við að þykkt veglínunni hafi minnkað um þriðjung og sé nær 1 mm.

**Tafla 3.14: Vegmerking á 1 km af vegi yfir 50 ára líftíma m.v. 1,5 mm þykka veglínunni**

	Magn/km	Eining	Athugasemd	Uppruni gagna
Sprautumassi	16.317	kg	Miðað er við 1,5 mm þykka línu og að vegmerkingar séu endurnýjaðar árlega.	Vegagerðin
Perlur	1.715	kg		

### Vetrarþjónusta

Gert er ráð fyrir að vetrarþjónusta vegarins á líftíma skiptist upp í snjómokstur og hálkuvarnir. Samkvæmt útboði Vegagerðarinnar á vetrarþjónustu fyrir Norðfjarðarveg árin 2007-2010 eru áætlaðar magntölur alls um 51.000 km af snjómokstri og hálkuvörnum fyrir 75 km veg frá Egilsstöðum á Neskaupsstað, eða sem nemur um 667 km fyrir 1 km af veginum. Miðað við danskar reynslutölur um skiptingu ferða með söltun og snjómokstri og snjómokstri einungis er valið að í 30% tilfella sé mokað og saltað en í 70% tilvika eingöngu mokað.

Gert er ráð fyrir að salt sé flutt inn frá Miðjarðarhafssvæðinu 4.300 km til hafnar á Reyðarfirði (aðra leið).

**Tafla 3.15: Vetrarþjónusta**

	Magn/km		Athugasemd	Uppruni gagna
Saltnotkun	569	tonn	Umreiknað fyrir Ísland úr dönskum reynslutölum <sup>2</sup>	Road-Res
Akstur:				
<i>Söltun</i>	183	km/ári		
<i>Snjómokstur</i>	497	km/ári		

<sup>2</sup> Danskar reynslutölur úr Road-Res: Saltnotkun: 3,74 tonn/km/ár, söltun: 59 km/km/ár, snjómokstur: 160 km/km/ár.

### 3.2.3 Förgun vegar

Í verkefninu er gert ráð fyrir að eftir að líftíma vegarins (50 ár) er lokið sé veginum fargað. Gert er ráð fyrir að klæðing sé fræst af yfirborði vegarins og hún endurnýtt í öðrum verkefnum. Þá er áætlað að vegstæðið sé jafnað út. Víravegrið og ræsi fara til endurvinnslu.

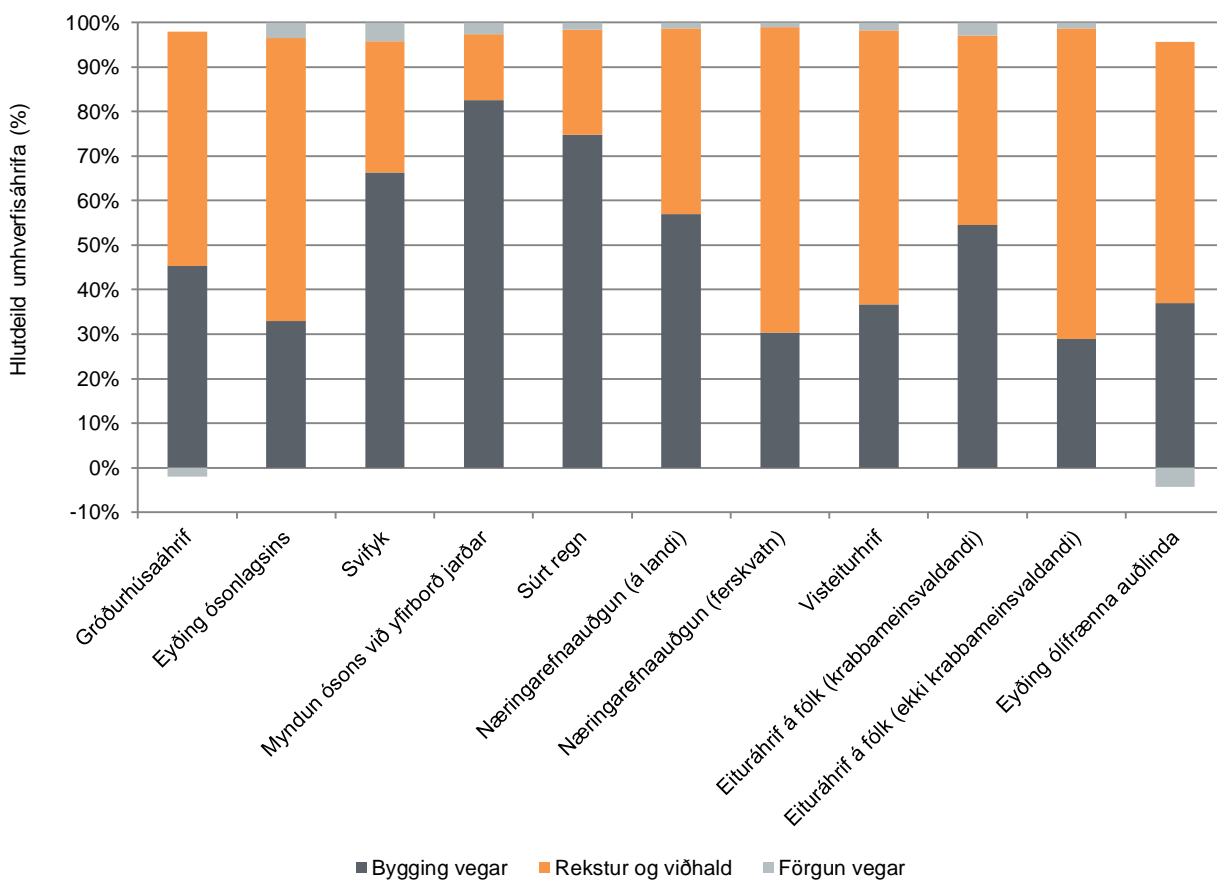
**Tafla 3.16: Förgun á 1 km af vegi**

	Magn/km	Eining	Athugasemd	Uppruni gagna
Fræsing klæðingar	8.256	m <sup>2</sup>		Útboðsgögn
Jarðvinna við útjöfnun vegar	55,419	m <sup>3</sup>	Gert er ráð fyrir að helmingur fyllingar og öll burðarlög séu jöfnuð út.	Mat sérfræðinga EFLU verkfræðistofu út frá
Vegrið	7,4	tonn	Allt stál flutt til endurvinnslu erlendis.	magnþólum við uppbyggingu vegarins
Stálræsi	22	tonn		

### 3.3 Mat á umhverfisáhrifum

Heildarumhverfisáhrif frá byggingu, rekstri, viðhaldi og förgun 1 km vegar má sjá á mynd 3.5. Rekstur og viðhald vegarins á 50 ára líftíma hans vegur þyngst í umhverfisáhrifaflokkunum gróðurhúsaáhrif, eyðing ósonlagsins, næringarefnaauðgun ferskvatns, visteiturhrifum, eituráhrifum á fólk (annarra en krabbameinsvaldandi) og eyðingu ólífrænna auðlinda. Bygging vegarins vegur hins vegar mest í flokkunum svifryk, myndun ósons við yfirborð jarðar, súrt regn, næringarefnaauðgun á landi og eituráhrifum á fólk (krabbameinsvaldandi).

Fyrir flokkana gróðurhúsaáhrif og eyðingu ólífrænna auðlinda má sjá að förgun vegarins dregur úr heildarumhverfisáhrifum í þessum tveimur flokkum umhverfisáhrifa vegna endurvinnslu stáls. Tölulegar niðurstöður fyrir alla flokka umhverfisáhrifa má sjá í töflu 3.17.



Mynd 3.5: Umhverfisáhrif frá byggingu, rekstri, viðhaldi og förgun á 1 km á vegi í íslenska þjóðvegakerfinu. Á myndinni má sjá niðurstöður fyrir alla 11 flokka umhverfisáhrifa sem reiknað er fyrir og hvað hlutdeild hvers einstaks þáttar vegur á líftíma vegarins.

Tafla 3.17: Umhverfisáhrif frá byggingu, rekstri, viðhaldi og förgun 1 km af vegi.

Umvhverfisáhrif	Eining	Bygging vegar	% af heild	Rekstur og viðhald	% af heild	Förgun vegar	% af heild	Samtals
Gróðurhúsaáhrif	tonn CO <sub>2</sub> ígildi	334	47%	388	55%	- 15	-2%	707
Eyðing ósonlagsins	kg R11 ígildi	0,05	33%	0,09	64%	0,01	3%	0,15
Svifyk	kg PM <sub>2,5</sub> ígildi	561	66%	249	29%	36	4%	846
Myndun ósons við yfirborð jarðar	kg NMVOC ígildi <sup>3</sup>	9.875	83%	1.764	15%	315	3%	11.954
Súrt regn	mól S-ígildi	3.234	75%	1.025	24%	67	2%	4.325
Næringarefnaauðgun (á landi)	mól N-ígildi	15.630	57%	11.420	42%	360	1%	27.411
Næringarefnaauðgun (ferskvatn)	kg P-ígildi	63	30%	142	69%	2,0	1%	207
Visteiturhrif	CTUe <sup>4</sup>	291.221	37%	489.562	62%	13.841	2%	794.624
Eituráhrif á fólk (krabbameinsvaldandi)	CTUh <sup>5</sup>	0,03	55%	0,02	43%	0,001	3%	0,05
Eituráhrif á fólk (annarra en krabbameinsvaldandi)	CTUh	0,09	29%	0,21	70%	0,004	1%	0,30
Eyðing ólífrænna auðlinda	kg Sb ígildi	5,6	40%	8,9	64%	- 0,65	-5%	14

<sup>3</sup> Non Methane Volatile Organic Carbon

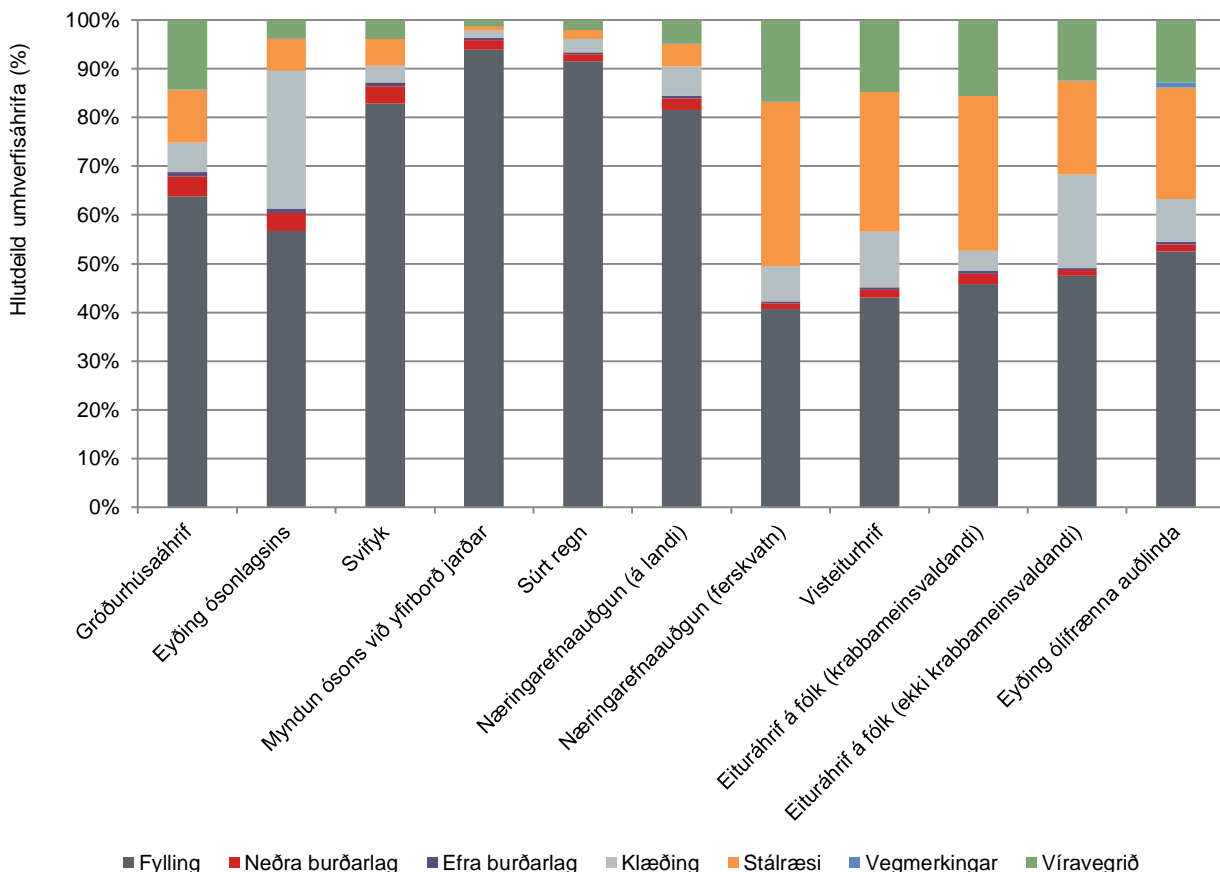
<sup>4</sup> Comparative toxic units for ecosystems

<sup>5</sup> Comparative toxic units for humans

### 3.3.1 Bygging vegar

Mynd 3.6 sýnir umhverfisáhrif frá byggingu vegarins skipt upp eftir verkþáttum við byggingu hans. Framleiðsla og notkun jarðefnaeldsneytis auk sprengiefna við vinnslu jarðefna fyrir fyllingu veldur mestum umhverfisáhrifum í öllum flokkum umhverfisáhrifa þegar litið er á heildarvistferilinn. Þá veldur framleiðsla stáls í ræsi og víravegrið töluverðum hluta umhverfisáhrifa í flokkunum gróðurhúsaáhrif, næringarefnaauðgun í ferskvatni, visteituráhrif, eituráhrif á fólk og eyðingu ólífærnna auðlinda. Framleiðsla biks í klæðingu veldur einnig þó nokkrum hluta áhrifa á eyðingu ósonlagsins, næringarefnaauðgun, eituráhrif á fólk (krabbameinsvaldandi) og eyðingu ólífærnna auðlinda. Jafnframt veldur framleiðsla á repjuolíu, þar á meðal notkun varnarefna t.d. skordýraeiturs og eldsneytisnotkun við framleiðsluna, visteituráhrifum sem og eituráhrifum á fólk (annarra en krabbameinsvaldandi).

Gróðurhúsaáhrif frá byggingu á 1 km af vegi eru 334 tonn CO<sub>2</sub>-ígildi/ km. Losun gróðurhúsalofttegunda má að stærstum hluta rekja til notkunar jarðefnaeldsneytis við vinnslu jarðefna í fyllingu (71%). Framleiðsla á stáli í ræsi (12%) og víravegrið (5%) valda einnig töluverðum hluta gróðurhúsaáhrifa. Gróðurhúsaáhrif vegna klæðingar (7%) má að stærstum hluta rekja til framleiðslu biks (4%). Hlutur neðra- og efra burðarlags, auk vegmerkinga til gróðurhúsaáhrifa eru öll um eða undir 5%.



**Mynd 3.6: Greining á umhverfisáhrifum við byggingu á 1 km af vegi. Á myndinni má sjá niðurstöður fyrir alla 11 flokka umhverfisáhrifa sem reiknað er fyrir og hvað hlutdeild hvers einstaks þáttar vegur á líftíma vegarins.**

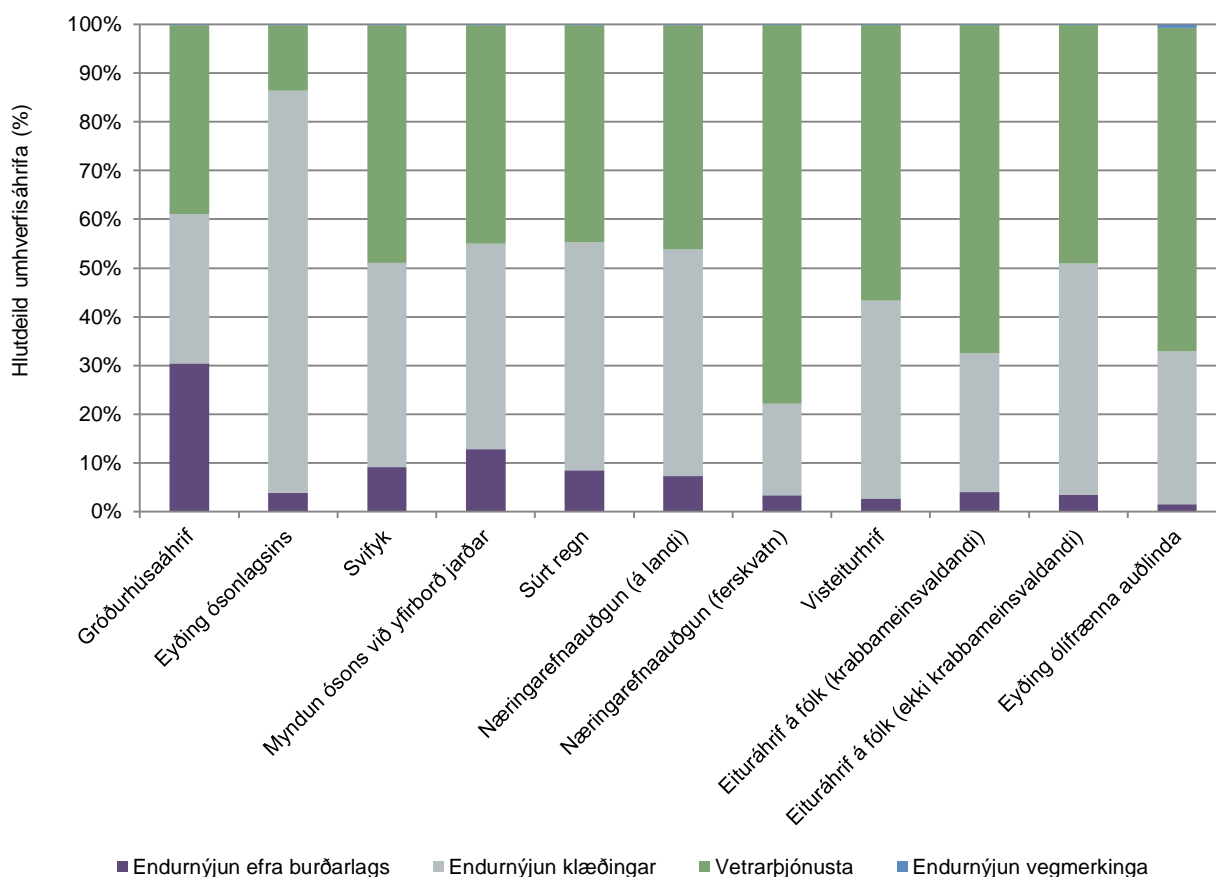
**Tafla 3.18: Skýring á verkþáttum við uppbyggingu vegar**

Fylling	Vinnsla efna úr skeringum, bergskeringum (sprengt efni) og námum. Gert er ráð fyrir að jarðefni séu flutt í vegstæði.
Neðra burðarlag	Efnið kemur allt úr bergskeringum (sprengt efni). Gert er ráð fyrir að 30% efnisins sé mulið á staðnum áður en það er flutt í vegstæði.
Efra burðarlag	Efni unnið úr bergskeringum (sprengt efni). Gert er ráð fyrir að allt efnið þurfi að vinna frekar til að uppfylla kröfur um kornastærð. Efnið er malað á staðnum og síðan flutt í vegstæði.
Klæðing	Klæðing er samsett úr flokkaðri mól og asfaltblöndu. Mölin er sótt úr námu en asfaltblandan (92% bik, 7% repjuolía, 0,8% viðloðunarefni) er framleidd úr innfluttum hráefnum.
Stálræsi	Innflutt stálrör flutt til hafnar á Reyðarfirði.
Vegmerkingar	1,5 mm þykkar veglínur úr sprautumassa og glerperlum.
Víravegrið	Framleiðsla og innflutningur stáls og steypu í víravegrið og flutningar á verkstað.

### 3.3.2 Rekstur og viðhald

Mynd 3.7 sýnir umhverfisáhrif frá rekstri og viðhaldi vegarins á 50 ára líftíma hans skipt upp eftir verkþáttum. Sé litið til allra flokka umhverfisáhrifa sést að á 50 ára líftíma vegarins eru það vetrarþjónusta og endurnýjun klæðingar sem valda mestum umhverfisáhrifum. Við vetrarþjónustuna er það framleiðsla, flutningar og dreifing salts sem valda hvað helst umhverfisáhrifum. Við endurnýjun klæðingar er það, líkt og við byggingu vegarins, framleiðsla biks og repjuolíu sem helst valda umhverfisáhrifum. Endurnýjun efra burðarlags hefur nokkur áhrif á gróðurhúsaáhrif og myndun ósons við yfirborð jarðar sem má að stærstum hluta rekja til framleiðslu sements sem blandað er í nýja burðarlagið.

Gróðurhúsaáhrif við rekstur og viðhald vegarins eru 388 tonn CO<sub>2</sub>-ígildi/ km. Stærstan hluta losunar gróðurhúsalofttegunda á rekstartímanum má rekja til vetrarþjónustu (39%) þ.e. snjómoksturs og hálkuvana (söltun). Viðhald klæðingar veldur 31% losunar gróðurhúsalofttegunda á rekstartímanum, að mestu vegna framleiðslu á biki. Við endurnýjun efra burðarlags (30%) er það sementið sem bætt er í fræst efni sem veldur stærstum hluta gróðurhúsaáhrifa. Endurnýjun vegmerkinga veldur innan við 1% af heildarlosun gróðurhúsalofttegunda á rekstartímanum.



**Mynd 3.7: Greining á umhverfisáhrifum við rekstur og viðhald á 1 km af vegi í 50 ár. Á myndinni má sjá niðurstöður fyrir alla 11 flokka umhverfisáhrifa sem reiknað er fyrir og hvað hlutdeild hvers einstaks þáttar vegur á líftíma vegarins.**

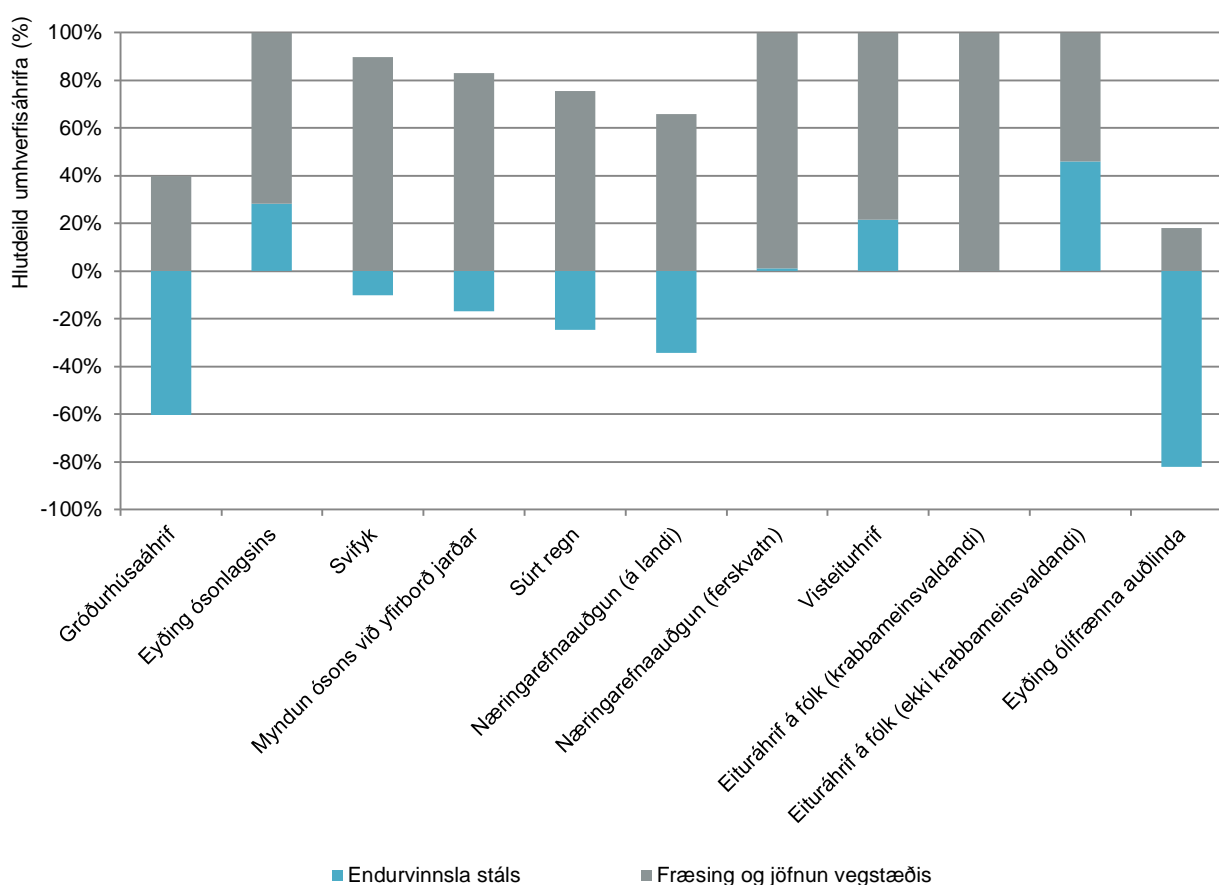
**Tafla 3.19: Skýring á verkþáttum við rekstur og viðhald vegar**

Endurnýjun efra burðarlags	Klæðing og efra burðarlag eru fræst upp og að viðbættu sementi er það endurnýtt sem efra burðarlag.
Endurnýjun klæðingar	Endurnýjun á einfaldri klæðingu á sér stað sex sinnum á líftímanum. Þá er einföld klæðingu endurnýjuð á akbrautum. Endurnýjun á tvöfaldri klæðingu fer fram einu sinni á líftímanum á sama tíma og efra burðarlag er endurnýjað. Þá er lögð út tvöföld klæðing á allan veginn (akbrautir og vegaxlir). Líkt og við byggingu vegarins er klæðing samsett úr flokkaðri mól og asfaltblöndu.
Vetrarþjónusta	Vetrarþjónusta felur í sér snjómokstur og hálkuvarnir (söltun).
Endurnýjun vegmerkinga	Veglínur eru endurmálaðar 1 sinni á ári á 50 ára líftíma vegarins (1,5 mm þykkar línur).

### 3.3.3 Förgun vegar

Mynd 3.8 sýnir umhverfisáhrif frá förgun vegarins að 50 ára líftíma loknum. Við förgun vegarins er gert ráð fyrir að vegstæðið sé jafnað út og að klæðing hafi verið fræst upp og sé endurnýtt í öðrum vegagerðarverkefnum Vegagerðarinnar. Einnig er stál frá ræsum og víravegriðum sent til endurvinnslu erlendis. Endurvinnsla stáls frá stálræsum og víravegriðum dregur úr heildarumhverfisáhrifum vegarins í flestum umhverfisáhrifaflokkum. Við fræsing og jöfnun vegstæðis er að stærstum hluta um að ræða umhverfisáhrif vegna framleiðslu og brennslu jarðefnaeldsneytis.

Nettógróðurhúsaáhrif við förgun vegarins (fræsing og jöfnun sem og endurvinnsla stáls) er -15 tonn CO<sub>2</sub>-ígildi/ km. Það þýðir að við endurvinnslu stálsins er dregið úr gróðurhúsaáhrifum alls vegarins á líftíma hans.



**Mynd 3.8: Greining á umhverfisáhrifum við förgun á 1 km af vegi í 50 ár. Á myndinni má sjá niðurstöður fyrir alla 11 flokka umhverfisáhrifa sem reiknað er fyrir og hvað hlutdeild hvers einstaks þáttar vegur á líftíma vegarins.**

**Tafla 3.20: Skýring á verkþáttum við rekstur og viðhald vegar**

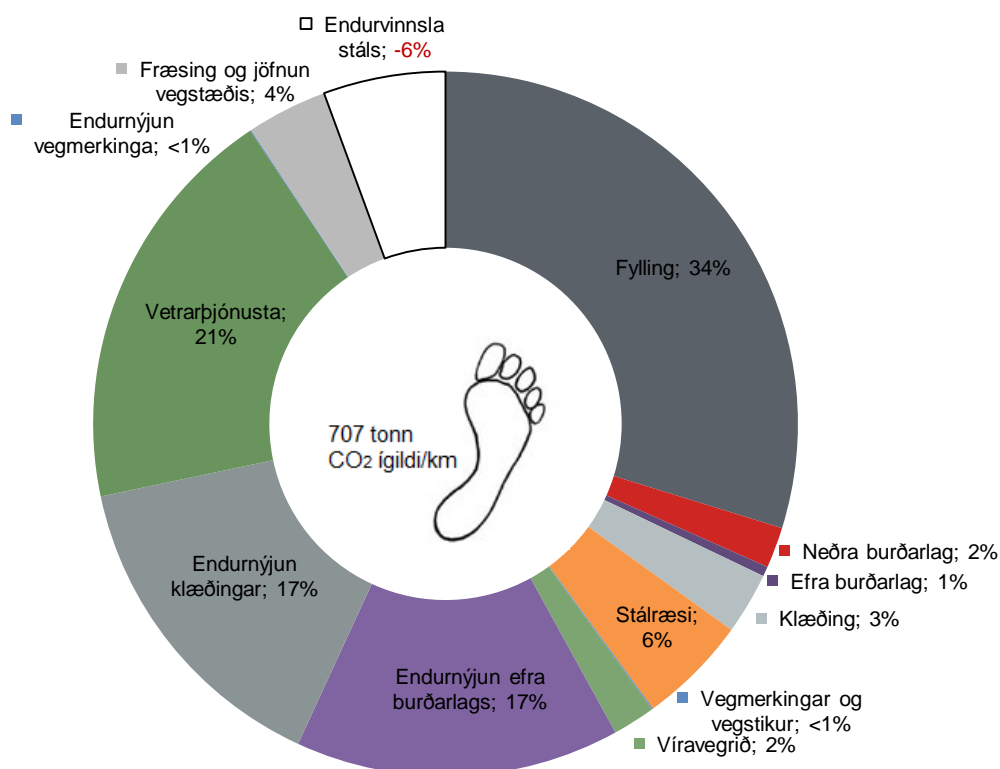
Fræsing og jöfnun vegstæðis	Fræsing klæðingar til endurnotkunar í öðrum verkum og jöfnun vegstæðis.
Endurvinnsla á ræsum og víravegriða	Stálræsi og og stál frá víravegriðum eru flutt utan til endurvinnslu.



### 3.3.4 Kolefnisspor

Kolefnisspor er skilgreint sem heildarlosun gróðurhúsalofttegunda sem rekja má til athafna mannsins. Kolefnissporið veldur gróðurhúsaáhrifum og hefur þannig áhrif á loftslagsbreytingar. Kolefnisspor fyrir byggingu, rekstur, viðhald og förgun 1 km af vegi í íslenska þjóðvegakerfinu er 707 tonn CO<sub>2</sub> ígildi/ km. Á mynd 3.9 má sjá hvernig kolefnissporið skiptis á milli mismunandi þátta við byggingu, rekstur, viðhald og förgun vegarins.

Kolefnisspor byggingar vegarins er 334 tonn CO<sub>2</sub> ígildi/ km og veldur 47% af heildarkolefnisspori á líftíma vegarins. Þeir þættir sem teljast til byggingar vegarins eru fylling, neðra- og efra burðarlag, klæðing, stálræsi, víravegrið, vegmerkingar og vegstikur. Kolefnisspor vegna reksturs og viðhalds vegarins á 50 árum er 388 tonn CO<sub>2</sub> ígildi/ km og veldur 55% allrar losunar gróðurhúsalofttegunda á líftímanum. Þeir þættir sem teljast til reksturs og viðhalds eru endurnýjun efra burðarlags og klæðingar, vetrarþjónusta sem og endurnýjun vegmerkinga. Við förgun vegarins er dregið úr losun gróðurhúsalofttegunda með endurvinnslu stáls um 15 tonn CO<sub>2</sub> ígildi/ km. Til förgunar teljast þættirnir fræsing og jöfnun vegstæðis og endurvinnsla stáls. Við förgun vegarins veldur endurvinnsla stáls því að heildar kolefnisspor lækkar um 6%.



Mynd 3.9: Skipting kolefnisspors fyrir byggingu, viðhald, rekstur og förgun á 1 km af vegi í íslenska þjóðvegakerfinu.

Við byggingu Norðfjarðarveg við Hólmaháls var heildarmagn stálræsa 119 m/km og magn vegriða 749 m/km. Á árunum 2005 - 2009 var meðalmagn ræsa í verkum Vegagerðarinnar hins vegar 55 m/km og heildarmagn vegriða 279 m/km. Kolefnisspor 1 km vegar var endurreiknað miðað við ofangreindar forsendur og kom í ljós að ef reiknað er með meðalmagni ræsa og vegriða á árabílinu 2005 - 2009 lækkar kolefnisspor frá byggingu vegarins um 9% og kolefnisspor á 50 ára líftíma vegarins lækkar um 1%.

## 4 Umræður og lokaorð

Niðurstöður vistferilsgreiningarinnar sýna að bygging sem og rekstur og viðhald dæmigerðs vegar í íslenska þjóðvegakerfinu valda stærstum hluta umhverfisáhrifa á líftíma vegarins. Rekstur og viðhald vegarins veldur hvað mestum umhverfisáhrifum á líftíma vegarins í sex af þeim 11 flokkum umhverfisáhrifa sem metnir voru. Þar af er það vetrarþjónustan, snjómokstur og hálkuvarnir, sem hefur hvað mest áhrif. Bygging vegarins veldur mestum umhverfisáhrifum í fimm áhrifaflokkum. Umhverfisáhrif frá byggingu vegarins eru helst af völdum framleiðslu og brennslu jarðefnaeldsneyta við vinnslu jarðefna í veg. Förgun vegarins hefur ekki stór áhrif á heildarvistferilinn og er undir 5% í öllum flokkum umhverfisáhrifa. Endurvinnsla stáls frá vegriðum og ræsum við lok 50 ára líftíma vegarins veldur því að í flokkunum gróðurhúsaáhrif og eyðing ólífrænna auðlinda er dregið úr umhverfisáhrifum.

Kolefnisspor fyrir 1 km af dæmigerðum veg í íslenska þjóðvegakerfinu er 707 tonn CO<sub>2</sub> ígildi. Þar af er það rekstur og viðhald vegarins sem veldur 55% af kolefnissporinu, bygging vegarins 47% en förgunin -2% vegna endurvinnslu vegriða og stálræsa.

Mikilvægt er að benda á að þau umhverfisáhrif sem myndast á vistferli vegarins eiga sér ekki öll stað í vegstæðinu sjálfu. Framleiðsla hráefna t.a.m. biks, repjuolíu, viðloðunarefna, stáls, salts o.s.frv. á sér stað erlendis, en hráefnin eru síðan flutt til Íslands og nýtt við vegagerð og viðhald vega. Umhverfisáhrif frá t.d. vinnslu jarðefna og brennslu jarðefnaeldsneytis á byggingartíma á sér hins vegar öll stað hérlendis.

Hafa þarf í huga, þegar þessar niðurstöður eru skoðaðar, að í Norðfjarðavegi um Hólmaháls sem lagður er til grundvallar er töluvert magn af stálræsum og vegriðum. Ástæða þess er m.a. sú að vegurinn liggur að hluta í jaðri votlendis auk þess sem vegkaflinn liggur í boga og því hlutfallslega mikið af vegriðum til að auka umferðaröryggi. Í veginum sem lagður er hér til grundvallar er því meira af ræsum og vegriðum en á dæmigerðum 1 km vegkafla í íslenska þjóðvegakerfinu. Taka verður tillit til þessa við túlkun niðurstaðna. Þess ber þó að geta að frá því að nýjar reglur um vegrið komu út árið 2009 hefur orðið mikil aukning í notkun þeirra.

Niðurstöður þessarar rannsóknar eru fyrsta heildstæða mat á umhverfisáhrifum vegar á Íslandi með aðferðafræði vistferilsgreiningar. Mikilvægt er að þessari vinnu sé haldið áfram og er mælt með eftirfarandi rannsóknum í framhaldinu:

- Að meta áhrif þess að nota vélar og bíla sem eyða minna eldsneyti, þ.e. að reikna með Euro 5 eða Euro 6 stöðlum fyrir tækjabúnað sem notar eldsneyti, frekar en Euro 4 líkt og gert var í þessu verkefni.
- Að bera saman niðurstöður við rannsóknir sem gerðar hafa verið erlendis, t.d. í norðurhluta hinna Norðurlandanna.
- Að meta umhverfisáhrif dæmigerðs vegar þar sem umferðarpungi er meiri og veguppbygging því önnur og slitlög önnur t.d. malbik eða stept slitlag.
- Að meta áhrif þess að notuð sé úrgangssalt frá fiskvinnslustöðvum við hálkuvarnir. En í þessu verkefni er eingöngu gert ráð fyrir innfluttu salti.
- Að setja fram tillögur að umbótum til að draga úr umhverfisáhrifum fyrir þessa tegund vegar og skilgreina umbætur inn í umhverfisstjórnun Vegagerðarinnar.

Niðurstöður þessarar greiningar sýna nýja mynd af umhverfisáhrifum við vegagerð og rekstur vega. Greiningin bendir á þætti sem lítið hafa verið í kastljósinu, eins og umhverfisáhrif rekstrar og viðhalds veganna. Með því að nýta á markvissan hátt aðferðafræði vistferilsgreininga til umbóta öðlast Vegagerðin aukin tækifæri til að draga úr umhverfisáhrifum vega.

## 5 Heimildaskrá

- Ásbjörn Jóhannesson, Gunnar Bjarnason, Hafdís Eygló Jónsdóttir og Ingvi Árnason (2010) *Notkun bergs til vegagerðar. Vinnsla, efniskröfur og útlögn*. Nýsköpunarmiðstöð Íslands.
- Ecoinvent (2013) Dataset information. Sótt af: <http://www.ecoinvent.org/>
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- ITI (2005) *Vegstikur*. Iðntæknistofnun, 05.10.05. Sótt af [www.vegagerdin.is](http://www.vegagerdin.is)
- ÍST EN ISO 14040 (2006) Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework. ISO 14040: 2006
- ÍST EN ISO 14044 (2006) *Umhverfisstjórnun - Lífsferilsmat - Kröfur og leiðbeiningar* (Environmental management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines). ISO 14044: 2006
- JRC-IEC (2011) *ILCD Handbook. International Reference Life Cycle Data System. Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context*. European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability.
- PRé (2008) SimaPro Database Manual. Methods library. PRé Consultants (mark Goedkoop, Michiel Oele, An de Schryver, Marisa Vieira).
- UST (2013) *Svifryk*. Sótt af: <http://www.ust.is/einstaklingar/loftgaedi/svifryk/>
- Vegagerðin (2007a) Norðfjarðarvegur (92) um Hólmaháls. 1. hefti, Útboðslýsing.
- Vegagerðin (2007b) Norðfjarðarvegur (92) um Hólmaháls. 3. hefti, Uppdrættir.
- Vegagerðin og Gatnamálastofa (2006) *Handbók um Yfirborðsmerkingar. Kafli 6-10*. Sótt af: <http://www.vegagerdin.is/vegakerfid/yfirbordsmerkingar/>