



Gildi fjárfestingar í innviðum

Rannsóknarverkefni unnið með styrk frá Vegagerðinni

Apríl 2017



MANNVIT

Urðarhvarfi 6
203 Kópavogi
Sími: 422 3000
Fax: 422 3001

@: mannvit@mannvit.is

www.mannvit.is

Mannvit Verkfræðistofa



MANNVIT

Formáli

Á árinu 2016 fékk Mannvit til liðs við sig meistaraneina í hagfræði til að vinna rannsóknarverkefni um hagræn áhrif fjárveitinga til vegasamgangna. Markmið verkefnisins var fyrst og fremst að leitast við að sýna fram á hvaða áhrif fjármögnun vegakerfa hefði á hag þjóða. Sá texti sem hér er settur fram er samantekt úr meistararitgerð nemandans Þorsteins Helga Valssonar til fjármálhagfræði við Háskóla Íslands.

Höfundar þessarar skýrslu bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.



Inngangur

Undanfarin ár hafa fjárveitingar til viðhalds og nýbygginga vega verið mun minni en árin og áratugina á undan. Minnkandi fjárveitingar hafa ýtt undir vantrú á kerfið, ef marka má skoðanakannanir, þar sem einstaklingar telja að meira fjármagni ætti að vera varið til vegakerfisins. Því þykir líklegt að uppsöfnuð viðhaldsþörf sé til staðar og slíkt geti jafnvel staðið hagvexti og velsæld fyrir þrifum til lengri tíma. Þrátt fyrir almenna skoðun þess efnis að líklega þurfi að verja meira fé til viðhalds og stækkunar vegakerfisins er þó lítið vitað hver hagræn þörf er í raun og veru en íslenskar aðstæður eru um margt sérstakar. Viðeigandi eftirlit og viðhald getur kallað á talsverða fjármuni þar sem landið er strjálbýlt og ástand vegamannvirkja mjög mismunandi eftir landshlutum en þá er einnig mikið álag á vegakerfi landsins sökum notkunar nagladekkja, snjómoksturs, veðrunar og fleira. Það veldur því að viðhaldsþörf hér á landi er oft á tíðum meiri en þekkist í samanburðarlöndum.

Traustar og öflugar vegasamgöngur eru eitt af því sem setur mark sitt á þróuð hagkerfi í dag. Vegir og það sem þeim fylgir eru þannig ein af verðmætustu eignum þjóða. Eitt af markmiðum verkefnisins var því að svara eftirfarandi rannsóknarspurningum:

1. **Hvernig er unnt að meta virði þjóðvegakerfisins?**
2. **Hvaða þýðingu myndi það hafa ef þjóðvegir væru hluti af efnahagsreikningi ríkisins en ekki á kostnaðarhlið rekstrarreiknings líkt og nú tíðkast?**

Í þessu samhengi hefur eignastýring vegakerfisins hlotið mikinn hljómgrunn sem felur í sér að vegir séu meðhöndlaðir líkt og hver önnur fjárfesting, það er að virði þeirra sé fært í efnahagsreikning og afskrifað eftir fyrirfram ákveðnum reglum. Virðismælikvarðinn getur svo nýst á mörgum sviðum, til dæmis fjárlagagerð, en án slíks bókhalds er ekki hægt að segja til um, með vissu, hvort fjármagn sem fer til vegagerðar á hverju ári auki virði vegakerfisins, hvort virðið standi í stað eða rýrni.

Eignastýring getur verið mismunandi eftir löndum en með aðferðinni er leitast við að meta hvers virði vegir eru. OECD mælir með því að eftirfarandi virðismælikvarðar séu nýttir (OECD, 2001):

- *Bókfært virði (e. historical cost).*
- *Endurstofnvirði (e. current replacement cost).*
- *Hagrænt virði (e. economic value).*

Farið hefur fram töluverð vinna á vegum Vegagerðarinnar varðandi virðismat eigna, nánar tiltekið út frá **endurstofnvirði**. Þar eru núverandi markaðsaðstæður nýttar við mat á kostnaði þess að endurbyggja núverandi vegakerfi og magnreikna og kostnaðarmeta einstaka verkþætti; fyllingar, burðarlag, malbik og fleira.

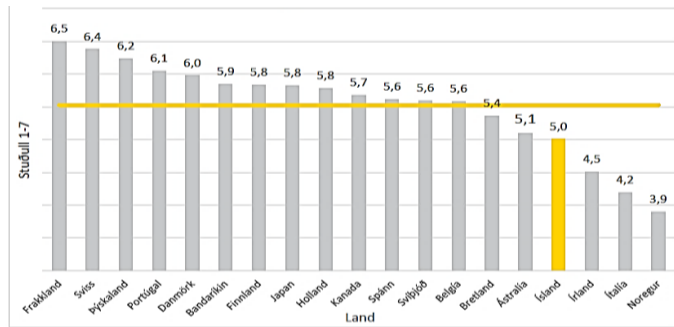
Hér verður fyrst og fremst rætt um niðurstöður verkefnisins varðandi áhrif þess að fjárfesta í kerfinu nánar tiltekið varðandi hagrænt virði vegamannvirkja en finna má umfjöllun um eignastýringu í ritgerð nemandans *sem sjá má í viðauka*.



1. Íslenska vegakerfið: Gæði og fjármögnun

Undanfarin ár hefur World Economic Forum fjallað um alþjóðlega samkeppnishæfni 140 landa m.a. með viðtölum um **hvernig aðilar meta gæði vegakerfisins í sínu landi**. Nýsköpunarmiðstöð Íslands hefur séð um að safna saman svörum frá íslenskum fyrirtækjum. Svarmöguleikar eru frá 1-7 þar sem:

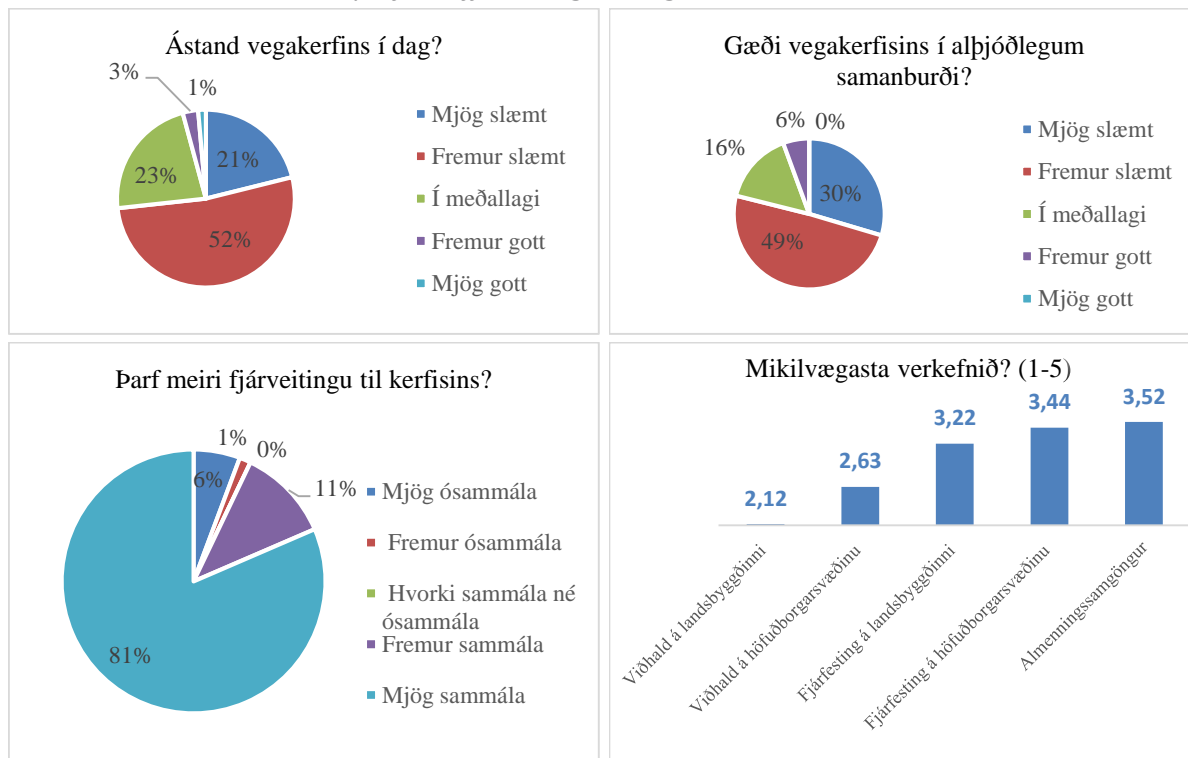
1=Verulega vanþróað í samanburði við önnur lönd 7=Öflugt og skilvirkt, miðað við önnur lönd.



Sé miðað við meðaltal 2006-2015 situr Ísland í 16. sæti miðað við samanburðarlönd með einkunnina 5–undir meðaltali (gula línan). Noregur kemur verr út en Norðmenn meta gæði vegakerfisins upp á 3,9 af 7 undanfarin tíu ár meðan Frakkar telja að þeirra vegakerfi sé virkilega öflugt og skilvirkt með 6,5 af 7. Ef aðeins er horft til ársins 2015 er Ísland í

Mynd 1. Gæði vegakerfisins meðaltal 2006-2015.

38. sæti af 140. Athugum þó að erfitt er að draga ályktanir af samanburði vegna bjögunar sem hlýst af mismunandi lýðfræðilegum og hagrænum einkennum, viðhorfum til stjórnkerfis o.fl. Í verkefninu var gerð könnun meðal starfsmanna Vegagerðarinnar og Samgöngustofu ásamt því að Samtök verslunar og þjónustu sendu könnunina til aðila sem starfa í atvinnugreinum tengdum samgöngum. Spurt var um aldur, menntun og kyn svarenda og viðhorf til ýmissa þátta. Alls bárust 71 svör en 73% svarenda telja ástand vegakerfisins mjög slæmt eða fremur slæmt en aðeins 27% telja ástand vegakerfisins vera í meðallagi eða betra. Flestir töldu að viðhald á landsbyggðinni væri brýnasti þátturinn. Þar á eftir kemur viðhald á höfuðborgarsvæðinu. Um 39% vilja meina að það halli mest á Vestfirði þegar kemur að útgjöldum til vegamála. Næst flestir, eða 33%, telja að ekki halli á neitt eitt svæði frekar en annað. Flestir eru sammála að meiri þörf sé á fjárveitingu til vegamála, eða um 93%.



Mynd 2. Niðurstöður viðhorfskönnunar meðal fyrirtækja og stjórnsýslustofnana.



1.1 Útgjöld hins opinbera til vegamála – alþjóðlegur samanburður

Á myndum á næstu síðu má sjá samanburð á heildarútgjöldum til vega á Íslandi á við önnur lönd. Skoðuð eru útgjöld hins opinbera þ.e. bæði ríkis og sveitarfélaga af vef Hagstofu Íslands og sú samtala borin saman við heimildir Alþjóða Samgöngustofnunarinnar um fjárveitingar í öðrum löndum.

Ef borin eru saman útgjöld Íslands við útgjöld Norðurlanda má sjá að þau eru að meðaltali hærri hér á landi, bæði sem hlutfall af landsframleiðslu og á hverja milljón ekna kílómetra.:

- **Hlutfall af landsframleiðslu (1 og 2 á mynd 3):** Á Íslandi hafa fjárveitingar hins opinbera þ.e. ríkis og sveitarfélaga til vegamála að meðaltali verið um 2,5% af VLF frá 1998 skv. heimildum Hagstofu. Árið 2014 voru þær hins vegar einungis 1,7% af landsframleiðslu. Ef útgjöld ríkisins eru aðgreind frá þessari tölu má sjá að:

- Viðhaldsútgjöld ríkisins hafa numið 0,65% af landsframleiðslu á árunum 1990 – 2015 skv. skýrslum ráðherra um framkvæmd samgönguáætlunar.
- Fjárfesting ríkisins hefur verið sveiflukennd sem hlutfall af landsframleiðslu. Að meðaltali var fjárfesting ríkisins 0,73% árin 1990 - 2015. Fjárfesting nær hámarki árið 2008 en þá nam hún 1,47% af landsframleiðslu

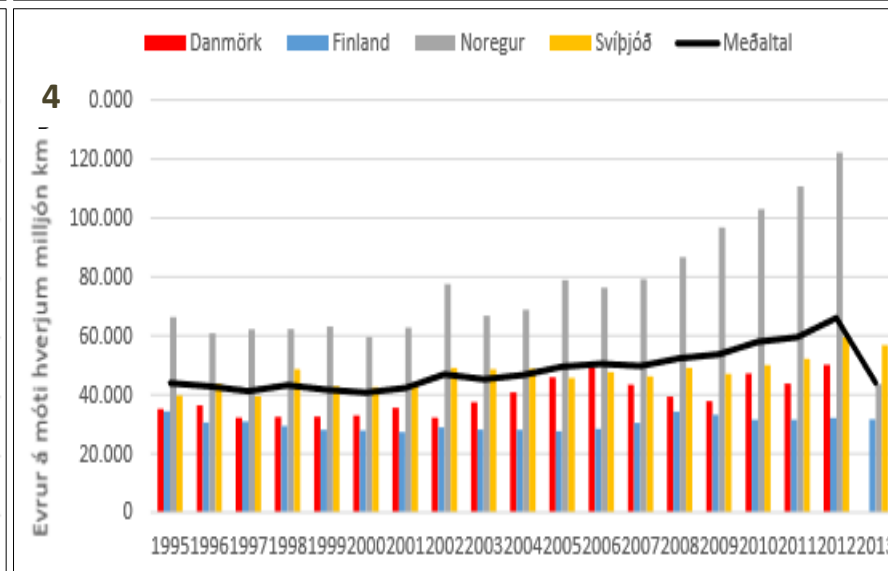
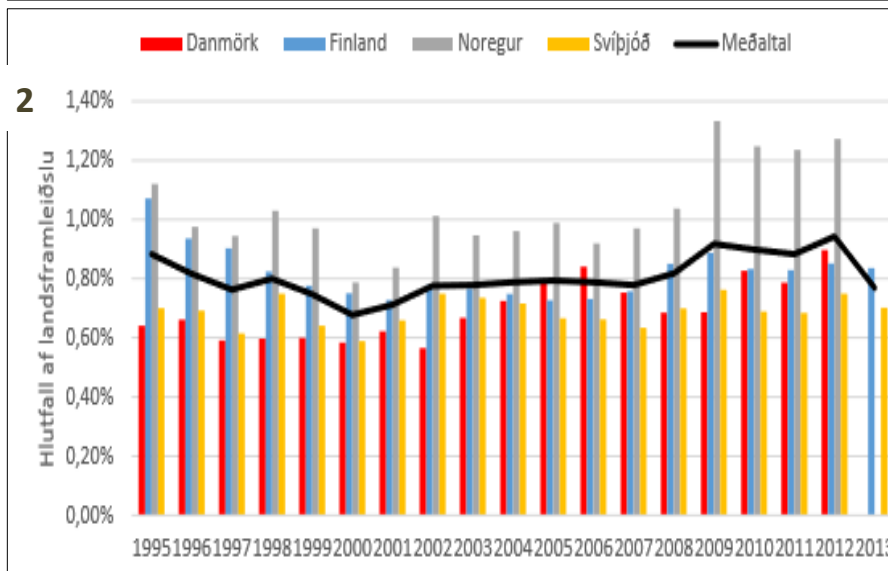
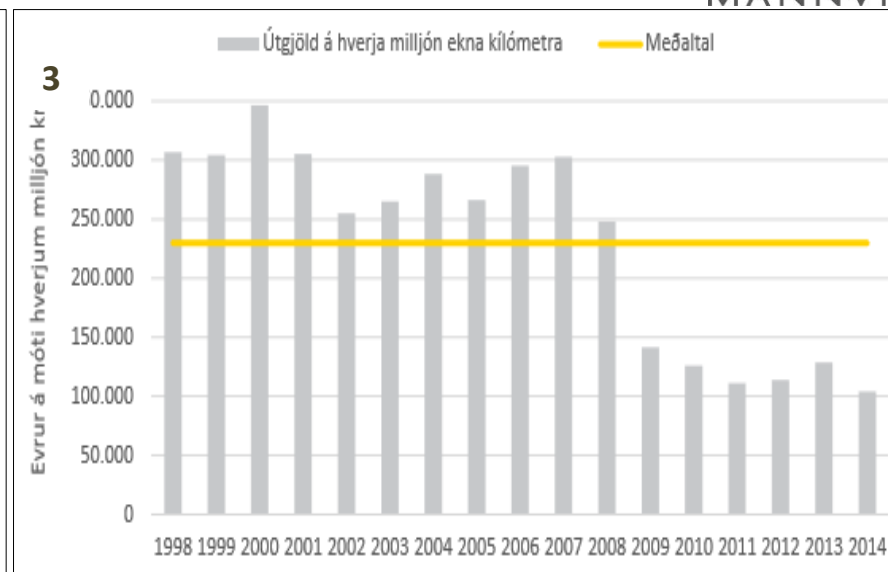
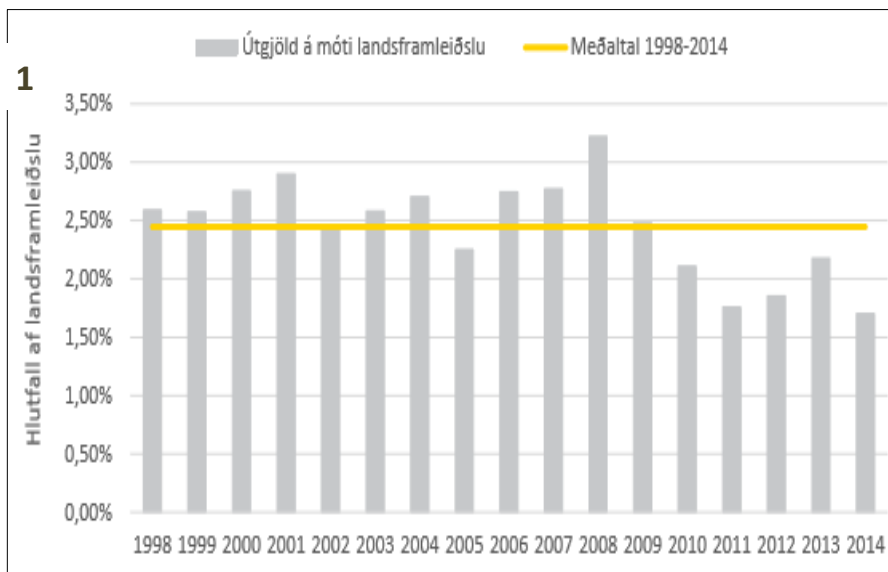
Á Norðurlöndunum hafa útgjöld hins opinbera að meðaltali verið um 0,8% af landsframleiðslu þeirra á árunum 1998-2013. Þar er Noregur með hvað mest útgjöld eða að meðaltali 1% af landsframleiðslu.

- **Á hverja milljón ekna kílómetra (3 og 4 á mynd 4):** Sé horft til sömu stærða í hlutfalli við fjölda ekinna kílómetra hafa fjárveitingar hins opinbera á Íslandi að meðaltali verið um 230.000 evrur á hverja milljón ekna kílómetra á árunum 1998-2014. Mest eru útgjöldin árið 2000 eða um 350.000 evrur en lægst eru þau árið 2014 eða um 100.000 evrur.

Á Norðurlöndunum námu útgjöldin að meðaltali um 50.000 evrur á árunum 1998 - 2013 á föstu verðlagi ársins 2015. Samkvæmt hlutfallinu er Noregur með hæstu útgjöldin að meðaltali af Norðurlöndunum, eða um 75.000 evrur pr. milljón ekna kílómetra.

Miðað við tímabilið sem rýnt er í hér að ofan eru fjárveitingar til vegamála minni en áður. Á meðan hefur umferðarþungi á vegum landsins aukist mikið m.a. með auknum ferðamannastraumi.

Athugum hins vegar að hér er eingöngu verið að horfa til útgjalda hins opinbera til vegamála (e. road transport). Í samanburðarlöndunum eru áherslurnar um margt öðruvísi þar sem mun meiri fjármunum er veitt í almenningsamgöngur en hér tíðkast. Slíkt gæti því skekkt samanburðinn eitthvað. Þá eru mismunandi uppgjörsaðferðir milli landa og ólíkar skilgreiningar á viðhaldi og fjárfestingu. Tölurnar ber að skoða með þeim fyrirvara.



Mynd 3. Alþjóðlegur samanburður – fjárveitingar ríkis og sveitarfélaga.



2. Framleiðni og vegakerfi

Þrátt fyrir almenna skoðun þess efnis að líklega þurfi að verja meira fé til viðhalds og stækkunar vegakerfisins er lítið vitað hver þörfin er í raun og veru.

Kernohan og Rognilen sýndu árið 2011 fram á að uppbygging vegasamgangna getur skapað ávinning í gegnum eftirfarandi ferli (Lindfors, 2014):

- **Áhrif á þéttbýli:** Svo lengi sem fyrirtæki reiða sig á einhvers konar flutningsþjónustu hafa fjárfestingar til vegamála bein áhrif á kostnað og framleiðni þeirra. Bætt aðgengi og lækkun flutningskostnaðar getur leitt til þess að fyrirtæki flytji sig nær birgjum sínum og njóti þar með lægri innkaupa- og afgreiðslukostnaðar. Þéttbýlismyndun getur aukið samskipti milli rekstraraðila og stuðlað að yfirfærslu þekkingar sem leiðir af sér aukna framleiðni.
- **Áhrif á framþróun byggðarlaga, til dæmis landsbyggð:** Við aukið aðgengi geta fyrirtæki aukið samkeppnishæfni sína og þar með aukið viðskipti sín á nærliggjandi svæðum. Með því eykst aðdráttarafli fólks að svæðinu og framboð og eftirspurn eftir vinnuafli. Niðurstaða þess ferlis felur í sér aukna þéttbýlismyndun og ásókn á svæðið sem getur einnig aukið sérhæfingu og ýtt undir stærðarhagkvæmni og framleiðni.

Efnahagslegum áhrifum af útgjöldum til vegasamgangna er yfirleitt skipt upp í skammtíma- og langtímaáhrif(Lindfors, 2014):

- **Skammtíma margföldunaráhrif:** Margföldunaráhrif stórra fjárfestinga eru yfirleitt mjög mikil hvað varðar tekju- og framleiðniaukningu einstaklinga til skemmri tíma. Þannig horfa sveitarfélög sérstaklega á skammtímaáhrif og svæðisbundin áhrif að því leyti. Þeir sem verða fyrir áhrifum af breytingu á landsvæðum eru fyrst og fremst þeir sem búa í grennd við endurbættar vegasamgöngur.
- **Svæðisbundin langtímaáhrif á efnahagsþróun:** Breytingar á efnahagsþróun vegna bættra vegasamgangna. Horft er á hvaða áhrif bættir vegir hafa á mörkuðum til lengri tíma litið. Svæðisbundnum áhrifum á efnahagsþróun er iðulega skipt upp á eftirfarandi hátt:
 - Áhrif er varða hagkerfið í heild til að mynda framleiðslu og samkeppni, framboð vöru og þjónustu, virðisauka, tekjur og atvinnuþátttöku.
 - Áhrif er varða tiltekna efnahagslega þróun líkt og framleiðni, fjárfestingar, virðishækkun eigna og ríkisfjármál bæði er varða opinberar tekjur og gjöld.

2.1 Rannsóknin – tengsl framleiðni og útgjalda til vegakerfis á Íslandi

Til að kanna hagræn áhrif fjárveitinga til vegakerfisins er leitast við að varpa ljósi á *tölfræðilegt samband milli viðhaldsútgjalda til vegakerfisins, nýfjárfestinga og langtíma-framleiðniaukningar í hagkerfinu sem er ein forsenda hagvaxtar*. Framleiðniaukningin er afleiðing þeirrar þjónustu sem vegakerfið veitir samfélaginu. Vegakerfið má þannig hugsa sem einn framleiðsluþátt og framleiðsla þess samgöngur milli staða, sem er svo aðfang í aðra framleiðslu.

Það eru ekki til ýkja margar rannsóknir sem kanna hagræn áhrif útgjalda til vegasamgangna. Líkanið sem nýtt var í verkefninu - líkan Fernald's (1999) - er ein af fáum rannsóknum á þessu sviði og fékk birtingu í American Economic Review á sínum tíma. Það er nýtílegt til aðstoðar við að kanna hvort fjárveitingar til vegakerfisins hafi áhrif á framleiðni þegar til lengri tíma er litið. **Líkanið var kvarðað með gögnum um útgjöld til vegamála úr skýrslum samgönguráðherra aftur frá árinu 1964** og upplýsingum frá Hagstofu um hlutdeild fjármuna og vinnuafli í landsframleiðslu m.a. Í stuttu máli er



atvinnugreinum hagkerfisins skipt í tvennt, annars vegar greinar sem reiða sig á vegakerfi og hins vegar þær sem gera það ekki. Í líkaninu er fyrst hugað að framleiðsluákvörðunum fyrirtækja sem reiða sig mikið á vegakerfi við sína framleiðslu. Fjármunamyndun (K) og breytingar í fjölda starfandi (L) eru nýttar sem nálgunarbreytur og kannað hvort, og þá hversu mikið, þær skýra framleiðnibreytingar af þeim fjárveitingum sem fara til vegakerfisins á ári hverju. Hér verður uppbygging líkansins ekki frekar reifuð heldur einblínt á niðurstöðurnar. Sjá má meiri umfjöllun um líkanið í viðauka.

Til að svara því hvort að samband framleiðni og útgjalda til vegakerfis sé marktækt er notast við aðferðafræði margvíðar aðhvarfsgreiningar. Í töflunni má finna gildi fyrir breytur sem teknar voru til skoðunar en framkvæmdar voru fimm aðhvarfsgreiningar og er hér hverri og einni gerð skil.

Tafla 1. Líkan Fernald's – tengsl framleiðniaukningar og útgjalda til vegabóta á Íslandi.

Breytur	Líkan (1.1)	Líkan (1.2)	Líkan (1.3)	Líkan (1.4)	Líkan(1.5)
Fasti	-0,15 (0,004)***	-0,15 (0,004)***	-0,15 (0,004)***	-0,15 (0,004)***	-0,15 (0,004)***
Heildarfjárveitingar F(t)	0,05 (0,03)*	0,04 (0,04)	0,05 (0,03)	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)
Heildarfjárveitingar F(t) ²		0,02 (0,06)		0,03 (0,08)	0,03 (0,08)
Viðhaldsútgjöld V(t)	0,11 (0,04)***	0,09 (0,04)**	0,11 (0,11)**	0,11 (0,05)**	0,10 (0,05)*
Viðhaldsútgjöld V(t) ²			-0,01 (0,08)	-0,03 (0,10)	-0,07 (0,12)
Viðhaldsútgjöld V(t) ³					0,15 (0,28)
Lengd vegakerfis X(t)	0,85 (0,67)	0,91 (0,71)	0,82 (0,70)	0,89 (0,72)	0,80 (0,75)
Lengd vegakerfis X(t) ²	1,86 (35,05)	-2,45 (37,98)	3,18 (37,78)	-0,29 (38,90)	4,99 (40,58)
Vinnuafli L(t)	-0,28 (0,15)*	-0,27 (0,16)*	0,28 (0,16)*	-0,26 (0,16)	-0,26 (0,16)
Fjöldi ökutækja B(t)	-0,30 (0,11)*	-0,31 (0,12)**	-0,30 (0,11)**	-0,32 (0,12)**	-0,32 (0,01)**
R2-adj	0,35	0,34	0,34	0,32	0,31
D-W	0,99	1,03	0,99	1,04	1,06

Líkanið gefur niðurstöður á teygniformi og líkanið metur teygnistuðulinn sem 0,04-0,05 þ.e. að aukning útgjalda til íslenska vegakerfisins um 1% af landsframleiðslu skili framleiðniaukningu upp á 4-5% þegar öllum öðrum breytum er haldið föstum og gæti haft áhrif á hagvöxt. Þar sem bæði stuðlar F(t) og V(t) eru marktækt jákvæðir leiðir það í ljós að *heildarfjárveitingar og viðhaldsútgjöld til vegakerfisins gætu hafa stuðlað að minni framleiðniaukningu á undanförunum árum*. Þetta hefur verið niðurstaða fleiri verkefna en í töflunni að neðan má sjá niðurstöður safngreiningar á svipuðum líkanakeyrlum í hagrannsóknunum í Evrópu en í Evrópu hefur stuðullinn verið metinn 0,04 en hærri í Bandaríkjunum.

Tafla 2. Tengsl framleiðni og útgjalda til vegainnviða – safngreining.

Lönd	Fjöldi rannsókna	Framleiðsluteygni	
Landssvæði	Evrópa	177	0.039
	Önnur lönd	34	0.083
	Bandaríkin	352	0.069

Niðurstöður aðhvarfsgreiningarinnar gefa til kynna að fjárveitingar til vegakerfisins hafi marktæk áhrif á framleiðni og þá hagvöxt. Það gæti haft neikvæð áhrif á framleiðniaukningu og hagvöxt að láta fjárfestingar sitja á hakanum líkt og hefur verið hefur undanfarin ár. Í því samhengi er vert að benda á að heildarfjárveitingar til vegakerfisins hafa aldrei verið lægri en síðustu fimm ár, mælt sem hlutfall af landsframleiðslu.



3. Ályktanir

Niðurskurður útgjalda til viðhalds á vegum mun leiða af sér stórlega aukinn kostnað í framtíðinni. Miðað við þær áætlanir sem gerðar voru fyrir tveimur árum má gera ráð fyrir að vegir sem standast ekki þjónustustig fari úr um 2.000 km árið 2013 í rúmlega 3.000 km árið 2017. Ef fram fer sem horfir mun því um 58% af öllu bundnu slitlagi vega hér á landi ekki standast viðhaldskröfur.

Þrátt fyrir niðurstöður verkefnisins er ljóst að auknir fjármunir til vegakerfisins einir og sér ekki ýta undir aukinn hagvöxt. Oft er það svo að stjórnvöld skortir fjármagn til að fjármagna öll þau verkefni sem þörf er á varðandi vegakerfið. Því þarf aukið utanumhald og nánari rýni í hvar fjárþörfin er brýnust. Að því sögðu hvetur höfundur stjórnvöld til að rýna nánar í þá fjárveitingaþörf sem núverandi vegakerfi stendur frammi fyrir svo mögulegt sé að minnka neikvæð áhrif í framtíðinni. Bætt utanumhald er megin undirstaða þess þar sem greina þarf hvar vegaframkvæmda er þörf og að fjármunum sé útdeilt á skilvirkan hátt. Mikilvægt er að umræða skapist um áhrif þess, til lengri tíma, að sinna ekki viðhaldi. Þar er vert að bæta mælikvörðum eignastýringar á virði vegakerfisins þar á meðal öll lög veghlots, ræsi, ristarliðar, skilti, brýr, jarðgöng, land, vegmerkingar og annað en það bætir utanumhald og styður ákvarðanatöku varðandi útgjöld til vegamála.

Samkvæmt samgönguráðuneytum víða um heim skal taka tillit til þriggja þátta efnahagslegra áhrifa þegar meta á hagrænt virði vegabóta (Lindfors, 2014):

- *Meta þarf hagkvæmni vegabóta fyrir landið í heild með kostnaðar-/ábatagreiningu og horfa til þátta líkt og ferðakostnaðar, slysa, hávaðamengunar, loftmengunar og fleira í samanburði við kostnað framkvæmda..*
- *Meta verður áhrif á hagvöxt eða framleiðni*
- *Gera þarf úttektir á staðbundnum og svæðisbundnum áhrifum sem rúmast ekki innan kostnaðar-/ábatagreiningar.*

Kostnaðar-/ábatagreining miðar að því að skoða heilstætt ábata og kostnað þjóðar af ráðstöfun skattfjár til vegamannvirkja, en þannig er horft framhjá svæðisbundnum áhrifum. Þó kemur oft upp sú krafa að öll áhrif sem endurbætur á vegasamgöngum kunna að hafa fyrir tiltekin svæði séu metin t.d. umhverfis- og félagsleg áhrif sem ekki rúmast innan kostnaðar-/ábatagreiningar. Með bættu utanumhaldi má hugsa, skipuleggja og starfa á grundvelli langtímaákvæðanna sem miða að því að hámarka afköst þess fjármagns sem úthlutað er til vegamála hverju sinni.



MANNVIT

4. Viðauki

Sjá næstu síðu.



2017

MS ritgerð
Fjármálahagfræði

Að viðhalda virði vegakerfisins
Hagræn sjónarmið

Þorsteinn Helgi Valsson

Þórólfur Matthíasson

Hagfræðideild

Janúar 2017



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Að viðhalda virði vegakerfisins

Hagræn sjónarmið

Þorsteinn Helgi Valsson

Lokaverkefni til MS gráðu í hagfræði

Leiðbeinandi: Þórólfur Matthíasson

Hagfræðideild

Félagsvísindasvið Háskóla Íslands

Janúar 2017

Að viðhalda virði vegakerfisins

Ritgerð þessi er 30 eininga lokaverkefni til MS prófs við Hagfræðideild,
Félagsvísindasvið Háskóla Íslands.

© 2017 Þorsteinn Helgi Valsson

Ritgerðina má ekki afrita nema með leyfi höfundar.

Prentun: Háskólaprent

Reykjavík, 2017

Formáli

Ritgerð þessi er unnin sem verkefni fyrir Mannvit verkfræðistofu og er lögð fram sem lokaverkefni til meistaraþrófs í fjármálahagfræði við Háskóla Íslands. Hún gildir til 30 ECTS-eininga. Leiðbeinandi ritgerðarinnar er Þórólfur Matthíasson, doktor í hagfræði við Háskóla Íslands.

Ég vil koma fram þökkum til Mannvits fyrir að veita mér tækifæri og aðstöðu við vinnslu verkefnisins. Þá vil ég sérstaklega þakka Vilhjálmi Hilmarssyni og Árna Frey Stefánssyni, starfsmönnum Mannvits og verkefnastjórum verkefnisins, fyrir ráðgjöf á meðan verkefninu stóð. Án þeirra hefði það ekki orðið að veruleika. Þá vil ég koma fram þökkum til Etnu Sigurðardóttur, starfsmanns Vegagerðarinnar, fyrir hjálpssemi hennar við útvegungagna við mat á útgjöldum til vegasamgangna undanfarin ár. Einnig vil ég þakka Samtökum verslunar og þjónustu sem hjálpuðu til við að koma út spurningakönnun við vinnslu ritgerðarinnar. Að lokum vil ég þakka Hallgrími Oddssyni og Ásdísi Ólafsdóttur fyrir yfirlestur og góðar ábendingar.

Útdráttur

- Markmið verkefnisins er að svara því hvort óbeinn kostnaður sem fylgir löku viðhaldi vegakerfisins vegi meira en sá sparnaður sem hlýst af að skera viðhald niður.
- Í upphafi verkefnisins er farið yfir þróun íslenska vegakerfisins á bílaöld og gæði þess í alþjóðlegum samanburði. Því næst er litið á hvernig staðið hefur verið að fjárúthlutunum til vegamála undanfarin ár.
- Undanfarin ár hafa fjárveitingar til viðhalds og nýbygginga vega verið mun minni en árin og áratugina á undan. Traustar og öflugar vegasamgöngur eru tvímælalaust ein stoð í nútímasamfélagi. Þannig eru góðar vegasamgöngur eitt af því sem setur mark sitt á þróuð hagkerfi í dag. Minnkandi fjárveitingar hafa ýtt undir vantrú á kerfið, ef marka má skoðanakannanir, þar sem einstaklingar telja að meira fjármagni ætti að vera varið til vegakerfisins. Því þykir líklegt að uppsöfnuð viðhaldspörf sé til staðar og slíkt geti jafnvel staðið hagvexti og velsæld fyrir þrifum til lengri tíma.
- Þrátt fyrir almenna skoðun þess efnis að líklega þurfi að verja meira fé til viðhalds og stækkunar vegakerfisins er lítið vitað hver þörfin er í raun og veru. Íslenska vegakerfið er nýlegt og umfangsmikið miðað við höfðatölu og notkun. Þó eru vísbendingar um að notkunin hafi stórauð á undanförunum árum vegna breytinga á flutningamynstri¹ og vegna fjölgunar ferðamanna. Á sama tíma hafa kröfur í öryggismálum orðið meiri. En hefur vegakerfinu hrakað og ef svo er, þá hversu mikið? Er skaðinn eingöngu tæknilegs eðlis eða er hann farinn að smita óbeint út frá sér með öðrum hætti? Núverandi nálgun á stjórnun vegakerfisins veitir ekki nægilega skýr svör við þessum spurningum.
- Aðferðafræði sem kölluð hefur verið eignastýringaraðferð (e. road asset management) hefur verið að ryðja sér til rúms undanfarin ár erlendis en í henni felst

¹ Minni sjóflutningar, meiri landflutningar

að virði vegakerfisins og einstakra hluta þess er metið fjárhagslega. Með innleiðingu á aðferðinni eykst yfirsýn yfir vegakerfið og öllum þeim þáttum sem spila inn í ástand þess. Aðferðin byggir á verðmati vegaeigna. Hægt er að nýta sér nokkrar aðferðir við virðismat sem allar verða kynntar í ritgerð þessari.

- Þegar sýna má fram á að unnt sé að reikna virði vegakerfisins er áhugavert að kanna umfang þeirra efnahagslegu áhrifa sem vegakerfið hefur á samfélagið. Vegakerfið samanstendur af mörgum mismunandi eignum sem allar hafa sinn líftíma og þarf að viðhalda. Sumar verða fyrir beinu álagi umferðar og aðrar ekki. Þá hafa þættir áhrif á ástand þess sem margir eru óútreiknanlegir. Vegakerfið hefur gegnt mikilvægu hlutverki í efnahagsþróun síðustu áratugi þrátt fyrir nýjar samskiptaleiðir. Næstum allir verða fyrir einhverskonar áhrifum af notkun vega, beinum og/eða óbeinum, innri og/eða ytri. Nýta má svokallaða kostnaðar- og ábatagreiningu til að verðmeta þessa þætti. Allir þessir liðir þurfa að reiknast á nettó formi, það er kostnaður að frádregnum ábata. Mat á heildarbreytingu í velferð við bættar vegasamgöngur byggir á breytingu á velferð eða notagildi einstaklinga sem vegabótin snertir. Þannig hjálpar kostnaðar- og ábatagreining stjórnvöldum að nálgast hvernig hámarka má velsæld einstaklinga.
- Þegar litið er á hagræn sjónarmið er nauðsynlegt að spyrja hvort staðið hefur verið að nauðsynlegum fjárveitingum og viðhaldi til vegasamgangna á undanförunum árum. Í því samhengi er áhugavert að kanna hvort fjárveitingar til vegamála hafi í raun áhrif á hagvöxt þegar til lengri tíma er litið. Til að svara því hvort um slíkt samband sé að ræða er notast við aðferðafræði margvíðar aðhvarfsgreiningar. Niðurstöður aðhvarfsgreiningarinnar gefa til kynna að fjárveitingar til vegakerfisins hafa marktæk áhrif á hagvöxt. Samkvæmt tilgátum hefur vegakerfið því verið vanfjármagnað undanfarin ár. Í því samhengi er vert að benda á að heildarfjárveitingar til vegakerfisins hafa aldrei verið lægri en síðustu fimm ár, mælt sem hlutfall af landsframleiðslu.
- Nú þegar niðurstöður gefa til kynna að vegakerfið hafi verið vanfjármagnað þarf að horfa til allra þeirra áhrifa sem kunna að verða vegna þessa, en vegakerfi geta haft víðtæk efnahagsleg áhrif. Eftirspurn eftir flutningum helst í hendur við efnahagslega

velferð fyrirtækja, heimila og einstaklinga og framboð greiðfarinna leiða hefur áhrif á samgöngukostnað sem getur verið stór hluti framleiðslukostnaðar. Samgöngubætur geta haft áhrif á efnahagsþróun, til að mynda tekjur, atvinnu, samkeppnishæfni, atvinnurekstur, virði eigna, skatttekjur og fleira. Hins vegar er erfitt að meta verðmæti þessara þátta. Þrátt fyrir það er mikilvægt að horfa til þeirra þegar meta á áhrif vegabóta.

Abstract

„Good roads, canals, and navigable rivers, by diminishing the expense of carriage, put the remote parts of the country more nearly upon a level with those in the neighboring town. They are upon that account the greatest of all improvements. “

Adam Smith, 1776

- The thesis aims to answer whether indirect costs which follows poor road network maintenance outweighs the savings incurred from cutting down maintenance.
- Initially, the thesis will cover the development of the Icelandic road network and how members who work in the transport sector evaluate the quality of the network by international standards. Then it looks at financial allocations to road construction in recent years.
- In recent years, significantly less has been investment for maintenance and new construction of roads than the years and decades before. Reliable and powerful road transport are undoubtedly the pillars of modern society. Thus, good road transport is one of the things that sets its mark on the developed economies today. Shrinking budgets has fueled distrust in the system in which individuals believe that more resources should be devoted to the road network. It is therefore likely that the accumulated need for maintenance is in place and this may well hinder economic growth and prosperity for clearing long term.
- Despite the general opinion that there likely is need to allocate more funds for maintenance and expansion of the road network, the extent of this need is unknown. The Icelandic road network is fairly recent compared to other western countries and extensive per capita and use. However, there are signs that the usage has increased dramatically in recent years due to changes in transport patterns and as a result of increasing tourism. Meanwhile, security requirements become greater. But has the road network degraded, and if so, how much? Is the damage purely technical or has it infected other sectors indirectly? The current approach to

the management of road network does not provide sufficient information regarding that manner.

- So called road asset management has been emerging in recent years, meaning that the value of the road network is evaluated financially. Implementation of the method increases insight of the road network and all the factors that play a role in its situation. There are several methods that can be used to evaluate road networks that will be presented in this thesis.
- After demonstrating that it is possible to calculate the value of the road network, it is interesting to explore the extent of the economic impacts that a road network has on society. The road network consists of many different assets that all have different lifetime. Some get affected directly and some not. Moreover, many of the factors that influence the state are unpredictable. The road network has had an important role in Iceland's economic development in recent decades despite new ways of communication. Almost all individuals are exposed to the use of roads, directly or indirectly, internal or external. Cost benefit analysis can be used to evaluate these factors. All these factors need to be calculated on net form, that is cost less benefit. Evaluation of overall change in the welfare of better roads is the change in welfare or utility of individuals the road has effect on. Therefore, cost benefit analysis helps governments to calculate how to maximize the prosperity of individuals.
- Looking at the economic viability, it is necessary to ask whether, in recent years, investment and maintenance has been good enough for road networks. In this context it is interesting to ask whether budgets for road networks have actual affects on long term economic growth. To answer the question whether such relationship exists, multivariate regression is used. Result of the regression indicate that funding for road networks has significant effect on economic growth. Therefore, funding for the road network has been underfunded in recent years. In that manner, it is necessary to point out that funding for the road network has never been lower than the last five years, measured as a percentage of GDP.

- Improvements of road conditions often tend to lead to large economic impacts. It is necessary to take these impacts into account. When examining improvements of road networks around the world it can be shown that better roads leads to better access, industrial activity and regional development and more. That said, it is often difficult to evaluate the economic value of these factors.

Efnisyfirlit

Formáli	4
Útdráttur	5
Abstract.....	8
Efnisyfirlit	11
Myndaskrá	13
Töfluskrá.....	14
1 Inngangur.....	15
2 Íslenska vegakerfið - sagan og alþjóðlegur samanburður	17
2.1 Þróun íslenska vegakerfisins	18
2.2 Gæði vegakerfisins	20
2.2.1 Viðhorfskönnun á Íslandi	21
2.3 Fjármögnun og fjárveitingar.....	24
2.3.1 Fjárveitingar á Íslandi og Norðurlöndunum.....	25
2.3.2 Viðhaldskostnaður	28
2.3.3 Fjárfesting	30
2.4 Aukin notkun vegakerfisins	32
3 Virði vegakerfisins.....	34
3.1 Virðismat vegakerfisins	34
3.1.1 Endurstofnvirði (e. Current replacement cost).....	35
3.1.2 Bókfært virði (e. Historical cost)	35
3.1.3 Hagrænt virði (e. Economic value).....	36
3.1.4 Markaðsvirði	36
3.2 Afskriftir gegnum líftíma	36
4 Hagræn áhrif samgöngumannvirkja	43
4.1 Hagræn áhrif vegasamgangna.....	44

4.2	Líkan Fernalds.....	48
4.2.1	Uppbygging líkans	48
4.2.2	Beiting aðferðafræðinnar	52
5	Samandregnar niðurstöður	60
6	Ályktanir.....	65
7	Umræða.....	69
8	Niðurlag	75
	Heimildaskrá	78
	Viðauki II Aðferðafræði við rannsóknir	82
	Viðauki II Samband hagvaxtar og fjárveitinga til vegamála.....	92
	Viðauki III Slysaskráningar.....	93

Myndaskrá

Mynd 1 Heildarlengd þjóðvegakerfisins og lengd bundins slitlags á þjóðvegum 1920 - 2015.....	19
Mynd 2 Gæði vegakerfisins	21
Mynd 3 Útgjöld hins opinbera til vegamála sem hlutfall af landsframleiðslu.....	25
Mynd 4 Útgjöld hins opinbera á móti hverjum eknum kílómetrum (Verðlag 2015)	26
Mynd 5 Útgjöld Norðurlandanna á móti landsframleiðslu	26
Mynd 6 Útgjöld Norðurlandanna á móti hverjum milljón eknum kílómetrum (Verðlag 2015).....	27
Mynd 7 Viðhald á Íslandi sem hlutfall af landsframleiðslu.....	29
Mynd 8 Viðhald á Íslandi á hverja milljón ekna kílómetra (Verðlag 2015)	29
Mynd 9 Fjárfesting á Íslandi sem hlutfall af landsframleiðslu	31
Mynd 10 Fjárfesting á Íslandi á hverja milljón ekna kílómetra (Verðlag 2015).....	31
Mynd 11 Líftími og líftímastjórnun eigna	37
Mynd 12 Líftími eignar þegar tekið er tillit til reglulegs viðhalds.....	38
Mynd 13 Afskriftaraðferðir	40
Mynd 14 Lækkun ferðakostnaðar án ytri áhrifa	46
Mynd 15 Lækkun ferðakostnaðar með ytri áhrifaþáttum.....	47
Mynd 16 Líkan endurstofnvirðis	61
Mynd 17 Dæmi um línuleg og ólínuleg sambönd.....	87
Mynd 18 Samband milli hagvaxtar og fjárveitinga til vegamála	92

Töfluskrá

Tafla 1 Spurningakönnun til fyrirtækja	23
Tafla 2 Líftími eigna.....	41
Tafla 3 Áhrif heildarfjárveitinga og viðhaldsútgjalda til vegakerfisins á s(t)	56
Tafla 4 Bráðabirgðaútreikningar á endurstofnvirði vegakerfisins.....	62
Tafla 5 Fjöldi látinna og slasaðra í umferðaslysum að meðaltali 1975-2015	69
Tafla 6 Loftmengun á landfræðilegan mælikvarða	72
Tafla 7 Árdagsumferð um Lyngdalsheiði	76
Tafla 8 Mistök af gerð I og II	83
Tafla 9 Fylgnistuðlar.....	85
Tafla 10 Durbin Watson	91
Tafla 11 Slysátölur innan Evrópusambandsins 1991-2014.....	93
Tafla 12 Meðaltal dauðsfalla og slysa innan Evrópusambandsins 1991-2014.....	93
Tafla 13 Slysátölur á Íslandi 1975-2015	94

1 Inngangur

Í samgönguáætlun 2015 - 2026 kemur fram:

Gott og skilvirkt samgöngukerfi tryggir aðgengi að nauðsynlegri þjónustu og flutningum innan og á milli svæða, sinnir þörfum atvinnulífsins, byggðarlaga og samfélagsins alls. Almennt sýna rannsóknir að hreyfanleiki og aðgengi skipta sköpum við val á búsetu, atvinnu, menntun og afþreyingu, ekki síst í byggðum sem fjærst eru höfuðborgarsvæðinu.

Heimild: (þingskjal nr. 1341/2014-2015).

Samgönguáætlun skilgreinir grunnnet samgangna sem helstu hafnir, flugvelli og stofnvegi (þingskjal nr. 1341/2014-2015). Um árabíl hefur vegakerfið og ástand þess verið í brennidepli hér á landi, jafnt á vettvangi stjórnmalanna, fræðimanna og almennings. Fjárveitingar til vegamála hafa verið lágar undanfarin ár í sögulegum samanburði og því þykir líklegt að uppsöfnuð fjárveitingaþörf til vegakerfisins sé til staðar og slíkt geti jafnvel staðið hagvexti og velsæld fyrir þrifum til lengri tíma.

Vegir og það sem þeim fylgir eru ein af verðmætustu eignum þjóðarbúsins. Þá er uppbygging vegakerfisins ekki aðeins dýr þar sem viðeigandi eftirlit og viðhald getur kallað á talsverða fjármuni. Íslenskar aðstæður eru um margt sérstakar þar sem nokkur landsvæði eru meira þurfandi en önnur hvað vegaútbætur varða. Þá er einnig mikið álag á vegakerfi landsins sökum notkunar nagladekkja, snjómoksturs, veðrunar og fleira. Það veldur því að viðhaldsþörf hér á landi er oft á tíðum meiri en þekkist meðal Vesturlanda. Svo auka megi utanumhald varðandi ástand kerfisins verður að meta hversu mikils virði vegir eru fyrir samfélagið. Eitt af markmiðum verkefnisins verður því að svara eftirfarandi rannsóknarspurningu:

- Hvernig er unnt að meta virði þjóðvegakerfisins?

Spurningin er veigamikil og þá er mögulegt að nýta sér nokkra mælikvarða við mat á virði vegakerfa. Víða erlendis hefur orðið vitundarvakning þess efnis að bætt utanumhald auki yfirsýn og ákvörðunartöku stjórnvalda hvað varðar ástand og nauðsynlega fjárveitingu til vegakerfisins. Í því samhengi hefur eignastýring vegakerfisins hlotið mikinn

hljómgrunn sem felur í sér að vegir séu meðhöndlaðir líkt og hver önnur fjárfesting, það er að virði þeirra sé fært í efnahagsreikning og afskrifað eftir fyrirfram ákveðnum reglum.

Afskriftir eru ferli sem dreifa kostnaði yfir líftíma eigna með það að markmiði að jafna og dreifa gjöldum yfir tiltekinn líftíma. Því þarf að vega og meta ástand vegakerfisins hverju sinni svo nálgast megi ásættanlegt fjárveitingastig. Í stuttu máli sagt er eignastýring aðferðafræði sem gerir það kleift að hámarka möguleg nyt af eignum. Eignastýring getur verið mismunandi eftir löndum en með aðferðinni er hægt að meta hvers virði vegir eru. Þá mælir OECD með því að eftirfarandi virðismælikvarðar séu nýttir (OECD, 2001):

- Bókfært virði (e. historical cost).
- Endurstofnvirði (e. current replacement cost).
- Hagrænt virði (e. economic value).

Þegar virði vegakerfisins fæst er mögulegt að spyrja sig:

- Hvaða þýðingu myndi það hafa ef þjóðvegir væru hluti af efnahagsreikningi ríkisins en ekki á kostnaðarhlið rekstrarreiknings líkt og nú tíðkast?

Ef vegir verða meðhöndlaðir líkt og um hverja aðra eign væri að ræða er áhugavert að skoða hvaða þýðingu það myndi hafa fyrir markmiðasetningu og ákvarðanatöku fyrir stjórnvöld. Fjárhagslegur mælikvarði á virði eigna er mjög skýr og þar með gæti fengist greinarbetri mynd á raunverulegri viðhaldspörf hverju sinni (OECD, 2001). Með bættu utanumhaldi og aukinni yfirsýn er möguleiki að svara:

- Hefur vegakerfið verið vanfjármagnað og ekki fjárfest í eðlilegu viðhaldi?

Þá er mikilvægt að umræða skapist um áhrif þess, til lengri tíma, að sinna ekki viðhaldi. Þar er vert að horfa til þátta líkt og ferðakostnaðar, slysa, hávaðamengunar, loftmengunar og fleira. Til stuðnings við fyrri rannsóknaspurningar er þar af leiðandi ákjósanlegt að kanna hagræn áhrif þess að vanrækja viðhald og nýfjárfestingu. Það er bæði innri og ytri áhrif.

Gera má ráð fyrir að niðurstöður verkefnisins muni nýtast aðilum innan Vegagerðarinnar, embættismönnum hins opinbera og ráðgjöfum þeirra. Til að svara spurningunum sem settar hafa verið fram skal fyrst litið yfir sögu íslenska vegakerfisins, frampróun þess og hvernig staðið hefur verið að fjárveitingum undanfarin ár.

2 Íslenska vegakerfið - sagan og alþjóðlegur samanburður

„Eftir það ríður Sámur ofan eftir dal og kvaddi búa til þingreiðar með sér. Hrafnkell sendi þá menn ofan eftir Jökulsdal og kveður upp menn. Með þennan flokk ríður hann austur yfir Fljótsdalsheiði, suður úr Fljótsdal eru sautján dagleiðir á þingvöllinn.“

Leiðin til Þingvalla – Hrafnkels saga Freysgoða²

Íslendingar hafa frá örófi alda ferðast um land sitt þvert og endilangt en götur og stígar mynduðust allt frá fyrstu fótatíð manna og búfénaðar. Sumar þeirra eru horfnar en á þeim hartnær 1.200 árum sem liðið hafa frá landnámi hafa náttúruöflin ýmist náð að afmá samgönguminjar eða þær hafa fallið í gleymsku í aldanna rás. Leiðirnar voru mislangar, allt frá því að tengja fjarlægja landshluta til tenginga bæja við nálægar verstöðvar, þingstaði, kirkjur og fjárhús. Þá má segja að allar leiðir hafa um tíma legið til og frá þingvöllum (Ferlir, e.d.).

Síðari hluta 19. aldar fóru sjósamgöngur að ryðja sér til rúms sem helsta flutningsleið. Í kjölfarið fór umfang landsamgangna minnkandi. Ástand samgangna var svo slæmt að allt þar til á fyrstu áratugum 20. aldar má segja að Ísland hafi verið nær vegalaust. Þeir vegir sem lagðir höfðu verið voru slæmir, krókóttir, brýr skorti og lítil sem engin vetrarfærð var möguleg. Það var ekki fyrr en árið 1928 sem fyrsti bíllinn komst milli Borgarness og Akureyrar. Bifreiðar voru einnig fáar á fyrri hluta 20. aldar en flestir landsmenn ferðuðust fótgangandi eða með hestum þegar um skemmri vegalengdir var að ræða. Uppbygging vegakerfisins tók kipp um seinna stríð árið 1940 og bifreiðar tóku brátt við af skipum sem aðal samgöngutæki (Axel Hall, Ásgeir Jónsson og Sveinn Agnarsson, 2002).

Tilgangur vegakerfa í dag er í meginatriðum sá sami og til forna, það er tenging fólks og atvinnuvega, en lagning nýrra vega var meginviðfangsefni í samgöngum landsins frá því hafist var handa við gerð þjóðvega á Íslandi snemma á 20. öld (Hjalti Jóhannesson og Kjartan Ólafsson, 2004). Nú þegar uppbygging vegakerfisins er langt á veg komin er líklegt að viðhalds- og endurfjárfestingaþörf verði fyrirferðameiri þegar fram líða stundir.

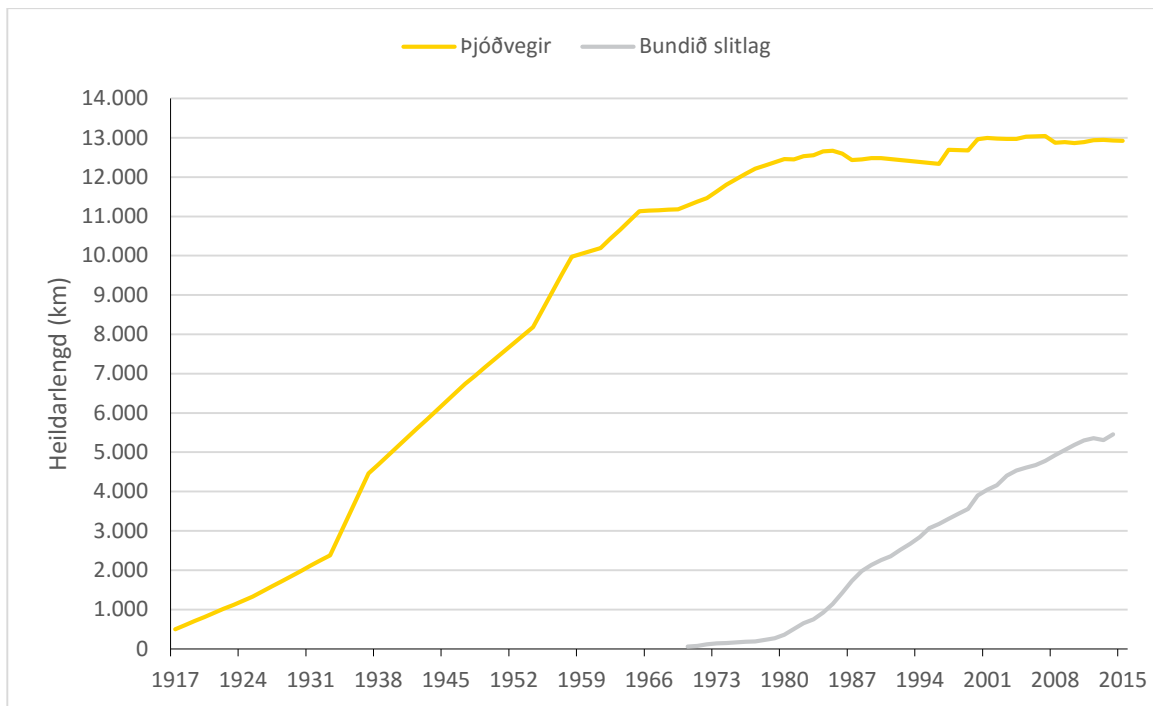
² Heimild: (Ferlir, e.d.).

2.1 Þróun íslenska vegakerfisins

Heildarvegakerfi Íslands telur nú um 13.000 kílómetra og þar af eru um 5.300 kílómetrar með bundnu slitlagi (Vegagerðin, 2013). Þjóðvegur 1 eða hringvegurinn telur um 1.332 kílómetra en hann hefur styst nokkuð hin síðari ár. Samkvæmt Vegalögum nr. 80/2007 er þjóðvegum skipað í flokka eftir eftirfarandi reglum:

- 1. Stofnvegir:** eru hluti af grunnkerfi samgangna en það er skilgreint í samgönguáætlun hverju sinni. Til stofnvega teljast vegir sem tengja saman byggðir landsins og einnig umferðamestu vegir sem tengja sveitarfélög á höfuðborgarsvæðinu. Þá teljast vegir á hálendinu sem mikilvægir eru fyrir flutninga og ferðaþjónustu einnig til stofnvega.
- 2. Tengivegir:** teljast til vega sem liggja af stofnvegi á stofnveg eða af stofnvegi á tengiveg, en þeir þurfa að vera að minnsta kosti 2 km langir. Til tengivega teljast einnig vegir sem tengja landsvegi við stofnvegi og vegir sem ná til þéttbýlisstaða með færri en 100 íbúa og tengja þá við stofnvegakerfið. Vegir að helstu flugvöllum, höfnum, þjóðgördum og að fjölsóttum ferðamannastöðum utan þéttbýlis teljast einnig til tengivega.
- 3. Héraðsvegir:** liggja að býlum, fyrirtækjum, kirkjustöðum og opinberum stofnunum sem eru utan þéttbýlis. Vegir þurfa að vera ákveðnir í staðfestu skipulagi og taldir upp í vegaskrá til að teljast til héraðsvega.
- 4. Landsvegir:** teljast til vega sem liggja yfir fjöll og heiðar sem ekki tilheyra framangreindum flokkum. Aðeins er gert ráð fyrir árstíðarbundinni umferð á þessum vegum og er minna eftirlit og þjónusta á landsvegum en á öðrum þjóðvegum.

Heimild: (Vegalög nr. 80/2007).



Mynd 1 Heildarlengd þjóðvegakerfisins og lengd bundins slitlags á þjóðvegum 1920 - 2015

Heimild: (Skýrsla samgönguráðherra um framkvæmd vegáætlunar, 1990 - 2007 og Vegagerðin, e.d.-a).

Stækkun vegakerfisins hefur farið fram í allnokkrum stökkum líkt og sjá á Mynd 1. Á hverjum tíu árum frá 1917 - 1977 bættust allt frá 86 km upp í 335 km á ári við þjóðvegakerfi landsins en með opnun vegarins um Skeiðársand árið 1974 var fyrst hægt að keyra hringinn í kringum Ísland á Þjóðvegi 1. Lagning bundins slitlags jókst til muna upp úr 1975 en á þessum árum voru einnig endurskoðaðar og bættar veglínur. Milli 1977 og 1987 bættust aðeins við um 32 km að meðaltali við þjóðvegakerfið og ekki hefur bæst mikið við á ári eftir það. Tímabilið frá 1975 til um 1990 einkenndist svo af styrkingu og endurbótum á þeim vegum sem höfður þegar verið lagðir (Hjalti Jóhannesson og Kjartan Ólafsson, 2004).

Eftir 1990 tók við endurskoðun á vegakerfinu með það að leiðarljósi að kerfið gerði fólki ekki einungis kleift að komast á milli staða heldur skyldi það tryggja að unnt væri að komast ferða sinna fljótt og örugglega. Þá var lögð áhersla á hraðari samgöngur, aukið umferðaröryggi, auknar upplýsingar til vegfarenda, bættar vegamerkingar, öruggari vetrarumferð og vegtengingar sem fælu í sér nýja möguleika (Hjalti Jóhannesson og Kjartan Ólafsson, 2004).

2.2 Gæði vegakerfisins

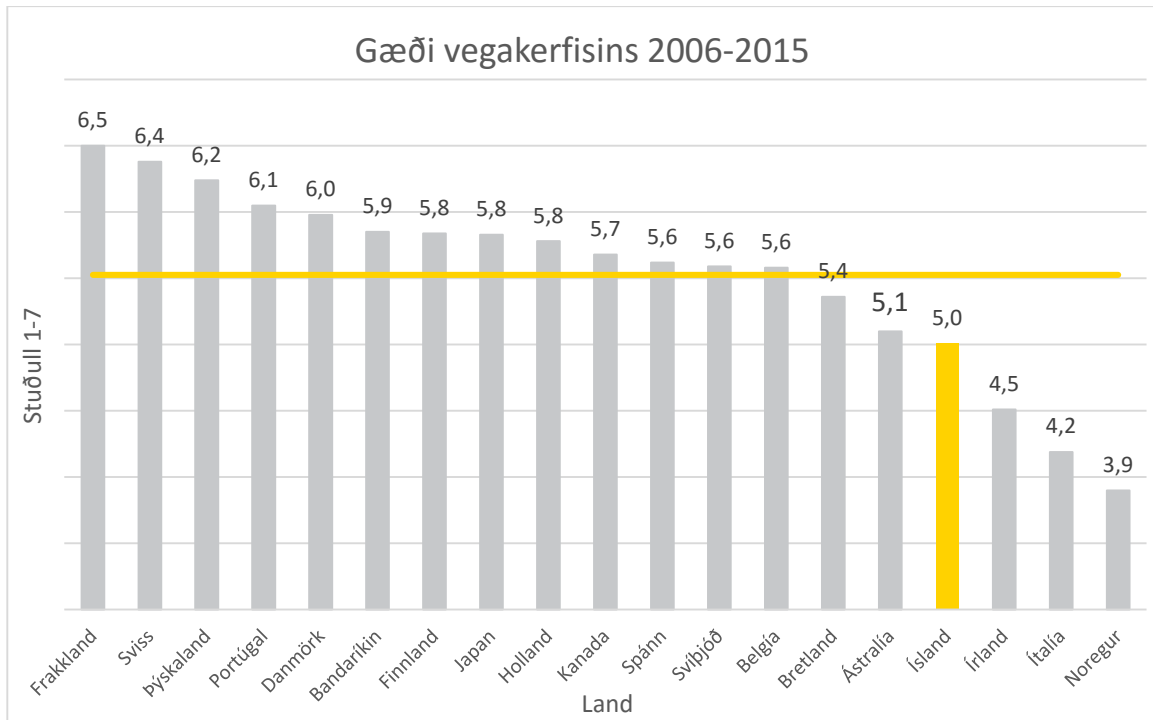
Undanfarin ár hefur stofnunin World Economic Forum (WEF) gefið út skýrslu sem fjallar um alþjóðlega samkeppnishæfni (e. Global Competitiveness Report) milli landa. Þar er safnað saman gögnum með spurningakönnunum frá 140 löndum. Nýsköpunarmiðstöð Íslands hefur hjálpað stofnuninni við að safna saman gögnum hér á landi. Fyrirtækjum er skipt upp í stór fyrirtæki og smærri fyrirtæki. Mismunandi er milli hagkerfa hvað telst til stórra og smárra fyrirtækja en WEF notast við stærð hagkerfis til að flokka fyrirtæki í stór og smá. Valið er ákveðið úrtak úr báðum þýðum og könnun lögð fyrir stjórnendur fyrirtækjanna. WEF gerir kröfur um að 60 til 70 svör berist frá Íslandi en undanfarin ár hefur Nýsköpunarmiðstöðin skilað um 80-90 svörum og standast því vel þær kröfur sem gerðar eru (Schwab, 2016).

Í skýrslunum er að finna spurningu um hvernig aðilar meta gæði vegakerfisins í sínu landi. Svarmöguleikar eru frá einum og upp í sjö þar sem:

- 1 = Verulega vanþróað, meðal verstu vegakerfa í heiminum.
- 7 = Öflugt og skilvirkt, meðal bestu vegakerfa í heiminum.

Erfitt getur reynst að draga ályktanir af samanburðinum og bjögunin sem hlýst af mismunandi lýðfræðilegum og hagrænum einkennum ríkjanna er þó nokkur. Svör aðila geta til dæmis verið mismunandi eftir menningarheimum. Þar er vísað til menningarbjögunar sem getur haft áhrif á skoðun mismunandi viðmælenda um sama málefni. Efnahagsleg þróun ríkjanna getur einnig verið mislangt á veg komin og/eða þau verið á mismunandi stað í hagsveiflunni og við uppbyggingu innviða. Í einhverjum ríkjum má til að mynda finna hraðbrautir en í öðrum ekki. WEF viðurkenna að bjögunin getur skekkt niðurstöður könnunarinnar en telja samt sem áður réttast, að vel ígrunduðu máli, að leiðréttu ekki niðurstöðurnar fyrir menningarbjögun þar sem sú vinna myndi skila takmörkuðum árangri. Þess í stað, til að reyna að koma í veg fyrir menningarbjögun, eru hjálparstofnanir beðnar um að framkvæma könnunina samkvæmt stöðluðum leiðbeiningum frá WEF. Þá eru svarendur beðnir um að meta landið sem þeir eru staddir í út frá alþjóðlegum samanburði (Schwab, 2016).

Í þessari ritgerð eru valin 18 ríki til samanburðar við Ísland. Samanburðarríkin hér að neðan eru í mismunandi álfum en flest eru í Evrópu og teljast til vestrænna ríkja. Mynd 2 sýnir meðaltal spurningarinnar sem nefnd var hér að ofan á árunum 2006 - 2015.



Mynd 2 Gæði vegakerfisins

(Heimild: WEF, e.d.).

Líkt og sjá má meta þeir stjórnendur fyrirtækja sem valdir eru gæði vegakerfis síns lands á mismunandi hátt. Ísland kemur ekki vel út samkvæmt þessum niðurstöðum en landið situr í 16. sæti yfir þau lönd sem hér eru borin saman. Gula línan sýnir meðaltal allra landa frá árinu 2006 - 2015 en líkt og sjá má er Ísland fyrir neðan hana. Noregur kemur hins vegar verr út en Ísland. Stjórnendur fyrirtækja í Noregi meta gæði vegakerfisins þar í landi aðeins upp á 3,9 af 7 mögulegum undanfarin tíu ár. Íslenskir stjórnendur meta vegakerfið sitt upp á 5,0 en franskir stjórnendur telja að þeirra vegakerfi sé virkilega öflugt og skilvirkt enda fær það stuðulinn 6,5 af 7 mögulegum að meðaltali. Ef aðeins er tekið tillit til ársins 2015 er Ísland í 38. sæti af 140 löndum þegar kemur að gæði vegakerfisins. Þar er landið meðal annars staðsett á meðal Tyrklands, Rúanda og Míritíus (Schwab, 2016).

2.2.1 Viðhorfskönnun á Íslandi

Við gerð ritgerðarinnar var gerð viðhorfskönnun meðal starfsmanna Vegagerðarinnar og Samgöngustöfu ásamt því að Samtök verslunar og þjónustu hjálpuðu við að senda könnunina út til aðila sem starfa í atvinnugreinum tengdum samgöngum. Könnunin var

gerð yfir dagana 2. júní - 24. júní þar sem markmiðið var að fá skýrari sýn á hvernig aðilar sem þekkja til meta vegakerfi landsins. Alls bárust 71 svar við könnuninni.

Niðurstöður könnunarinnar má sjá í Tafla 1 hér að neðan. Vinstri dálkurinn sýnir spurningar könnunarinnar og hægri dálkarnir svörin við þeim. Af þeim sem svöruðu voru rúmlega 70% karlar og tæplega 30% konur. Aldursdreifingin er nokkuð mikil en flestir eru þó á aldrinum 56-65 ára eða 43,7%. Flestir hafa meiri menntun en aðeins grunnskólamenntun og þá hafa 31,4% svarenda lokið framhaldsmenntun á háskólastigi. Flestir svarenda búa á höfuðborgarsvæðinu eða 52,9%. Aðeins einn býr á Suðausturlandi, eða 1,4% svarenda. Um 73% svarenda telja ástand vegakerfisins mjög slæmt eða fremur slæmt en aðeins 26,8% telja ástand vegakerfisins vera í meðallagi eða betra.

Í spurningu 6 bauðst svarendum að raða eftir mikilvægi hvað þeir telja brýnasta verkefnið framundan í vegasamgöngum. Þar voru svarmöguleikar frá 1 - 5 þar sem 1 var mikilvægast og 5 síst. Það svar sem fékk lægstu einkunn var því það sem svarendur töldu brýnasta verkefnið framundan í vegasamgöngum en líkt og sjá má í töflu 1 telja flestir að viðhald núverandi vegamannvirkja á landsbyggðinni sé brýnasti þátturinn. Þar á eftir kemur viðhald núverandi vegamannvirkja á höfuðborgarsvæðinu.

Um 38,6% vilja meina að Vestfirðir séu það landsvæði er halli mest á þegar kemur að útgjöldum til vegamála. Næst flestir, eða 32,9%, telja hins vegar að ekki halli á neitt eitt svæði frekar en annað. Flestir eru þó sammála því að meiri þörf sé á fjárveitingu til vegamála, eða um 93%, á meðan aðeins um 7% telja svo ekki vera. Um 81% af þeim svarendum sem ferðast einu sinni eða oftár til útlanda á ári að meðaltali telja vegakerfi landsins vera í slæmu eða mjög slæmu ásigkomulagi. Að því sögðu er vert að skoða raunveruleg útgjöld til vegamála undanfarin ár. Í kafla 2.3. er farið yfir hvernig staðið hefur verið að fjárveitingu til vegamála undanfarin ár.

Tafla 1 Spurningakönnun til fyrirtækja

Spurning	Svör								
1. Kyn	Karlkyn				Kvenkyn				
	71,40%				28,60%				
2. Aldur	16-25 ára	26-35 ára	36-45 ára	46-55 ára	56-65 ára	66-75 ára	76 ára eða eldri		
	1,4%	15,5%	11,3%	21,1%	43,7%	7,0%	0,0%		
3. Menntun	Grunnskólamenntun		Starfs- og/eða framhaldsskólamenntun		Háskólamenntun (BA/BS/Bed)		Framhaldsmenntun á háskólastigi (MA/MS/Med/MBA/Phd)		
	2,9%		34,3%		31,4%		31,4%		
4. Búseta	Höfuðborgarsvæðinu	Vesturlandi	Vestfirjörðum	Norðvesturlandi	Norðausturlandi	Austurlandi	Suðausturlandi	Suðvesturlandi	
	52,9%	10,0%	10,0%	7,1%	5,7%	5,7%	1,4%	7,1%	
5. Hvernig metur þú ástand vegakerfisins?	Mjög slæmt		Fremur slæmt		Í meðallagi		Fremur gott		
	21,1%		52,1%		22,5%		2,8%		
6. Hvað telur þú brýnasta verkefni framundan í vegasamgöngum? Raðað eftir mikilvægi 1-5 þ.s. 1 er mikilvægast	Viðhald núverandi vegamannvirkja á landsbyggðinni		Viðhald núverandi vegamannvirkja á höfuðborgarsvæðinu		Uppbygging nýrra vegamannvirkja á landsbyggðinni		Uppbygging nýrra vegamannvirkja á höfuðborgarsvæðinu		
	2,12		2,63		3,22		3,44		
7. Finnst þér halla á einn landshluta/svæði þegar kemur að fjárveitingu til vegasamgangna?	Vestfirði	Hallar ekki á eitt svæði frekar en annað	Höfuðborgarsvæðið	Austurland	Norðausturland	Norðvesturland	Suðvesturland	Vesturland	Suðausturland
	38,6%	32,9%	27,1%	14,3%	10,0%	10,0%	7,1%	7,1%	5,7%
8. Hversu sammála ertu þeirri fullyrðingu að þörf sé á meiri fjárveitingu til viðhalds og fjárfestingar í vegakerfinu?	Mjög ósammála		Fremur ósammála		Hvorki sammála né ósammála		Fremur sammála		
	5,7%		1,4%		0,0%		11,4%		
9. Hversu oft á ári ferðast þú til útlanda að meðaltali	Sjaldnar en einu sinni		1-2 sinnum		3-4 sinnum		Oftar en 5 sinnum		
	18,3%		60,6%		11,3%		9,9%		
10. Hvernig metur þú gæði íslenska vegakerfisins í samanburði við önnur lönd?	Mjög slæmt		Fremur slæmt		Í meðallagi		Fremur gott		
	29,6%		49,3%		15,5%		5,6%		

2.3 Fjármögnun og fjárveitingar

Á Íslandi er hinu opinbera oft þröngur stakkur sniðinn og erfitt getur reynst að veita nægilegu fjármagni til hinna ýmsu verkefna. Því getur reynst torvelt fyrir hið opinbera að nálgast kjörstöðu opinberra útgjalda. Fjárveitingar til vegakerfisins er eitt slíkra verkefna. Hér eftir verður annars vegar vísað til fjárfestingaröðg hins vegar til viðhalds vegasamgangna. Samkvæmt OECD ná fjárfestingar vegasamgangna til útgjalda sem fara í nýjar vegaframkvæmdir eða endurbætur á núverandi vegaköflum. Þá felur viðhald vegasamgangna í sér varðveislu á núverandi vegakerfi (International Transport Forum, e.d.).

Hér er safnað upplýsingum úr mörgum áttum til að ná heildstæðri mynd af reynslu nágrannaþjóða. Skoðaðar eru tölur um útgjöld hins opinbera af veg Hagstofu Íslands³. Til að draga upp samanburð við aðrar þjóðir er horft til heimilda OECD en árlega tekur Alþjóðlega samgöngustofnunin (e. International Transport Forum⁴, ITF) saman gögn um fjárfestingu og viðhald samgönguinnviða. Gögnunum er safnað saman frá samgönguráðuneytum, hagstofum eða öðrum stofnunum hversrar þjóðar. Þannig má fá enn skýrari mynd af því hver raunveruleikinn er á Íslandi.

Í kjölfarið er horft til skýrslna samgönguráðherra um framkvæmd samgönguáætlunar, ásamt skýrslum Vegagerðarinnar og gögnum fengin beint frá Vegagerðinni⁵. Þar er útgjöldum skipt upp eftir því hvort um fjárfestingu eða viðhald sé að ræða.

Eftirfarandi mælikvarðar eru notaðir í öllum samanburði:

1. Fjárveiting sem hlutfall af landsframleiðslu.
2. Fjárveiting á hverja milljón ekkílómetra.

Fyrri mælikvarðinn er notaður þar sem fáir mælikvarðar hafa getu til að miðla upplýsingum um stöðu hagkerfisins á jafn nákvæman hátt. Þjóðir eru misjafnlega stórar og álag á vegakerfi landsins er meira í stóru landi en litlu. Því er vert að skoða hversu mikil útgjöld hins opinbera hafa verið undanfarin ár á hverja milljón ekna kílómetra á verðlagi

³ Það er bæði útgjöld ríkis og sveitarfélaga.

⁴ Alþjóðasamgöngustofnunin er á vegum OECD.

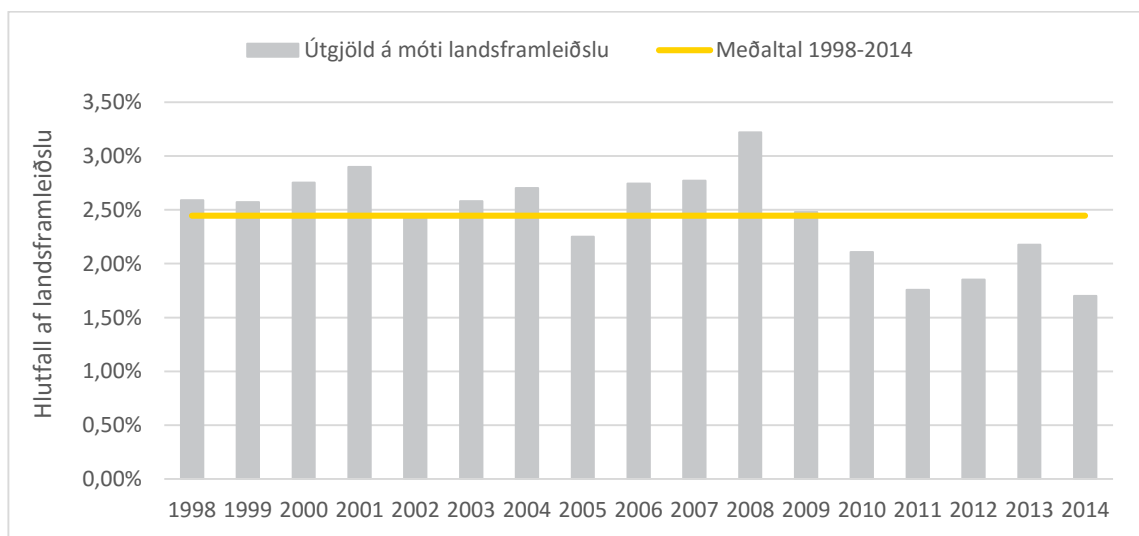
⁵ Þar eru aðeins útgjöld á vegum ríkisins.

ársins 2015. Þannig er einnig hægt að bera saman mismunandi lönd eftir stærð og álagi á vegakerfi. Gögn frá Hagstofu Íslands og hagstofum Norðurlandanna ná aftur til ársins 1998. Þá ná skýrslur Samgönguráðherra og Vegagerðarinnar aftur til ársins 1990.

2.3.1 Fjárveitingar á Íslandi og Norðurlöndunum

Ef skoðaðar eru tölur Hagstofu Íslands og tölur Vegagerðarinnar um útgjöld ríkisins til vegamála ber þeim ekki fullkomlega saman. Ástæðan fyrir því er sú að Hagstofan leiðréttir tölur fjársýslunnar. Þar á meðal má nefna að útgjöld vegna Vaðlaheiðarganga er bætt við útgjöld ríkissjóðs, þar sem ríkið ber ábyrgð á þeirri framkvæmd. Einnig eru tilfærslur til sveitarfélaga dregnar frá útgjöldum ríkisins svo útgjöldin séu ekki tvítalin hjá hinu opinbera (Hagstofa Íslands, e.d.-a).

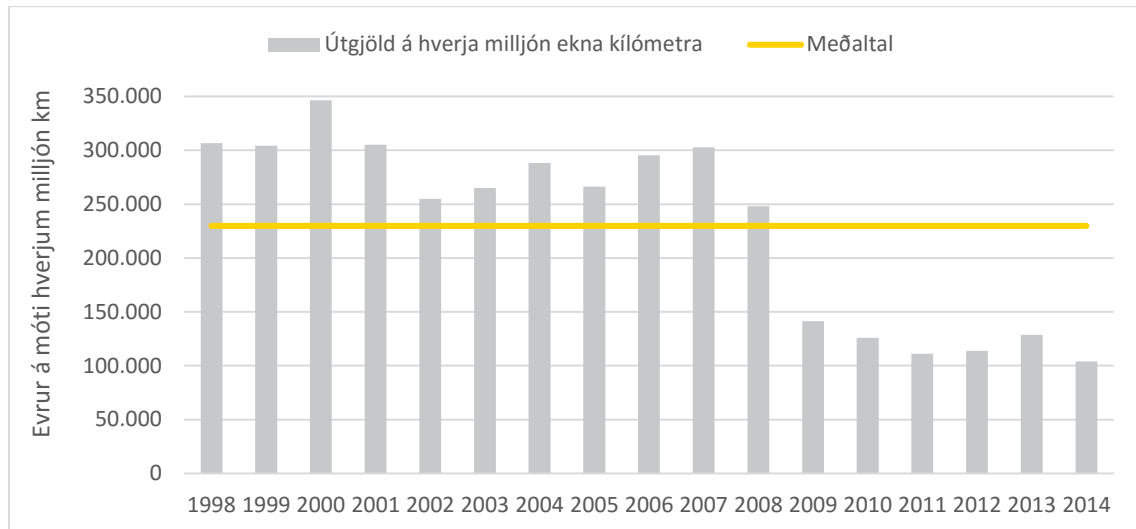
Á myndum 3 og 4 sýna gráu súlurnar útgjöld hins opinbera á Íslandi en gulu línurnar sýna meðaltal útgjalda á móti áður nefndum hlutföllum. Á myndum 3, 4, 5 og 6 má meðal annars sjá:



Mynd 3 Útgjöld hins opinbera til vegamála sem hlutfall af landsframleiðslu

Heimild: (Hagstofa Íslands, e.d.-a og eigin útreikningar).

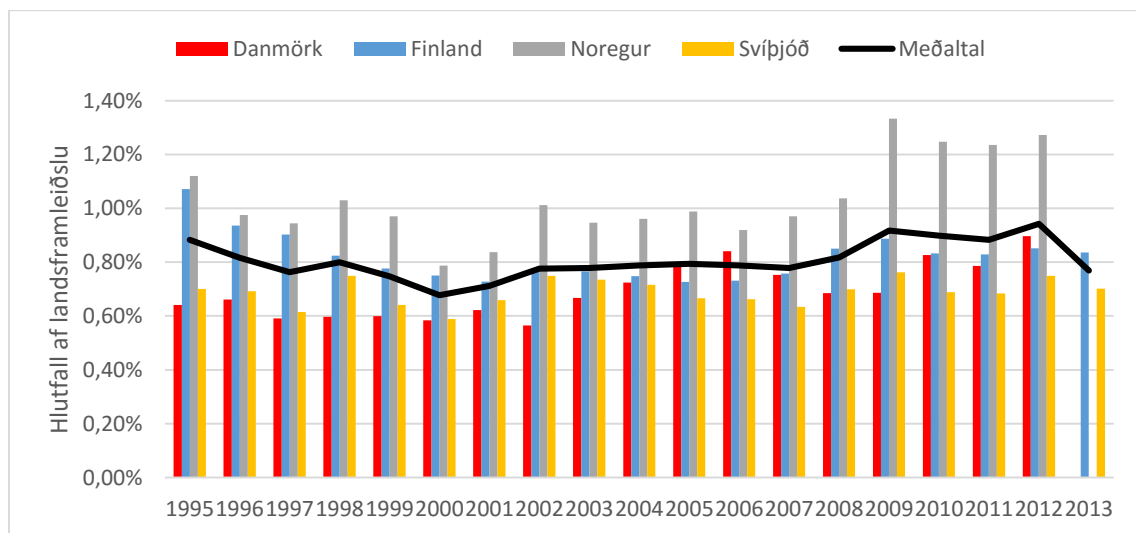
Á mynd 3 má sjá þróun útgjalda hins opinbera til vegasamgangna hér á landi frá vef Hagstofu Íslands. Á y-ás er hlutfall landsframleiðslu og á x-ás eru ártöl. Að meðaltali hafa fjárveitingar til vegamála verið um 2,45% af vergri landsframleiðslu frá árinu 1998. Eftir árið 2008 hafa útgjöld til vegamála dregist saman og hafa aldrei verið lægri en árið 2014 eða aðeins 1,7% af landsframleiðslu.



Mynd 4 Útgjöld hins opinbera á móti hverjum eknum kílómetrum (Verðlag 2015)

Heimild: (Hagstofa Íslands, e.d.-a og eigin útreikningar).

Mynd 4 sýnir útgjöld hins opinbera á miðgengi evru hvers árs en við það eykst samanburðarhæfni við önnur lönd. Á y-ás eru evrur og á x-ás má finna ártöl líkt og á fyrri mynd. Þar sést að útgjöld hins opinbera hafa að meðaltali verið um 229.875 evrur á hverja milljón ekna kílómetra á föstu verðlagi ársins 2015. Mest eru útgjöldin árið 2000 eða 346.411 evrur en lægst eru þau árið 2014 eða 103.968 evrur.

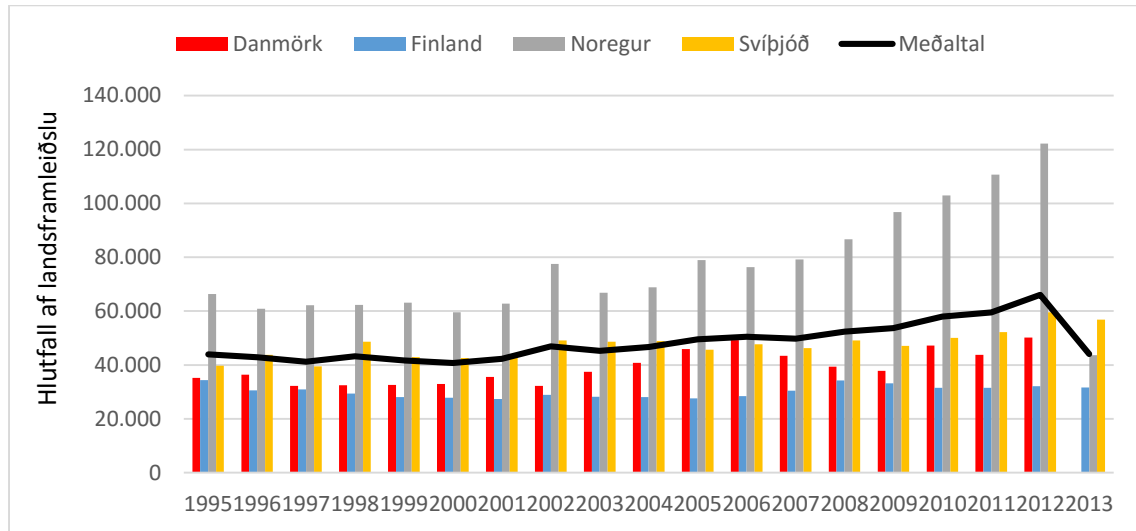


Mynd 5 Útgjöld Norðurlandanna á móti landsframleiðslu

Heimild: (International transport forum, e.d.).

Mynd 5 sýnir útgjöld Norðurlandanna sem hlutfall af vergri landsframleiðslu hvers lands fyrir sig. Á y-ás má sjá hlutfall af landsframleiðslu og á x-ás ártöl. Y-ásinn er hafður á þessa vegu til að bera myndina saman við fjárveitingar Íslands. Þar má sjá að útgjöld

hafa að meðaltali verið um 0,81% af landsframleiðslu þeirra á árunum 1998-2013. Þar er Noregur með hvað mest útgjöld eða að meðaltali 1,03% af landsframleiðslu.



Mynd 6 Útgjöld Norðurlandanna á móti hverjum milljón eknum kílómetrum (Verðlag 2015)

Heimild: (International transport forum, e.d.).

Loks má sjá útgjöld Norðurlandanna sem hlutfall á móti hverjum milljón eknum kílómetrum. Á y-ás eru evrur og á x-ás ártöl. Að meðaltali nema útgjöldin 48.321 evrum á árunum 1998 - 2013 á föstu verðlagi ársins 2015. Samkvæmt hlutfallinu er Noregur með hæstu útgjöldin að meðaltali af Norðurlöndunum, eða um 76.197 evrur.

Ef borin eru saman útgjöld Íslands við útgjöld Norðurlandanna má sjá að útgjöldin eru að meðaltali töluvert hærri hér á landi, bæði sem hlutfall af landsframleiðslu og á hverja milljón ekna kílómetra. Hins vegar er ljóst að eftir árið 2008 fer útgjöldum til vegamála hrörnandi og hafa ekki enn náð að taka við sér.

Ástæður hærri útgjalda til vegakerfisins hér á landi undanfarin ár geta verið margs konar. Vegakerfi landsins er fremur stórt, bæði miðað við höfðatölu og notkun. Þá samanstanda vegakerfi Norðurlandanna bæði af þjóðvegum (e. public roads) og einnig einkavegum (e. private roads). Þær tölur sem teknar eru til skoðunar í ritgerð þessari ná aðeins til útgjalda sem fara til þjóðvega en ekki þeirra sem fara til einkavega. Misjafnt er milli Norðurlandanna hversu mikið hlutfall telst til þjóðvega og hversu mikið til einkavega. Til að mynda telst rúmlega 70% af vegakerfi Finna til einkavega og í Svíþjóð rúm 20%. Því er erfitt að bera saman lönd þrátt fyrir að þau standi nálægt okkur. Vegakerfi milli landa

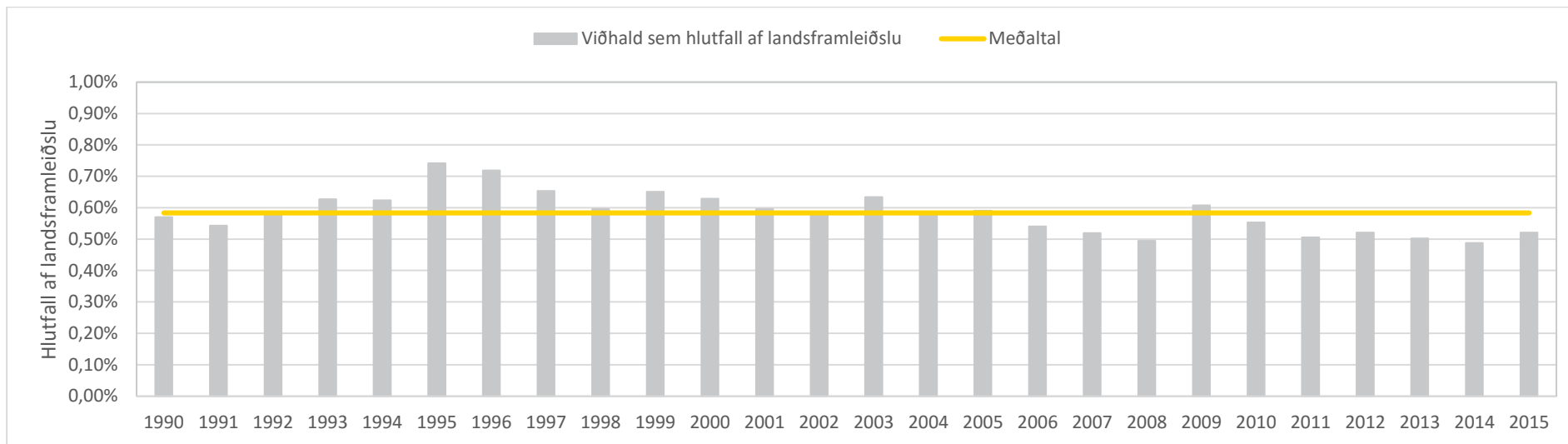
eru byggð upp á ólíkan hátt og þarfnast því ólíkrar meðhöndlunar (Liikennevirasto, e.d. og Swedish National road Administration, e.d.)

2.3.2 Viðhaldskostnaður

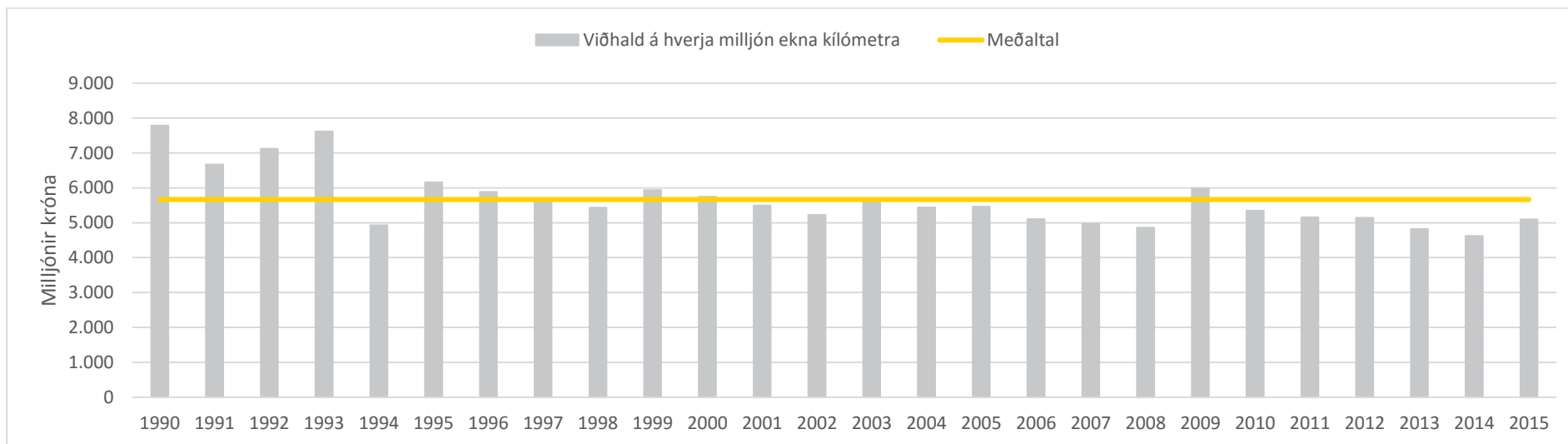
Skýrslur ráðherra og Vegagerðarinnar skipta útgjöldum til vegamála upp eftir því hvort um fjárfestingu eða viðhald sé að ræða. Þó er ekki til nein sérstök útlistun eða staðlar hjá Vegagerðinni á því hvað telst til fjárfestingar og hvað sé viðhald (Etna Sigurðardóttir, munnleg heimild, 31. maí 2016). Því er erfitt að bregða mælistiku á hvernig viðhald og fjárfesting hafa þróast í raun undanfarin ár. Þrátt fyrir það er notast við skiptingu líkt og hún kemur fram í skýrslunum með þeim fyrirvörum að ekki eru til neinar sérstakar útlistanir á því hvað telst til viðhalds og hvað til fjárfestingar.

Myndir 7 og 8 sýna viðhaldsútgjöld ríkisins sem hlutfall af landsframleiðslu og sem hlutfall á hverja milljón ekna kílómetra á föstu verðlagi ársins 2015. Að meðaltali hafa viðhaldsútgjöld numið 0,65% af landsframleiðslu á árunum 1990 - 2015. Þá hefur vegakerfinu verið viðhaldið fyrir um 5.667 milljónir króna að meðaltali á hverja milljón ekna kílómetra á þessum árum.

Viðhald á vegakerfinu var mest frá árinu 1993 til aldamóta 2000, bæði sem hlutfall af landsframleiðslu og sem hlutfall á hverja milljón ekna kílómetra. Upp úr 1990 hófst endurskoðun á vegakerfinu þar sem markmiðið var að bæta núverandi vegakerfi landsins. Hins vegar hefur vegakerfið, með endurbótum, breiðari vegum og betri brúm orðið umfangsmeira en það var á 10. áratug síðustu aldar. Þar af leiðandi ætti vegakerfið að vera verðmætara en það var og viðhaldskostnaður ætti því að aukast sem því nemur en ekki standa í stað líkt og gerst hefur eftir aldamót.



Mynd 7 Viðhald á Íslandi sem hlutfall af landsframleiðslu



Mynd 8 Viðhald á Íslandi á hverja milljón ekna kílómetra (Verðlag 2015)

Heimild: (Skýrsla samgönguráðherra, Vegagerðar og gögn frá Vegagerð).

2.3.3 Fjárfesting

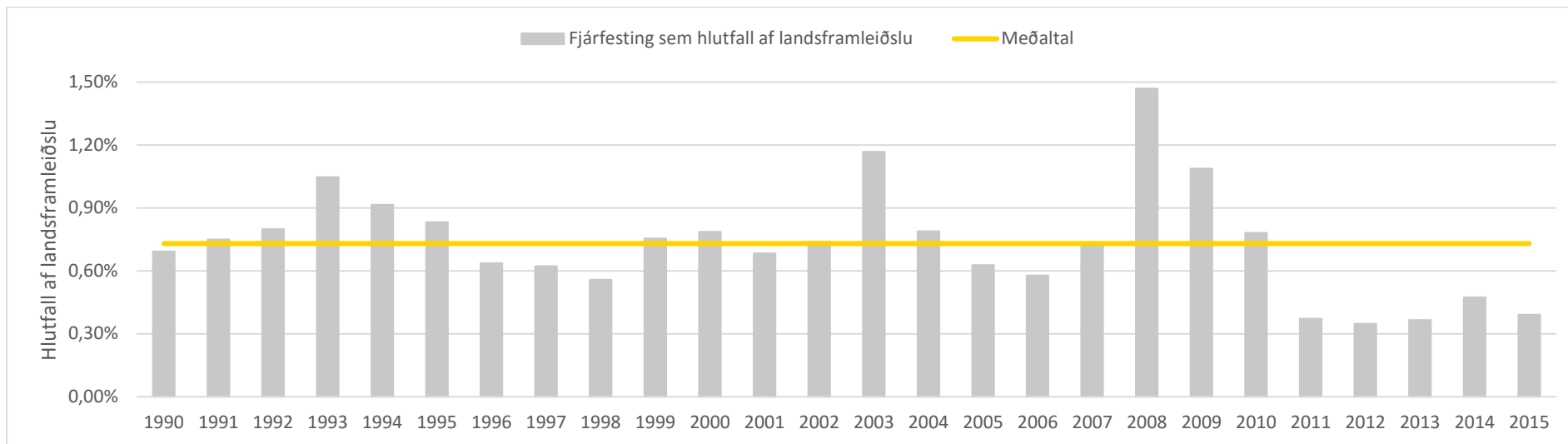
Undanfarin ár hefur fjárfesting verið sveiflukennd þegar horft er á fjárfestingu sem hlutfall af landsframleiðslu og sem hlutfall af hverjum milljón eignum kílómetrum. Að meðaltali er fjárfesting ríkisins 0,73% af landsframleiðslu árin 1990 - 2015⁶. Fjárfesting nær hámarki árið 2008 en þá nemur hún 1,47% af landsframleiðslu. Eftir það fer hún lækkandi og undanfarin fimm ár hefur hún verið verulega lág miðað við árin á undan.

Ef litið er á fjárfestingu sem hlutfall af hverjum milljón eignum kílómetrum⁷ hefur fjárfesting að meðaltali verið 7.136 milljónir króna en miðað er við verðlag ársins 2015. Hámarksfjárfestingu er náð árið 2008 en þá er fjárfest fyrir 14.430 milljónir króna á hverja milljón eigna kílómetra. Eftir það minnkar fjárfesting til vegakerfisins og undanfarin fimm ár hefur verið lítið um fjárfestingu miðað við árin þar áður.

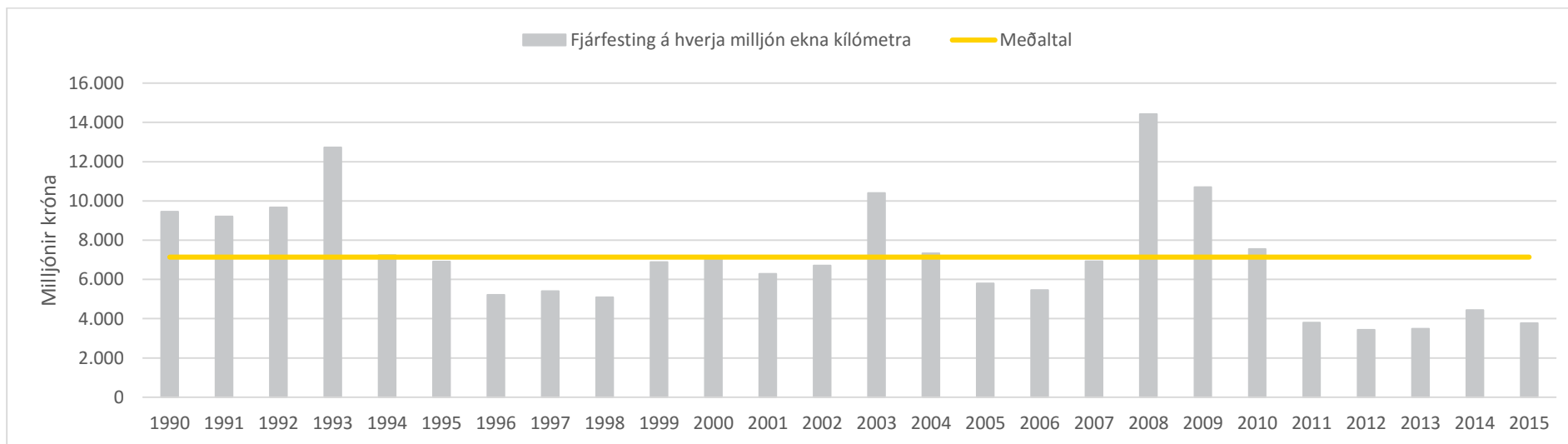
Samkvæmt báðum mælikvörðum er hámarksfjárfesting til vegakerfisins hér á landi árið 2008. Eftir það fer hún lækkandi. Ef horft er aftur til ársins 1990 má sjá að fjárfesting til vegakerfisins undanfarin fimm ár hafa verið af verulega skorum skammti.

⁶ Sjá mynd 9.

⁷ Sjá mynd 10.



Mynd 9 Fjárfesting á Íslandi sem hlutfall af landsframleiðslu



Mynd 10 Fjárfesting á Íslandi á hverja milljón ekna kílómetra (Verðlag 2015)

Heimild: (Skýrsla samgönguráðherra, Vegagerðar og gögn frá Vegagerð).

2.4 Aukin notkun vegakerfisins

Miðað við tímabilið sem rýnt er í hér að ofan eru fjárveitingar til vegamála í sögulegu lágmarki. Á meðan hefur umferðarpungi á vegum landsins aukist mikið með auknum ferðamannastraumi og fleiri bifreiðum sem aka um þjóðvegi. Samkvæmt Ferðamálastofu var heildarfjöldi erlendra ferðamanna um 1,3 milljónir árið 2015. Til samanburðar ferðuðust hingað um 500.000 ferðamenn árið 2008 og því er um tæplega 160% aukningu að ræða á þessum árum (Ferðamálastofa, e.d.). Þá kemur einnig fram í skýrslu sem Vegagerðin gaf út árið 2013 að fjöldi bifreiða á hverja 1.000 íbúa hefur aukist. Ef horft er aftur til ársins 2012 voru skrásettar hér um 750 bifreiðar á hverja 1.000 íbúa. Í skýrslunni er gert ráð fyrir að um 1.000 bifreiðar verði á hverja 1.000 íbúa fyrir árið 2060 (Friðleifur Ingi Brynjarsson, 2013).

Auk fleiri ökutækja á þjóðvegum landsins hefur akstur stærstu flokka bifreiða stóraukist. Það má rekja til þess að strandsiglingar stóru skipafélaganna voru lagðar niður hér á landi í lok árs 2004. Í kjölfarið hefur flutningum innanlands einkum verið sinnt með landflutningum, með stórauknu álagi á vegakerfið og slyshættu. Árið 2011 taldi Ögmundur Jónasson, þáverandi innanríkisráðherra, að þungaumferð⁸ væri um 8% af heildarumferð vegakerfisins. Þá taldi hann einnig að gróflega mætti rekja rúmlega helming fjárveitingar til viðhalds vegna aksturs vöruflutningabifreiða og um tvo þriðju ef horft er til allrar þungaumferðar. Með auknum umferðarpunga þyngri ökutækja hefur álagið á vegakerfið orðið meira sem orsakar meira slit og niðurbrot vega (þingskjal nr. 353/2011-2012).

Íslenska vegakerfið er ungt að árum og stórt miðað við höfðatölu og notkun. Þá hefur notkunin verið að stóraukast á síðastliðnum árum. Að sama skapi hafa kröfur í öryggismálum orðið meiri. Á sama tíma hefur vegakerfið gengið í gegnum þurrkaskeið í fjárveitingu undanfarin ár sem virðist vera farið að endurspeglast í mikilli vantrú á kerfið⁹. En veit einhver hver staðan er í raun og veru, hefur kerfið hnignað og ef svo hversu mikið? Er skaðinn eingöngu tæknilegs eðlis eða er hann farinn að smita óbeint út frá sér með

⁸ Ökutæki yfir fjögur tonn af þyngd.

⁹ Samanber viðhorfskannanir

öðrum hætti? Núverandi nálgun á stjórnun vegakerfisins veitir ekki nægilega skýr svör hvað þetta varðar.

Svokölluð eignastýringaraðferð (e. road asset management) hefur rutt sér til rúms víða um heim þar sem virði vegakerfisins er metið fjárhagslega. Við innleiðingu á aðferðinni eykst yfirsýn yfir vegakerfið og öllum þeim þáttum sem spila inn í ástand þess. Til að mynda er mögulegt að fylgjast með afskriftarferli og þar með nálgast á greiðfærari hátt hvert viðhaldsstig þyrfti að vera svo ekki færi að grafa undan vegakerfinu. Við mat á virði vegakerfisins er hægt að nýta sér nokkrar aðferðir en í kaflanum hér að neðan verður farið yfir hver ávinningur eignastýringar fyrir vegakerfi sé.

3 Virði vegakerfisins

Þó bæði fjárfesting og viðhald vegakerfisins hafi verið tiltölulega lítil á síðustu árum liggja líklega ein mestu verðmæti ríkisins bundin í vegum og samgöngumannvirkjum. Hér á landi er vegakerfið þó ekki eignfært í ríkisreikningi en víða um heim hafa samgöngustofnanir fært sig nær eignastýringarkerfum sem leiða af sér breytta sýn í stefnu fjármála hins opinbera. Eignastýring vegakerfa er aðferð sem hefur verið að ryðja sér til rúms síðustu ár og krefst þess að mat sé lagt á virði vegakerfisins, en verðmæti þess er grundvallarþáttur við forgangsröðun fjárfestinga og viðhalds. Virðismælikvarðinn getur svo nýst á mörgum sviðum, til dæmis fjárlagagerð, en án slíks bókhalds er ekki hægt að segja til um, með vissu, hvort fjármagn sem fer til vegagerðar á hverju ári auki virði vegakerfisins, hvort virðið standi í stað eða það rýrni (Gericke, Henning og Greenwood, 2014).

Mikilvægt er að hafa í huga, þegar kemur að eignastýringu vegakerfisins, að það samanstendur af fleiri eignum en aðeins vegum. Brýr, vegrið, stikur, skilti, hljóðmanir, frárennsli og götulýsing eru til að mynda nauðsynlegar vegakerfinu og verður að taka tillit til þeirra. Eignastýring vegakerfa hefur það að markmiði að bæta ákvörðunartöku sem byggist á gæðum upplýsinga og vel skilgreindum markmiðum en til eru margar gerðir af eignastýringakerfum (Gericke, Henning og Greenwood, 2014). Grundvallarþættir eignastýringar vegakerfa eru virðismat samgöngumannvirkja og afskriftir gegnum líftíma og er það viðfangsefni næstu undirkafla.

3.1 Virðismat vegakerfisins

Svo finna megi út hvaða þýðingu það myndi hafa ef þjóðvegir yrðu eignfærðir þarf fyrst og fremst að fara fram mat á virði þeirra. Fjárhagslegt virði eigna er góður mælikvarði og hjálpar til við að koma á framfæri þörf viðhalds og endurnýjunar (Gericke, Henning og Greenwood, 2014). Hægt er að meta virði eigna með hliðsjón af tíma, staðsetningu, hugsanlegri notkun og hugsanlegum notendum. Náteingt virði eigna er líftímastjórnun og afskriftir sem fjallað verður um hér að neðan. Matsferlið felur í sér mat eða ákvörðun um mikilvægi eða virði í gegnum úttektir á ástandi eignar. Virði eigna fer eftir getu þeirra til að veita viðunandi þjónustu (OECD, 2001). Þar af leiðandi hafa ýmsar matsaðferðir verið þróaðar við virðismat og hentar hver þeirra ákveðnum eignum, en sjá má skýringu á þeim aðferðum hér að neðan.

3.1.1 Endurstofnvirði (e. Current replacement cost)

Hér eru núverandi markaðsaðstæður nýttar við mat á kostnaði þess að endurbyggja núverandi vegakerfi¹⁰. Magnreikna þarf vegi þar sem fram kemur magn einstakra verkþátta, fyllingar, burðarlags, malbiks og fleira. Verkpættirnir eru svo kostnaðarmetnir út frá þekktum einingaverðum og þannig fáum við út endurstofnvirðið. Svo finna megi endurstofnvirði vegakerfisins er öðrum eignum sem tilheyra vegakerfinu¹¹ bætt við á núverandi verðlagi. Þá þarf einnig að taka tillit til afskrifta á ákveðnum eignum sem verða fyrir álagi umferðar.

Einföld útgáfa af endurstofnvirði:

1. Útbúa kennisnið¹² fyrir hverja vegtýpu¹³.
2. Fundið til einingaverð fyrir hvern verkþátt.
3. Kennisnið margfölduð með lengd hveðrar vegtýpu í kerfinu.

Endurstofnvirði þjóðvega er mjög erfitt viðureignar vegna þess að skipta þarf vegaköflum upp í mörg margbreytileg kennisnið. Þjóðvegir innihalda margar gerðir af vegtýpum en til að mynda áætlað Vegagerðin um 10 vegtýpur á hringveginum. Síðan eru óteljandi landslög¹⁴ sem vegtýpurnar liggja um (Birkir Hrafn Jóakimsson, 2016).

3.1.2 Bókfært virði (e. Historical cost)

Bókfært virði er skilgreint sem verðmæti eigna byggt á sögulegum kostnaði að frádregnum afskriftum. Ólíkt aðferðafræði endurstofnvirðis, sem endurspeglar virði núverandi markaðsaðstæðna, endurspeglar bókfært virði upphaflegan stofnkostnað framkvæmda. Aðferðin reiknar virði eigna annaðhvort á föstu verðlagi þegar eign er klár til notkunar eða á föstu verðlagi dagsins í dag (OECD, 2001).

¹⁰ Til að mynda í Nýja Sjálandi er áætlað afskrifað endurstofnvirði vegakerfisins um 15 milljarðar evra sem gerir það að stærstu einstöku eign þjóðarbúsins (European Union Road Federation, 2013).

¹¹ Brýr, jarðgöng, ræsi, skilti, vegrið og fleira.

¹² Þversnið hornrétt á veg sem sýnir magn einstakra verkþátta á tilteknum vegarkafla.

¹³ Magn á hvern kílómetra af öllum verkþáttum.

¹⁴ Mikill bratti, fyllingar í vatni, mýrlendi o.s.frv.

3.1.3 Hagrænt virði (e. Economic value)

Með þessari aðferð er vegakerfið metið með hliðsjón af þeirri þjónustu sem það veitir samfélaginu. Vegakerfið má þannig hugsa sem einn framleiðsluþátt¹⁵ og framleiðsla þess samgöngur milli staða, sem er svo aðfang í aðra framleiðslu. Virði samgöngubóta er metið með mörgum aðferðum, til dæmis kostnaðar- og ábatagreiningu þar sem horft er til að mynda til fjölda ökutækja sem vegakerfið afkastar, ferðatíma og skilvirkni. Þá eru innri og ytri áhrifaþættir vegakerfisins metnir líkt og slysatíðni, hávaða- og loftmengun og fleira (OECD, 2001). Fjórði kafli ritgerðar þessarar er helgaður þessum þætti.

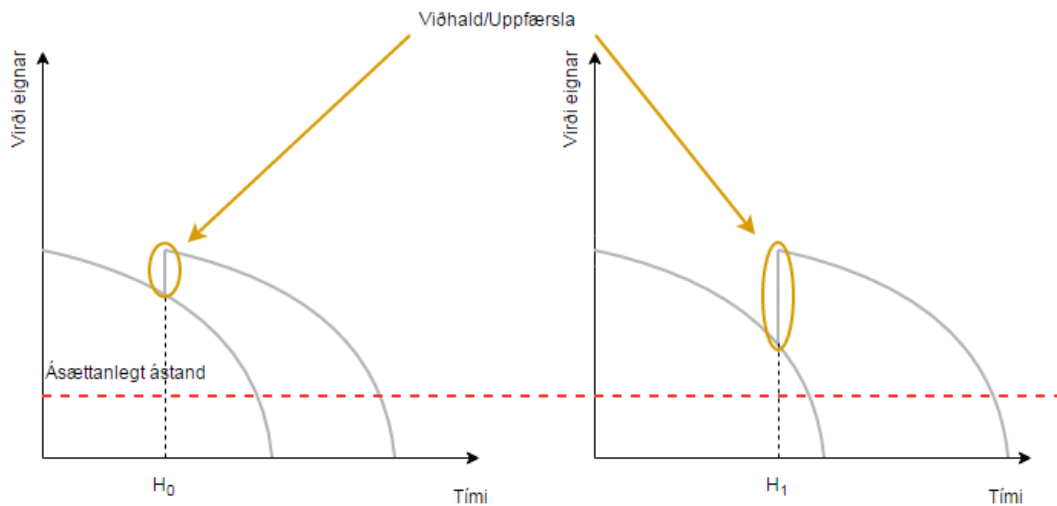
3.1.4 Markaðsvirði

Markaðsvirði er önnur aðferð sem mögulegt er að nýta í virðismati vegakerfa. Aðferðin horfir á virði vegamannvirkis út frá lögmáli framboðs og eftirspurnar. Hún á við þar sem greitt er fyrir að aka á tilteknum vegarkafli með vegatollum og þar með má meta virði vegarkafans á einfaldan hátt með sjóðstreymisgreiningu og greiðsluvilja notenda. Aðferðina má einnig nýta þar sem viðhald, rekstur og önnur umhirða er framkvæmd af verktökum í gegnum langtíma þjónustusamning (e. performance based contracts) (Árni Freyr Stefánsson, 2014). Hafa þarf í huga að vegtollar eyða ekki út öllum neytendaábata. Þess vegna gefur markaðsvirði aðeins takmarkaða mynd af raunverulegu virði vegakerfisins.

3.2 Afskriftir gegnum líftíma

Þegar vegir eru lagðir hlýtur markmiðið alltaf að vera að auka líftíma þeirra á sem hagkvæmastan hátt. Eitt af meginmarkmiðum eignastýringar er einmitt að auka virði eigna á þann hátt. Svo það sé mögulegt þarf í fyrsta lagi að skilgreina svokallað versta ásættanlega ástand eignar og hafa það að markmiði að sem færstar eignir falli í þann flokk. Í öðru lagi þarf að finna hagkvæmasta tímamark til að viðhalda eigninni eða endurnýja hana svo líftími hennar sé aukinn (Hartmann o.fl., 2012). Mynd 11 útskýrir þetta á einfaldan hátt.

¹⁵ Fastafjármunir bundnir í vegum.



Mynd 11 Líftími og líftímastjórnun eigna

Heimild: (Árni Freyr Stefánsson, 2014).

Án viðhalds fellur virði eignarinnar niður eftir því sem tíminn líður og á endanum nær virðið niður fyrir það ástand sem telst ásættanlegt¹⁶. Vinstra megin á myndinni er tiltölulega snemma staðið að viðhaldi eignar og er viðhaldstími hennar H_0 . Hægra megin á myndinni er beðið lengur með viðhald eignarinnar og ekki staðið að viðhaldi fyrr en á tíma H_1 . Viðhaldsútgjöld eru hærri á hægri myndinni en þeirri vinstri líkt og sést á hliðrun ferlanna.

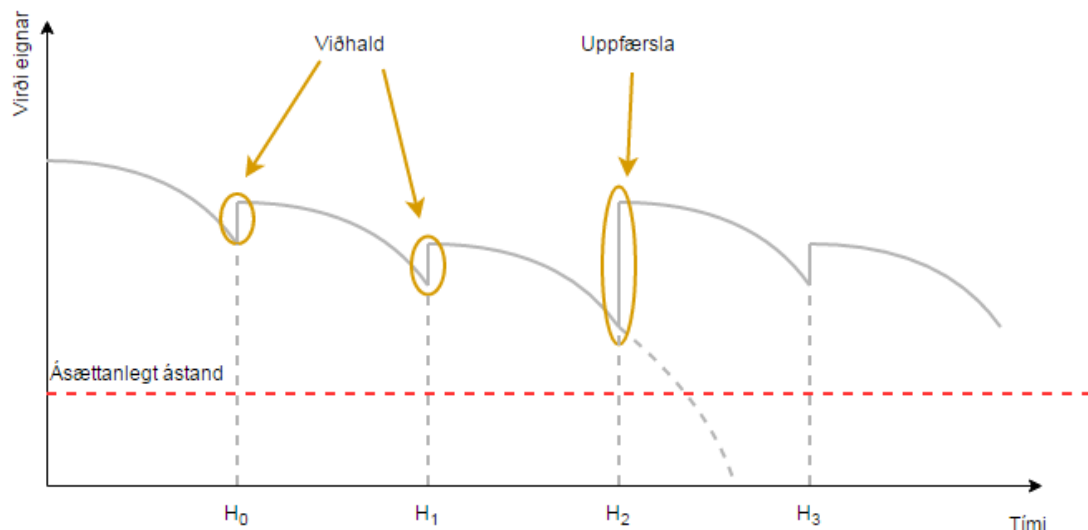
Svo hægt sé að skilgreina lífsferilinn og nota þessa aðferð þarf annars vegar að skilgreina ásættanlegt ástand og hins vegar afskriftaraðferðina. Svo því markmiði sé náð eru skýrar upplýsingar um afskriftir og viðhaldspörf viðkomandi eigna nauðsynlegar fyrir hvert stig líftímans. Út frá því þarf að komast að því hvernig lágmarka megi líftímakostnað, það er að finna hagkvæmasta punkt viðhalds. Þá þarf einnig að ákveða hvort dreifa eigi kostnaðinum¹⁷ eða hvort eigi að láta hann allan falla til á hagkvæmasta tímamarknum. Ef viðhald á sér einungis stað í hvert skipti sem eign nær lágmarks ástandi getur kostnaðurinn orðið mun meiri en ef henni er reglulega viðhaldið. Það er meðal annars háð afvöxtunarsuðli/samfélagslegri ávöxtunarkröfu hvor aðferðin er valin (Hartmann o.fl., 2012).

¹⁶ Skilgreint með rauðri línu.

¹⁷ Sem merktur er á myndinni sem viðhald/uppfærsla.

Einfaldast er að útskýra hagkvæmasta viðhaldspunkt með einföldu dæmi. Hugsa má ákveðinn vegarkafli og að tími H_0 merki að staðið sé að viðhaldi á fimm ára fresti en H_1 á tíu ára fresti. Kostnaður þess að standa að viðhaldi á hverjum fimm árum er X krónur en ef staðið er að viðhaldi á hverjum tíu árum er kostnaðurinn meiri eða $X+Y$. Á 100 árum þýðir það að ef ætíð er staðið að viðhaldi á tíma H_0 verður kostnaður þess $20X$ en $10(X+Y)$ ef staðið er að viðhaldi á tíma H_1 . Þá þarf að veita og meta hvor tíminn sé hagstæðari. Þó svo að augljóst sé að $X < (X+Y)$ þá er það ekki endilega ljóst að $20X < 10(X+Y)$. Líftímastjórnun gengur út á að finna þennan mun og reyna að hámarka þau nyt sem við fáum fyrir þá fjármuni sem fara til vegakerfisins til lengri tíma.

Mynd 12 sýnir hvernig lengja megi líftíma eignar með því að standa að reglulegu viðhaldi og uppfærslu frá tíma H_0 - H_3 . Hægt er að ímynda sér að eignin afskrifist hægt og rólega þangað til staðið er að viðhaldi eða uppfærslu. Þá eykst virði eignar og nýr afskriftargrunnur myndast.



Mynd 12 Líftími eignar þegar tekið er tillit til reglulegs viðhalds

Til eru margar leiðir til að afskrifa vegamannvirki. Almennt eru afskriftir ferli sem dreifa kostnaði yfir líftíma eignar sem áætlað er að sé í notkun. Afskriftir eru hér hugsaðar sem kostnaður sem leggja á til hliðar sem er síðan nýttur þegar upp kemur viðhaldsþörf. Fyrningargrunnur eignar er sú fjárhæð sem afskrifuð er yfir nýtingartíma hennar en hann er reiknaður sem kostnaðarverð að frádregnu hrakvirði. Hrakvirði eignar er sú fjárhæð sem gert er ráð fyrir að fáist fyrir eignina að loknum nýtingartíma hennar, það er nettó söluverð (Kieso, Weygandt og Warfield, 2011). Hrakvirði á hins vegar ekki við þegar kemur

að vegamannvirkjum. Þar verður fyrningagrunnur kostnaðarverð vegamannvirkis. Þá er mikilvægt að endurmeta nýtingartíma og afskriftaraðferð eignar reglulega en þar með sést hvort nýtt mat sé frábrugðið fyrri áætlunum og hvort breyta þurfi afskriftaraðferðum.

Afskriftaraðferðir eru háðar líftíma og er nýtingartími þeirra skilgreindur út frá væntanlegu notagildi tiltekinnar eignar. Til að mynda getur verið áætluð mikil notkun á eign fyrstu ár líftíma hennar en síðan fer notkunin minnkandi. Þá telst eðlilegt að afskriftir séu háar fyrstu árin en fari síðan stíglækkandi. Helstu afskriftaraðferðum eru hér gerð skil (Kieso, Weygandt og Warfield, 2011).

Notkunaraðferð (e. Activity method) áskilur eign eftir notkun hennar í klukkustundum eða framleiddum einingum, í þessu tilfalli afköst eða fjöldi bíla. Árleg afskrift er fundin með því að deila fyrningargrunni með áætluðum heildareiningafjölda eða klukkustundum og margfaldað með þeim einingum eða klukkustundum sem eignin nýtist á viðkomandi ári (Kieso, Weygandt og Warfield, 2011).

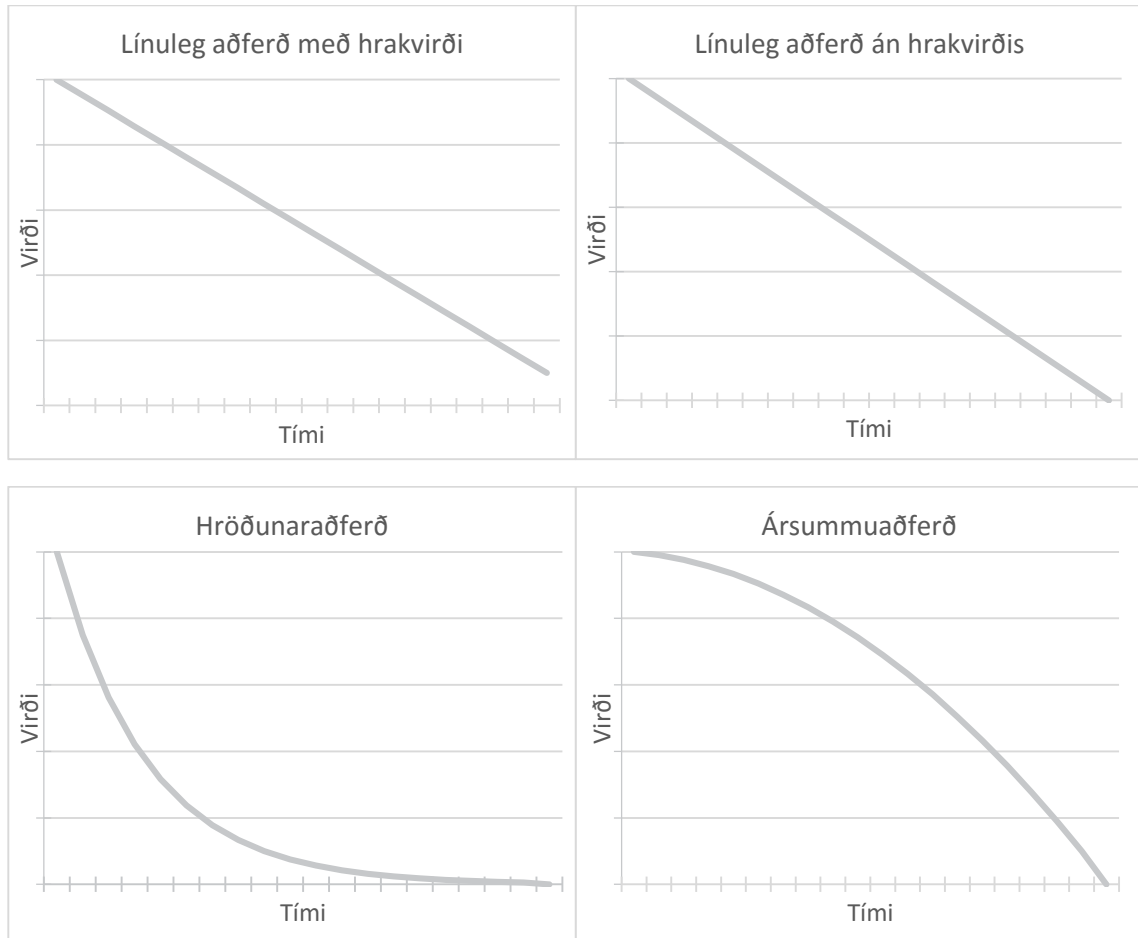
Línuleg aðferð (e. Straight line method) afskrifar eftir nýtingartíma eignar. Afskrifarhlutfallið er fundið með því að deila fyrningargrunni með nýtingartíma eignar og er sama fjárhæð afskrifuð á hverju ári (Kieso, Weygandt og Warfield, 2011).

Afskriftir hröðunaraðferðar (e. Declining balance method) eru háar fyrstu árin en fara síðan lækkandi. Aðferðin hentar því vel eign þar sem notkunin eða afköstin eru mest fyrstu árin en fer síðan lækkandi. Við aðferðina er kostnaði eignarinnar dreift nokkuð jafnt á milli ára þar sem afskriftir lækka seinni árin en á móti eykst viðhaldskostnaður (Kieso, Weygandt og Warfield, 2011).

Ársummuaðferð (e. Sum-of-the-digits method) vípar til hröðunaraðferðarinnar þar sem afskriftir eru háar fyrstu árin en fara síðan lækkandi. Þá er einnig hægt að notast við öfuga ársummuaðferð en þá eru afskriftir lægri fyrstu árin en fara síðan lækkandi eftir því sem eignin eldist. Gera má til dæmis ráð fyrir að afköst vega séu mikil fyrstu árin og eftir því sem árin líða þarf aukið viðhald og þar með afskrifast meira eftir því sem tíminn líður (Kieso, Weygandt og Warfield, 2011).

Hlutaafskrift (e. Component depreciation) þar sem einstakir hlutar eignar eru aðskildir frá sjálfri eigninni og afskifaðir sérstaklega. Í því tilfalli þarf að meta nýtingartíma hvers hlutar fyrir sig og afskrifa þá í sitthvoru lagi eftir því sem við á (Kieso, Weygandt og

Warfield, 2011). Á Mynd 13 má sjá útfærslu á ýmsum afskriftaraðferðum sem rætt var um hér að ofan.



Mynd 13 Afskriftaraðferðir

Heimild: (Kieso, Weygandt og Warfield, 2011).

Þegar velja á afskriftaraðferð þarf að skoða samsetningu og eiginleika eignarinnar. Vegir samanstanda af ýmsum eignum en hver og ein hefur sinn eigin líftíma. Greina þarf líftíma allra mikilvægra og verðmætra eigna innan kerfisins.

Líftími ákveðinna eigna innan vegakerfisins hefur verið mikið til umræðu síðustu ár en oft getur reynt torvelt að finna nákvæman líftíma þeirra þar sem hann fer mikið eftir umferðar- og umhverfisálagi. Þá er einnig notast við misjafnt slitlag til veglagningar, til að mynda er notast við aðra gerð malbiks á umferðarpungum vegaköflum en á umferðarlitlum. Í töflu 2 hér að neðan má sjá dæmi um meðallíftíma og árlegar afskriftir tiltekinna eigna innan vegakerfisins líkt og hann er metinn af finnsku stofnunninni RAKLI, sem sérhæfir sig í mati á innviðum og þjónustustigi þeirra (Saarinen, 2007).

Tafla 2 Líftími eigna

Tegund eignar	Líftími eigna	Árleg afskrift	Hrakvirði
Vegir			
• Undirbygging	20-50 ár	2-5%	0%
• Slitlag	10-20 ár	5-10%	0%
• Brýr	25-100 ár	1-4%	0%
• Aðrar eignir	5-20 ár	5-20%	0%
Ókláruð vegamannvirki		0%	100%
Landareignir		0%	100%

Heimild: (Saarinen, 2007).

Sjá má að líftími undirbygginga og brúa er verulega breytilegur en í því samhengi má nefna að stór og mikil mannvirki hafa tilhneigingu til að endast lengur en önnur. Sumir hlutar vegakerfisins verða ekki fyrir beinum áhrifum umferðarálags¹⁸ og því hentar vel að notast við línulega afskriftaraðferð fyrir þær eignir. Fyrir þær eignir sem verða fyrir áhrifum af umferðarálagi er raunhæfara að notast við afskriftir á borð við öfuga ársummuðferð eða jafnvel miða við raunverulega ástandsryrnun hverju sinni. Hins vegar er erfitt að meta raunverulega ástandsryrnun fram í tímann og því verður að nýta upplýsingar um áætlaðan líftíma eigna svo nálgast megi eðlilega fjáruþlutun til vegakerfisins (Saarinen, 2007).

Hér að ofan hefur virðismat vegakerfisins verið kynnt til sögunnar ásamt því hvernig mismunandi eignir innan þess hafa misjafnan líftíma. Sumar eignir verða fyrir beinu álagi umferðar og aðrar ekki. Þá fer viðhaldspörf vegakerfisins að miklu leyti eftir ýmsum þáttum sem erfitt er að spá fyrir um. Til að mynda hefur umferðarþungi, umhverfisálag, efnispættir og veðrun áhrif á líftíma eigna vegakerfisins. Að því sögðu er nánast ómögulegt að segja til um með fullkominni vissu hvert raunverulegt fjárveitingastig til viðhalds ætti að vera á hverju ári. En er mögulegt að sýna fram á hagræn áhrif heildarfjárveitinga og viðhalds til vegakerfisins? Áhrif opinberra útgjalda koma yfirleitt fram í formi jákvæðra ytri áhrifa á framleiðslu, það er auka framleiðni einkaaðila. Yfirleitt

¹⁸ Svo sem lýsing, neðsta burðarlag og fleira.

er aðeinst horft til nýfjárfestingar en ekki tekið tillit til að sömuleiðis þarf að viðhalda vegakerfinu. Bæði fjárfestingar og viðhald hafa áhrif á getu eigna og því er vert að horfa til hagrænna áhrifa vegakerfisins.

4 Hagræn áhrif samgöngumannvirkja

Vegakerfi hafa gegnt mikilvægu hlutverki í alþjóðlegri efnahagsþróun síðustu áratugi þrátt fyrir nýjar samskipaleiðir á borð við farsíma og internet. Næstum allir verða fyrir einhverskonar áhrifum af notkun vega, beinum og/eða óbeinum. Skipta má hagsmunaaðilum vegakerfisins upp í fjóra hópa (Hartmann o.fl., 2012):

1. Hagsmunaaðilar sem verða fyrir beinum áhrifum
2. Hagsmunaaðilar sem verða fyrir óbeinum áhrifum
3. Hagsmunaaðilar sem hafa bein áhrif
4. Hagsmunaaðilar sem hafa óbein áhrif

Hópur eitt felur í sér hagsmunaaðila sem upplifa áhrif vegasamgangna. Aðilarnir njóta góðs af bættum samgöngum en verða sömuleiðis fyrir neikvæðum áhrifum af mengun og hættunni sem af umferðinni stafar. Hægt er að skipta hópnum upp í vegfarendur og íbúa á áhrifasvæði vega. Skipta má vegfarendum aftur upp í tíða notendur, einstaka notendur og svo mætti áfram telja. Einstaklingar eða stofnanir sem staðsettar eru nálægt vegum verða fyrir áhrifum af vegasamgöngum. Sá flokkur inniheldur til að mynda íbúðarhúsnæði, verslunarhúsnæði, sveitabýli, sjúkrahús og fleira (Hartmann o.fl., 2012).

Hópur tvö samanstendur af hinu opinbera, stofnunum og öðrum stuðningshópum. Þessir aðilar njóta óbeint góðs af endurbótum vegamannvirkja og verða sömuleiðis fyrir óbeinum neikvæðum áhrifum af hnignun þeirra. Til óbeinna áhrifa má telja staðarval fólks og fyrirtækja sem getur leitt til breyttrar tekjumyndunar ríkis og sveitarfélaga (Hartmann o.fl., 2012).

Þriðji hópurinn inniheldur hagsmunaaðila sem hafa bein áhrif á frammistöðu vegakerfa með ákvörðunum sínum og aðgerðum. Hópurinn inniheldur stjórnvöld sem setja verklagsreglur og taka ákvörðun um fjárveitingu til vegaf framkvæmda. Þjónustuaðilar vegakerfa fylgja síðan verklagsreglum stjórnvalda (Hartmann o.fl., 2012). Meðal þjónustuaðila á Íslandi má nefna Vegagerðina, Samgöngustofu og verkfræðistofur.

Fjórði og síðasti hópurinn eru þeir hagsmunaaðilar sem hafa óbein áhrif á vegasamgöngur í gegnum ákvarðanir og starfsemi sína. Til slíkra aðila má nefna eigendur

vega sem eru ábyrgir fyrir vegum og ástandi þeirra. Á Íslandi telst hið opinbera vera eigendur vega þar sem þeir eru ábyrgir fyrir fjárúthlutunum til vegaf framkvæmda. Þá má einnig nefna tryggingarfélag sem hagsmunaaðila sem tryggir þá áhættu sem upp kemur við notkun, byggingu, rekstur og viðhald á vegum.

4.1 Hagræn áhrif vegasamgangna

Almennt séð er hægt að skipta áhrifum fjárveitinga til vegamála upp í tvo flokka. Annars vegar má nefna innri áhrif á ferðakostnað vegfarenda og hins vegar þau ytri áhrif sem samfélagið og hagkerfið í heild verða fyrir. Helstu áhrif samgangna varða aðgengi, umferðaröryggi og flutningskostnað.

Í mörgum ríkjum nota stjórnvöld vegamála svokallaða kostnaðar- og ábatagreiningar (e. Cost benefit analysis, hér eftir skammstafað K-Á) fyrir vegaf ramkvæmdir. Fræðileg skilgreining á K-Á er mjög víð og því eru skýr alþjóðleg viðmið um hvernig haga skuli mati á samgönguverkefnum með aðferðafræðinni. K-Á veitir bætta yfirsýn fyrir ákvörðunartöku með því að greina áhrif vegaf ramkvæmda (Lindfors, 2014).

Til að meta hvort fjárfesting í vegakerfi er kostnaðarskilvirk er núvirtur stofn- og rekstrarkostnaður samgöngumannvirkja borinn saman við núvirtan ábata sem felst í lækkun ferðakostnaðar. Iðulega er horft til nokkurra ára í matinu. Þar er notast við stöðluð einingaverð ferðakostnaðar við mat á samfélagslegum sparnaði. Horft er fram hjá áhrifum eins og tilvistargildi náttúru eða röskunum á fegurðargildi (Lindfors, 2014).

Ferðakostnaði er iðulega lýst með eftirfarandi jöfnu:

$$K = D + T + E = pF + vT \quad (1)$$

Þar sem K táknar heildarkostnað notanda samgöngumannvirkis. D táknar fjarlægðarháðan aksturskostnað háðan einingarverði¹⁹, T er tímakostnaðurinn, háður tímavirði hvers notanda og ferðatíma. Þá geta ytri áhrif samgangna E verið bæði jákvæð og neikvæð. Kostnaður samfélagsins vegna ytri áhrifa frá vegasamgöngum getur orðið viðamikill (Lakshmanan, 2011).

¹⁹ T.d. bensínkostnaði, afskriftum, smurólíukostnaði o.s.frv.

Jafna 1 er því oft útvíkkuð til að taka einnig tillit til ytri áhrifa en eftirfarandi ytri áhrifaþættir skipta máli í tengslum við samgöngur og lesa má nánar um þá síðar í ritgerðinni:

- Slysa
- Loftmengun og loftlagsáhrif
- Hávaðamengun
- Þrengsli og vegslit

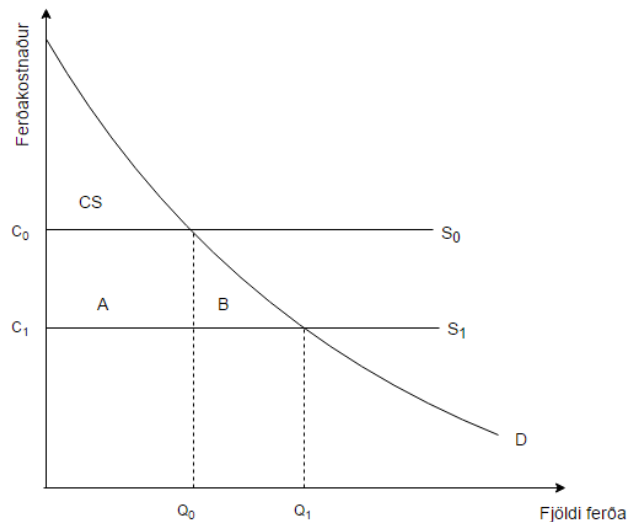
Þannig er jöfnu 1 umbreytt í jöfnu 2:

$$\text{Samfélagslegur kostnaður: } K = D + T + E = pF + vT + \bar{y}\bar{E} \quad (2)$$

Hér er \bar{y} vigur einingaverða fyrir ofantalda ytri áhrifaþætti og \bar{E} vigur ytri áhrifa í magnstærðum til dæmis minnkun í loftmengun, hávaða eða fækkun slysa (Lakshmanan, 2011).

Eftirspurn eftir samgöngum milli svæða er háð mörgum stærðum og lögun eftirspurnarferla ýmis konar. Almennt má þó telja að samgöngur milli svæða aukist þegar ferðakostnaður lækkar. Á myndum 14 og 15 má sjá þann ábata sem lækkun ferðakostnaðar hefur í för með sér. Mynd 14 sýnir ábatann ef horft er til ferðakostnaðar án ytri áhrifa. Þar er eftirspurn ferða D sem táknar fjölda ferða sem yrðu farnar við gefið kostnaðarstig. Fjöldi ferða ákvarðast þar sem eftirspurn og framboð S mætast. Svæði CS er skilgreint sem neytendaábat²⁰ vegasamgangna (Lakshmanan, 2011).

²⁰ Neytendaábat²⁰ mælir efnahagslega velsæld út frá sjónarhóli neytenda.



Mynd 14 Lækkun ferðakostnaðar án ytri áhrifa

Heimild: (Lakshmanan, 2011).

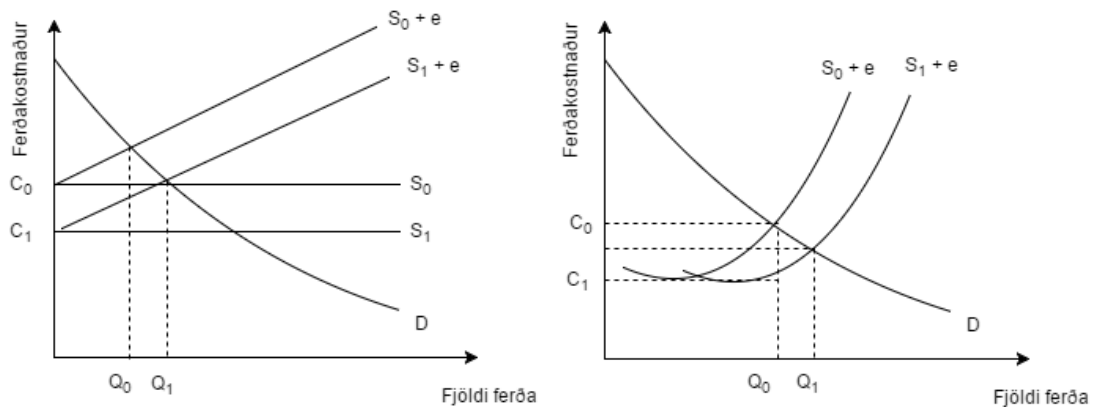
Neytendaábatí eykst við kostnaðarlækkun sem samgöngubót veldur. Svæði A táknar aukinn ábata núverandi notenda samgöngubótarinnar $(C_0 - C_1) * Q_0$ vegna lækkunar ferðakostnaðar. Svæði B táknar síðan ábata nýmyndaðrar umferðar $((C_1 - C_0)(Q_1 - Q_0))/2$ þar sem C er ferðakostnaður. Hægt er að ákvarða svæði A og B með verð á einingum tíma og fjarlægðar og umferðarmagni fyrir og eftir²¹. Þar sem fjöldi ferða er frábrugðinn því sem var fyrir endurbætur verður neytendaábatinn svæði $CS + A + B$ við kostnaðarlækkun, það er aukning um $A+B$. Sú dreifing gæða sem hámarkar ábata vegfarenda og stjórnvalda er sögð vera skilvirk. Hér er þá aðeins horft til ábata í tíma og beinum útgjöldum. Þá á eftir að horfa til ytri áhrifa, sem geta flækt málið umtalsvert(Lakshmanan, 2011).

Á mynd 15 má sjá framboðs- og eftirspurnarkúrvur samgangna þegar að einnig hefur verið tekið tillit til ytri áhrifa²². Hægt er að útfæra þessa nálgun á ýmsa vegu. Til að mynda mun bætt þjónustustig vegakerfisins bæði leiða til jákvæðra og neikvæðra ytri áhrifa. Loftmengun hefur til að mynda neikvæð ytri áhrif sem aukast frekar við aukna umferð. Mynd 15 sýnir kostnað vegfarenda vegna ferða S að viðbættum ytri kostnaði e. Vegna

²¹ Tímavirði er metið mismunandi eftir því hvort átt er við vinnutíma eða frítíma. Einingaverð fjarlægðar samanstanda af eldsneytiskostnaði o.s.frv.

²² Kúrvurnar geta verið ýmis konar, upphallandi, kúptar eða hvelfdar, allt eftir því hvort aukin umferð feli í sér aukinn kostnað eða lækkandi kostnað.

Þess að ferillinn S_0 er upphallandi er áætlaður ábati minni en á Mynd 14. Þá veldur ytri kostnaður svokölluðum markaðsbresti sem eru frávik frá forsendum fullkominnar samkeppni og hefur í för með sér allratap²³. Markaðsbrestir valda því að dreifing gæða á markaði verður ekki skilvirk. Ef ætlun framkvæmda er að draga úr mengun þarf að sýna fram á jákvæða aðlögun, það er að framkvæmdir skili sér í minni mengun. Til að það sé möguleiki þarf að vera hægt að reikna út fjárhagsvirði ytri kostnaðar og draga hann frá neytendaábatanum (Lakshmanan, 2011).



Mynd 15 Lækkun ferðakostnaðar með ytri áhrifaþáttum

Heimild: (Lakshmanan, 2011).

Einfaldast er að útskýra ytri kostnað með einföldu dæmi. Þar sem þrengsli hafa áhrif má skipta út láréttu framboðskúrfunni S_0 með upphallandi kúrfu S_0+e þar sem ferðatími er vaxandi fall af fjölda vegfarenda. Hafa þer í huga að áhrif þrengsla á ákveðnum vegaköflum geta haft áhrif á aðra nærliggjandi vegi (Lakshmanan, 2011). Almenn uppbygging og viðhald vegakerfisins mynda leið sem stjórnvöld geta nýtt sér til eflingu hagvaxtar. Ef vegakerfi er í góðu ásigkomulagi eykst aðgengi að mörkuðum, skemmdir á bílum verða minni, slysum fækkar og fleira (Lakshmanan, 2011).

Hér á undan hefur verið kynnt mikilvægi þess að viðhalda vegum og hverjir verða fyrir áhrifum frá vegakerfinu, þar sem illa viðhaldið vegakerfi getur haft kostnað í för með sér fyrir samfélagið. Eitt af því sem vert er að skoða er hvort útgjöld til vegamála hafi áhrif á hagvöxt til lengri tíma litið. Í raun þarf að draga tvær ályktanir frá því sem skoðað hefur verið hér að ofan. Í fyrsta lagi þarf að taka tillit til bæði fjárfestinga og viðhalds þegar

²³ Allratap er það tap sem hlýst af markaðsbresti og sem dæmi má nefna einokunarmarkaði og ytri áhrif.

greina á hagvaxtaráhrif vegna fjárveitinga hins opinbera. Í öðru lagi skiptir hlutfallsleg skipting milli fjárfestinga og viðhalds miklu máli þar sem það getur haft áhrif á frammistöðu hagkerfisins (Kalaitzidakis og Kalyvitis, 2007).

Þrátt fyrir að hagfræðingar telji mikilvægt að taka tillit til vægi viðhaldsútgjalda á móti heildarútgjöldum til fjármagnsstofns hins opinbera, þá eru ekki til ýkja margar rannsóknir sem kanna hagræn áhrif. Líkanið sem sett er fram hér að neðan er ein af fáum rannsóknum á þessu sviði.

4.2 Líkan Fernalds

Nýklassískt líkan Fernald (1999) er nýtilegt til aðstoðar við að kanna hvort fjárveitingar til vegakerfisins hafi áhrif á hagvöxt þegar til lengri tíma er litið. Í stuttu máli er atvinnugreinum hagkerfisins skipt í tvennt, annars vegar greinar sem reiða sig á vegakerfi og hins vegar þær sem gera það ekki. Í líkaninu er fyrst hugað að framleiðsluákvörðunum fyrirtækja sem reiða sig mikið á vegakerfi við sína framleiðslu. Niðurstöður líkansins gefa til kynna að þegar vegasamgöngur taka breytingum, það er batna eða versna, ætti framleiðni fyrirtækja að taka meiri breytingum í atvinnugreinum sem reiða sig að miklu leyti á vegakerfi heldur en þeirra sem það ekki gera (Fernald, 1999).

4.2.1 Uppbygging líkans

Fyrir sérhverja atvinnugrein ímyndar Fernald sér að framleiðsla Y sé háð fjármagni K að undanskyldum ökutækjum (e. nonvehicle capital) og vinnuafli L . Þá er fjármagn atvinnugreina sem reiða sig á vegakerfið táknað með T . Til nánari útskýringar má lýsa T sem fjármagni (K) fyrir öll þau fyrirtæki er reiða sig á vegakerfið við sína starfsemi. Framleiðsla er einnig háð Hicks-hlutlausum tæknibreytingum²⁴ A . Fyrirtæki sem reiða sig á vegakerfið við framleiðslu sína treysta annars vegar á þjónustustig vega, G , sem hið opinbera sér um að fjármagna, og hins vegar á fjölda ökutækja í atvinnugreininni, V . Þar af leiðandi má skrifa framleiðslufallið með eftirfarandi hætti²⁵ (Fernald, 1999):

²⁴ Hicks-hlutlaus tæknibreyting er breyting í framleiðslufalli í atvinnugrein sem fullnægir tilteknum skilyrðum um efnahagslegt hlutleysi. Breyting telst Hicks-hlutlaus ef breytingin hefur ekki áhrif á jafnvægi vinnuafls og fjármagns í framleiðslufalli tiltekinnna gæða.

²⁵ Taka skal eftir að ekki er vitnað í tíma hér til einföldunar á líkaninu.

$$Y_i = AF(K, L, T[(V, G)]) \quad (3)$$

Athuga skal hér að Fernald meðhöndlar aðkeypta (e. purchased) og framleidda (e. produced) flutninga á mismunandi hátt. Virðisauki fengin frá millistigsvöru (e. intermediate good) nettast út í framleiðslu. Sem dæmi má nefna að ef fyrirtæki greiðir fyrir flutningsþjónustu skapar það virði fyrir vöruflutningageirann (e. trucking sector) en ekki innkaupa geirann (e. purchasing sector) (Fernald, 1999).

Fernald gerir einnig ráð fyrir að sérhvert fyrirtæki sé fullkomlega samkeppnishæft og með fasta stærðarhagkvæmni í framleiðslu²⁶. F_J táknar afleiðu framleiðslufallsins F með tilliti til allra aðfanga J . Fernald býr til kostnaðarfall og kostnaðarlágmörkun felur þá í sér að teygni²⁷ framleiðslu með tilliti til J , F_{JJ}/F , jafngildi hlutfalli aðfanga í tekjum, S_J . Gert er ráð fyrir að ekki sé um neinn efnahagslegan hagnað að ræða svo hlutfall aðfanga af tekjum fengið frá einkaaðilum er jafnt einum. Þrátt fyrir að ekki sé mögulegt að kanna teygni framleiðslu með tilliti til vegakerfisins er mögulegt að sýna það í samanburði við teygni ökutækja að gefnu hlutfalli S_V (Fernald, 1999).

$$\frac{F_{GG}}{F} = \left(\frac{F_{GG}}{F_V V}\right) * \left(\frac{F_V V}{F}\right) = \emptyset * S_V \quad (4)$$

Þar sem stuðullinn \emptyset er hlutfall teygni framleiðslu með tilliti til umfangs vegakerfisins annars vegar og fjölda ökutækja hins vegar. Stuðullinn er stærri en einn ef teygni framleiðslu með tilliti til umfangs vegakerfisins er stærri en teygni framleiðslu með tilliti til fjölda ökutækja. Það gæti bent til þrengslaáhrifa á vegum. Ef stuðullinn er neikvæður er það merki þess að fjárfesting í vegum eða ökutækjum dragi úr skilvirkni hagkerfisins. Gert er ráð fyrir að \emptyset sé jákvæð stærð sem fangar þá hugmynd að vegakerfi hafi mikil áhrif á atvinnugreinar sem reiða sig á vegasamgöngur. Svo lengi sem \emptyset er jákvæð stærð²⁸ heldur jafna (5) gildi sínu (Fernald, 1999). Stuðullinn S_V er teygni framleiðslu með tilliti til fjölda eða verðmætis bílaflotans.

²⁶ Þar sem kostnaður helst stöðugur þrátt fyrir að framleiðsla vaxi.

²⁷ Teygni er mælikvarði á það hvaða áhrif verðbreytingar á vöru eða þjónustu hafa á eftirspurn eftir henni. Fyrir vegakerfi ef ferðakostnaður breytist er um verðbreytingu að ræða.

²⁸ Jafnvel þótt hún sé ekki fasti yfir tíma eða atvinnugreinar.

Til einföldunar útfærir Fernald tæknistig hagkerfisins á einfaldari máta þannig túlka megi niðurstöður líkansins á auðveldari hátt. Hann umbreytir því gildi T í jöfnu (3) yfir í gildi \emptyset og þannig má sýna fram á að gildið sé jafngilt hlutfalli milli stuðla G og V (Fernald, 1999):

$$\emptyset = \frac{T_G G}{T_V V} \quad (5)$$

Til enn frekari einföldunar gerir Fernald ráð fyrir að allar atvinnugreinar nýti sömu þjónustu vegakerfisins T. Restin af framleiðslufallinu heldur sér þannig að teygni vega getur breyst yfir tíma svo lengi sem fjöldi ökutækja sé tiltölulega sá sami. Þessi útfærsla á T veitir fyrstu gráðu nálgun á framleiðslufallinu og einfaldar vandamálið í leiðinni. Fyrsta gráðu nálgunin hjálpar hins vegar ekki til við ályktanir um jaðarframleiðni vegakerfisins, þar kemur að annarrar gráðu skilyrðum. Mögulegt er að útfæra almennara fallform með því að leyfa \emptyset að breytast yfir tíma (Fernald, 1999).

Solow leifarliður²⁹, dp , mælir vöxt í framleiðni vegna aukinna aðfanga einkaaðila til framleiðslu. Gert er ráð fyrir að dj tákni vaxtarhraða aðfanga, J , dJ/J . Ef tekið er heildar afleiða framleiðslufallsins (3), með því að skipta út hlutfalli aðfanga með teygni framleiðslu ásamt því að endurraða jöfnunni fær Fernald (Fernald, 1999).

$$dp = dy - s_K * dk - s_L * dl - s_V * dv = \emptyset * (s_V * dg) + du \quad (6)$$

Sjáanlegur framleiðnivöxtur er háður tækni skellum (e. technology shocks) du að viðbættu framlagi stjórnvalda til vegamála. Þjónustustig vega kemur til með að hafa ytri áhrif fyrir vegfarendur líkt og nefnt hefur verið hér að ofan (Fernald, 1999).

Heildarframleiðni skellir (e. productivity shocks) \overline{dp} jafngilda vegnu meðaltali af skellum atvinnugreina (Fernald, 1999):

$$\overline{dp} = \sum w * dp \quad (7)$$

Þar sem hlutfall atvinnugreina, w , af landsframleiðslu er bætt við samanlagðan virðisauka að nafnvirði. Þar af leiðandi verður (Fernald, 1999):

$$\overline{dp} = \emptyset * \bar{s}_V dg + \overline{du} \quad (8)$$

²⁹ Solow leifarliður er fall sem lýsir framleiðnivexti í hagkerfi frá ári til árs og frá áratugum til áratuga. Robert Solow skilgreinir vaxandi framleiðni sem vaxandi framleiðslu miðað við stöðugt fjármagn og vinnuafli.

Fjárfestingar hins opinbera og þar með vöxtur vegakerfisins, dg , getur verið háður vexti í framleiðslu sem aftur er háð vexti í framleiðni \overline{du} . Í þessu tilfelli verður aðferð minnstu kvaðrata í jöfnu (8) fyrir bjögun (Fernald, 1999).

Á þessu stigi gerir Fernald ráð fyrir eftirfarandi aðhvarfs-niðurbroti (e. regression decomposition):

$$du = \beta * \overline{du} + \varepsilon \quad (9)$$

Leifarliðurinn ε úr jöfnu (9) eru hornrétt ofanvarp (e. orthogonal) við samanlagða framleiðni skelli og þar af leiðandi við vaxtarhraða fjármagnsstofns hins opinbera. Gildin $\beta * \overline{du}$ mæla skilyrta eftirvæntingu af tækni skellum í atvinnugrein i , að gefnu samanlögðum framleiðni skell. Meðal „hagsveiflu stuðull“ (e. cyclical parameter) β er jafn einum. Ef framleiðni skellir verða til dæmis um eitt prósentustig mun dæmigerður atvinnugeiri verða fyrir framleiðni skell upp á eitt prósentustig sömuleiðis (Fernald, 1999).

Með því að setja jöfnur (8) og (9) inn í jöfnu (6) kemur út eftirfarandi matsjafna (e. estimating equation) (Fernald, 1999):

$$\begin{aligned} dp &= \emptyset * s_V * dg + \beta * \overline{du} + \varepsilon \\ &= \emptyset * s_V * dg + \beta [\overline{dp} - \emptyset * \overline{s_V} dg] + \varepsilon \\ &= \emptyset * (s_V - \beta \overline{s_V}) dg + \beta \overline{dp} + \varepsilon \end{aligned} \quad (10)$$

Þessi ólínulega aðhvarfsjafna, sem nánar verður útfærð í næsta undirkafla, er grundvöllur fyrir þeirri aðferðafræði sem fellst í rannsóknaraðferð þessarar ritgerðar.

Ekki þarf svo að vera að útleiðsla Fernalds hér að ofan haldi í öllum tilfellum. Engu að síður ætti aðferðafræðin að halda við flest tilfelli, svo lengi sem vegir auki framleiðni áhrif fyrir atvinnugreinar sem reiða sig á vegakerfi. Samkvæmt hagfræðilegum kenningum hafa aukin ríkisútgjöld áhrif á hagvöxt ef slaki er í hagkerfinu. Í líkani Fernald er aftur á móti hugsunin sú hvort bættar vegasamgöngur auki skilvirkni í hagkerfinu og hafi þannig áhrif á hagvöxt. Áhrif á borð við aukna ávöxtun, tæknibreytingar eða annað skipta aðeins máli ef það er marktæk fylgni milli þessara þátta og skilvirkni vegakerfisins. Lítil ástæða er að svo stöddu til að búast við slíku sambandi. Þar að auki er öll bjögun³⁰ líkleg til að hafa lítil sem engin áhrif í samanburði við heildar hagvaxtaráhrif (Fernald, 1999).

³⁰ Sem bæði getur haft jákvæð og neikvæð áhrif.

4.2.2 Beiting aðferðafræðinnar

Samkvæmt ytri hagvaxtarlíkönum³¹ ákvarðast hagvöxtur til langs tíma eingöngu af fólksfjölgun og tæknibreytingum. Slíkar kenningar spá fyrir um að lífskjör í fátækum og ríkum löndum jafnist út þegar til lengri tíma er litið. Raungögn benda hins vegar á að svo sé ekki. Ef horft er á innri hagvaxtarlíkön stendur hagvöxtur í jákvæðu sambandi við sparnaðarhlutfall, tækniframfarir og aukna hagkvæmni. Slíkar kenningar benda á að stjórnvöld og þjóðir geta haft áhrif á hagvöxt til lengri tíma með þeim ákvörðunum sem teknar eru í samfélaginu. Í dag er talið að fjárveitingar til innviða, fjármunamyndun og vinnuafli ásamt tækniframförum, framleiðni, frjálsum viðskiptum, lágrí verðbólgu og lítilli spillingu séu helsta driffjöður hagvaxtar (Weil, 2005). Umdeildara er hins vegar hvaða áhrif fólksfjölgun og tekjujöfnuður hafa á hagvöxt. Líkan Fernalds er innri hagvaxtarlíkan þar sem tekið er tillit til fleiri þátta en í ytri líkönum.

Líkan Fernalds er grundvöllur fyrir þeirri aðferðafræði sem fer í að svara þeim rannsóknarspurningum sem settar voru fram í inngangnum hér að framan. Þá má nálgast frekari túlkun á aðferðafræðinni í viðauka I. Þegar kemur að íslenska vegakerfinu getur það reynst erfitt að greina fjárveitingar þar sem vegakerfið er fremur nýlegt og fremur umfangsmikið miðað við höfðatölu. Til að kanna hagræn áhrif fjárveitinga til vegakerfisins er varpað ljósi á tölfræðilegt samband milli viðhaldsútgjalda til vegakerfisins, nýfjárfestinga og hagvaxtar. Við það er notast við skýrslur samgönguráðherra og tölur frá Vegagerðinni aftur til ársins 1964. Fjármunamyndun (K) og hlutfall starfandi (L) eru nýttar sem nálgunarbreytur og kannað hvort, og þá hversu mikið, skýra megi hagvöxt af þeim fjárveitingum sem fara til vegakerfisins á ári hverju.

Fernald skiptir K annars vegar upp í atvinnugreinar er reiða sig á vegakerfið og hins vegar þær sem gera það ekki. Íslensk gögn eru bundin þeirri takmörkun að ekki er mögulegt að skipta atvinnugreinum á þann hátt og því er tekin saman fjármunamyndun fyrir heildarhagkerfið við úrvinnslu þessarar ritgerðar.

Margir sérfræðingar hafa bent á að nýframkvæmdir vegakerfa séu ekki aðeins mikilvægar. Viðhald vega er einnig mikilvægur hluti af öryggi vegakerfisins, arðsemi þess og hagkerfisins í heild. Þar með þurfa stjórnvöld ekki aðeins að huga að

³¹ Líkön sem kanna áhrif á heildir, líkt og atvinnugreinar, samfélag og þess háttar.

heildarfjárveitingum til vegakerfisins heldur einnig hversu miklum fjármunum á að verja til fjárfestinga og hversu miklu til viðhalds. Samband milli viðhalds og nýfjárfestinga má sjá á Mynd 18 í viðauka II (Kalaitzidakis og Kalyvitis, 2007).

Segja má að allar fjárveitingar hins opinbera falli einhversstaðar á milli þess að vera einkagæði og almannagæði. Einkagæði eru gæði sem yfirleitt er verslað með á mörkuðum í hagkerfinu. Þar myndast verð, eftirspurn og framboð og hlutirnir ganga nokkuð reglubundið fyrir sig. Öðru máli gegnir þegar kemur að gæðum sem eru án markaðsverðs, það eru almannagæði. Í því sambandi er gerður tvíþættur greinarmunur á gæðum. Annars vegar hvort hægt sé að útiloka fólk frá því að njóta gæðanna og hins vegar hvort notkun þeirra minnki notagildi fyrir aðra. Vandamál almannagæða er svokallað laumufarþegavandamál (e. free rider problem). Það þýðir að ekki er mögulegt að útiloka neinn frá notkun gæðanna um leið og þeim hefur verið ráðstafað. Þar af leiðandi er enginn hvati fyrir einstaklinga til að greiða fyrir gæðin þar sem mögulegt er að njóta þeirra án þess að greiða fyrir þau. Því eru almannagæði fjármöggnuð alfarið í gegnum skattheimtur ríkisins. Dæmi um almannagæði eru til að mynda löggæsla og slökkvilið (Ágúst Einarsson, 2005).

Vegakerfið fellur á milli þess að vera einkagæði og almannagæði. Skilgreina má vegakerfið sem það sem kallast á ensku *contested public good* eru gæði sem ekki er hægt að útiloka fólk frá því að njóta, en aukin notkun hefur áhrif á aðra neytendur. Þegar vegir hafa verið lagðir geta flestir notið þeirra, til dæmis allir sem hafa bílpróf. Á sama tíma minnkar notagildi annarra að ákveðnu leyti þegar ekið er á ákveðnum vegum. Þrengsli á vegum kunna ekki að hafa áhrif í fyrstu þegar nýr vegur hefur verið lagður, en með aukinni notkun munu þrengsli og tafir í umferðinni aukast (Fernald, 1999).

Fernald dregur upp einfalt líkan til að kanna áhrif þrengsla á vegakerfið þar sem þjónustustig þess er skilgreint sem G :

$$G = \frac{R}{C^k} \quad (13)$$

Hér er R skilgreint sem virði vegakerfisins og C einhverskonar mælikvarði á notkun vegakerfisins og þar með þrengslum (Fernald, 1999).

Robert Barro (1995) benti á að C gæti verið góð nálgunarbreyta (e. proxy) til að kanna áhrif á langtíma hagvöxt. Þá nýtir Gregory Mankiw (1992) C sem fjölda ökutækja (e.

vehicle stock) í ákveðnu hagkerfi. Fernald skoðar hins vegar fjölda ekinni kílómetra sem nálgunarbreytu (Fernald, 1999).

Ekki er mögulegt að nálgast alla þá mælikvarða sem Fernald setur fram í líkani sínu og því er gerð ákveðin umritun sem gera skal nánari skil á. Fyrst þarf að stilla upp ákveðnu Cobb-Douglas³² falli fyrir landsframleiðslu þar sem tekið er tillit til fjármunamyndunar og vinnuafls. Með því að líta á þessa þætti má kanna áhrif þeirra á hagvöxt. Til að mynda fyrir ákveðna fjármunamyndun mun aukið vinnuafll orsaka lægri fjármunamyndun á sérhvern einstakling í hagkerfinu. Því hafa þessir þættir mikil áhrif á hagkerfið í heild (Mankiw, Romer og Weil, 1992).

$$Y = K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (14)$$

Þar sem Y tákna landsframleiðslu, K er fjármagn og L vinnuafll. Hér er gert ráð fyrir fastri stærðarhagkvæmni. Til einföldunar er ákjósanlegt að nýta logaritma fyrir tíðni breytinga á áhrifaþáttum fallsins (Mankiw, Romer og Weil, 1992).

$$\ln(Y) = \alpha \ln(K) + (1 - \alpha)\ln(L) \quad (15)$$

Tekin er fyrsta afleiða með tilliti til tíma báðum megin við jafnaðarmerkið:

$$\frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} = \alpha \frac{1}{K} \frac{dK}{dt} + (1 - \alpha) \frac{1}{L} \frac{dL}{dt} \quad (16)$$

Þar eru mælikvarðarnir skilgreindir á eftirfarandi hátt (Mankiw, Romer og Weil, 1992).

Vöxtur landsframleiðslu: $\frac{1}{Y} \frac{dY}{dt} = G_Y$

Vöxtur fjármagnsstofns: $\frac{1}{K} \frac{dK}{dt} = G_K$

Vöxtur vinnuafls: $\frac{1}{L} \frac{dL}{dt} = G_L$

Þar með má rita:

$$G_Y = \alpha G_K + (1 - \alpha)G_L \quad (17)$$

Þar sem α er hlutfall fjármunamyndunar af landsframleiðslu. Ákjósanlegt er að skipta fjármunamyndun upp í einka- og opinbera fjármunamyndun án húsnæðis. Þá verður jafna 17 að ofan (Mankiw, Romer og Weil, 1992):

³² Í hagfræði er Cobb-Douglas framleiðslufall ákveðið fallform af framleiðslufallinu. Fallformið er mikið notað til að tákna tæknileg tengsl milli tveggja eða fleiri aðfanga. Sérstaklega fjármagns og vinnuafls.

$$G_Y = \alpha G_{K1} + \beta G_{K2} + (1 - \alpha - \beta)G_L \quad (18)$$

Þar sem α táknar hlutfall einkafjármunamyndunar og β táknar hlutfall opinberrar fjármunamyndunar af landsframleiðslu. Út frá upplýsingum Hagstofu Íslands er mögulegt að finna meðaltals gildi fyrir α og β . Meðaltals gildi fyrir α frá árinu 1964 er 0,14 og fyrir β 0,02. Þar með má rita jöfnu 18 sem:

$$G_Y = 0,14G_{K1} + 0,02G_{K2} + 0,84G_L \quad (19)$$

Heimild: (Hagstofa Íslands, e.d.-c og eigin útreikningar)

Þegar komið er á þetta stig má reikna út svokallaðan Solow leifarlið, $s(t)$, (e. Solow residual) samanborið við leifarlið Fernalds en hann er ritaður á eftirfarandi hátt.

$$s(t) = G(t) - (0,14G_{K1} + 0,02G_{K2} + 0,84G_L) \quad (20)$$

Þar sem $G(t)$ er skilgreint, í þessu tilfalli, sem heildar ríkisútgjöld. Þar með má nýta líkan Fernalds og skilgreina matsjöfnu:

$$s(t) = F(t) + V(t) + X(t) + X^2(t) + L(t) + B(t) \quad (21)$$

Þar sem $s(t)$ er Solow leifarliðurinn. Þá er $F(t)$ skilgreint sem heildarfjárveitingar til vegakerfisins, sem hlutfall af landsframleiðslu, sérhvert ár. Þá táknar $V(t)$ viðhaldsútgjöld til vegakerfisins af heildarfjárveitingum. $X(t)$ er síðan aukning í lengd þjóðvegakerfisins, þar sem vegafarmkvæmdir hafa það að markmiði að bæta, breyta, stækka eða minnka núverandi kerfi. Gildið er síðan sett í annað veldi til að kanna fyrir annarsstigs áhrifum sem nánar verður komið að síðar. $L(t)$ táknar hlutfall vinnuafis og að lokum táknar $B(t)$ aukningu í fjölda ökutækja á mann þar sem fjöldi ökutækja kann að hafa áhrif á vegi líkt og áður hefur verið komið að.

Markmið þessarar ritgerðar er að kanna hvort fjárveitingar til vegamála geti skýrt heildarbreytileika hagvaxtar og þá hversu mikið. Þar er markmiðið að kanna hvort nýframkvæmdir hafi verið of eða vanfjármagnaðar hér á landi og hvort slíkt hafi áhrif á hagvöxt til lengri tíma er litið.

Við framsetningu á niðurstöðum eru kannaðir fyrsta-, annars-, og þriðjastigs áhrifaþættir sem horfa til þess hvort um ólínulegt samband³³ sé að ræða milli hagvaxtar og fjárveitinga. Niðurstöðurnar má nálgast **Error! Reference source not found.** hér að neðan. Í töflunni má finna gildi fyrir breyturnar sem teknar voru til skoðunar en framkvæmdar voru fimm aðhvarfsgreiningar og er hér hverri og einni gerð skil.

Tafla 3 Áhrif heildarfjárveitinga og viðhaldsútgjalda til vegakerfisins á s(t)³⁴

Breytur	Líkan (1.1)	Líkan (1.2)	Líkan (1.3)	Líkan (1.4)	Líkan(1.5)
Fasti	-0,15 (0,004)***	-0,15 (0,004)***	-0,15 (0,004)***	-0,15 (0,004)***	-0,15 (0,004)***
Heildarfjárveitingar F(t)	0,05 (0,03)*	0,04 (0,04)	0,05 (0,03)	0,04 (0,04)	0,04 (0,04)
Heildarfjárveitingar F(t) ²		0,02 (0,06)		0,03 (0,08)	0,03 (0,08)
Viðhaldsútgjöld V(t)	0,11 (0,04)***	0,09 (0,04)**	0,11 (0,11)**	0,11 (0,05)**	0,10 (0,05)*
Viðhaldsútgjöld V(t) ²			-0,01 (0,08)	-0,03 (0,10)	-0,07 (0,12)
Viðhaldsútgjöld V(t) ³					0,15 (0,28)
Lengd vegakerfis X(t)	0,85 (0,67)	0,91 (0,71)	0,82 (0,70)	0,89 (0,72)	0,80 (0,75)
Lengd vegakerfis X(t) ²	1,86 (35,05)	-2,45 (37,98)	3,18 (37,78)	-0,29 (38,90)	4,99 (40,58)
Vinnuafli L(t)	-0,28 (0,15)*	-0,27 (0,16)*	0,28 (0,16)*	-0,26 (0,16)	-0,26 (0,16)
Fjöldi ökutækja B(t)	-0,30 (0,11)*	-0,31 (0,12)**	-0,30 (0,11)**	-0,32 (0,12)**	-0,32 (0,01)**
R2-adj	0,35	0,34	0,34	0,32	0,31
D-W	0,99	1,03	0,99	1,04	1,06

Áður en hafist er handa við að útskýra allar þær aðhvarfsgreiningar sem framkvæmdar eru er vert að skýra til hlítar þær stærðir sem teknar eru til skoðunar. Fjárhagsstærðirnar

³³ Til að mynda er lögmálið um minnkandi jaðarafköst ólínulegt og annarsstigs. Lögmálið gefur til kynna að með því að auka einn framleiðsluþátt en halda öðrum óbreyttum er mögulegt að auka afköst í upphafi. Frekari aukning framleiðsluþáttarins kann síðan að hafa takmörkum áhrif og á endanum engin eða neikvæð áhrif á afköst. Þriðja stigs áhrif verða ef fallið er ólínulegt. Sem dæmi aukast afköst í fyrstu en fara síðan minnkandi eftir því sem á líður. Síðan nær fallið lágmarki og fer hækkandi að nýju.

³⁴ Mat á því hvort stuðlarnir séu marktækir eður ei má sjá á staðalskekkjunum. Þar gefur eitt stjörnumerki til kynna að stuðullinn er marktækur miðað við 10% marktæktarkröfu, tvö stjörnumerki þýða að stuðullinn er marktækur miðað við 5% marktæktarkröfu og að lokum gefa þrjú stjörnumerki til kynna að stuðullinn sé marktækur miðað við 1% marktæktarkröfu.

eru prósentubreytingar milli ára sem hlutfall af landsframleiðslu og af heildarfjárveitingum. Aðrar stærðir eru hlutfallsbreytingar milli ára frá 1964 - 2015. Niðurstöður aðhvarfsgreininganna gefa til kynna að óvegið meðaltal fyrir $s(t)$ er -0,15 fyrir öll líkön þegar aðrir stuðlar eru 0. Það bendir til þess að ef allar breytur standa í stað ár frá ári mun $s(t)$ dragast saman um 15%.

Líkan 1.1 kannar fyrstastigs áhrif heildarfjárveitinga og viðhalds til vegakerfisins. Aðlagð skýringarhlutfall (e. adjusted R-squared) er 0,35 og nær líkanið því að skýra út um 35% af heildarbreytileika $s(t)$. Durbin-Watson gildið er marktækt og sýnir fram á að aðhvarfslíkanið falli nokkuð vel að þeim gögnum sem haft er til skoðunar. Tölurnar í svigunum sýna staðalskekkjur hvernar breytu fyrir sig og sömuleiðis hvort breytan sé marktæk eður ei. Líkt og sjá má er stuðullinn fyrir heildarfjárveitingar marktækur upp að 90% marktæktarkröfu. Einnig er stuðullinn fyrir viðhaldsútgjöld marktækur upp að 99% marktæktarkröfu. Þá sýnir líkanið einnig fram á að hlutfallsleg breyting vinnuafis og fjöldi ökutækja á mann hefur neikvæð áhrif á $s(t)$ upp að 90% marktæktarkröfu. Lengd vegakerfisins virðist ekki hafa marktæk áhrif á $s(t)$, en það á við um allar aðhvarfsgreiningarnar sem gerðar eru. Þá er margt enn óútskýrt og því vert að kanna hvort um annarsstigs áhrif fjárveitinga og viðhalds sé að ræða.

Í líkani 1.2 er bætt við fjárveitingum í öðrum veldi til að mögulegt sé að kanna annarsstigs áhrif heildarfjárveitinga til vegakerfisins. Skýringarhlutfallið helst nokkurn vegin í stað og er nú 0,34. Einnig er Durbin-Watson gildið marktækt. Sjá má að stuðlarnir fyrir heildarfjárveitingar eru hvorugir marktækir og því ekki hægt að segja til um með neinni vissu hvort um annarsstigs áhrif sé að ræða. Hins vegar er hægt að segja til um með 95% vissu að aukin viðhaldsútgjöld $V(t)$ hafi jákvæð áhrif á $s(t)$. Það sama á við um hlutfallslegar breytingar vinnuafis sem og fjölda ökutækja og í líkani 1.1 en þeir stuðlar hafa neikvæð áhrif á $s(t)$ upp að 90% marktæktarkröfu.

Í líkani 1.3 er viðhaldsútgjöldum í öðru veldi bætt við líkan 1.1. til að kanna hvort um annarsstigs áhrif viðhaldsútgjalda sé að ræða. Skýringarhlutfallið er slíkt hið sama og í líkani 1.2 og nær líkanið því að skýra um 34% af heildarbreytileika $s(t)$. Þá er Durbin-Watson gildið marktækt og fellur líkanið því nokkuð vel að þeim gögnum sem til skoðunar eru. Sjá má að stuðull $V(t)$ er marktækur upp að 95% marktæktarkröfu en ekki $V(t)^2$ því er ekki hægt að segja með neinni vissu að um annarsstigs áhrif viðhaldsútgjalda sé að ræða.

Þá hafa hlutfallslegar breytingar vinnuafis og fjölda ökutækja neikvæð áhrif á $s(t)$ upp að 90% og 95% marktektarkröfu.

Líkan 1.4 kannar annarsstigs áhrif bæði fyrir heildarfjárveitingar og viðhaldsútgjöld. Skýringarhlutfall líkansins hefur lækkað niður í 0,32 og nær líkanið því að skýra um 32% af heildarbreytileika $s(t)$. Þá gefur Durbin-Watson gildið til kynna að líkanið falli vel að þeim gögnum sem til skoðunar eru. Líkt og líkan 1.2 sýndi eru stuðlar $F(t)$ og $F(t)^2$ hvorugir marktækir og því ekki hægt að segja til um með neinni vissu um hvort annarsstigs áhrif sé að ræða. Stuðull $V(t)$ er hins vegar marktækur sem gefur til kynna að aukin viðhaldsútgjöld hafi jákvæð áhrif á $s(t)$. Þá hafa hlutfallslegar breytingar á fjölda ökutækja á mann neikvæð marktæk áhrif á $s(t)$.

Í líkani 1.5 eru öll áhrif sem áður hafa verið nefnd könnuð saman. Það er fyrsta- og annarsstigs áhrif fjárveitinga og viðhalds að viðbættum þriðjastigs áhrifum viðhaldsútgjalda. Skýringarhlutfallið er nú 0,31 og nær líkanið því að skýra um 31% af heildarbreytileika $s(t)$. Þá gefur Durbin-Watson gildið til kynna að líkanið falli vel að þeim gögnum sem til skoðunar eru. Samkvæmt líkaninu er hægt að segja til um með 90% vissu að viðhaldsútgjöld hafi marktæk áhrif á $s(t)$. Þá hefur hlutfallsleg breyting ökutækja á mann einnig neikvæð áhrif á $s(t)$ upp að 95% marktektarkröfu. Aðrir stuðlar eru ómarktækir og ná því ekki að skýra neitt af heildarbreytileika $s(t)$.

Á þessu stigi máls er ákjósanlegt að stilla upp tilgátum þess efnis hvort fjárveitingar til vegakerfisins hafi verið of- eða vanfjármagnaðar á þeim árum sem til skoðunar eru. Nálíngast má jaðaráhrif $F(t)$ og $V(t)$ með því að taka fyrstu afleiðu stærðanna. Þar af leiðandi er hægt að setja fram núlltilgátu og gagntilgátu fyrir heildarfjárveitingar sem verða eftirfarandi:

$$H_0: \left[\frac{\partial ds(t)}{\partial F(t)} \right] = 0 \text{ (Heildarfjárveitingar eru hvorki of- né vanfjármagnaðar)}$$

$$H_{1A}: \left[\frac{\partial ds(t)}{\partial F(t)} \right] < 0 \text{ (Heildarfjárveitingar eru offjármagnaðar)}$$

$$H_{1B}: \left[\frac{\partial ds(t)}{\partial F(t)} \right] > 0 \text{ (Heildarfjárveitingar eru vanfjármagnaðar)}$$

Á sambærilegan hátt er hægt að kanna tilgátur um viðhald og jaðaráhrif þeirra:

$$H_0: \left[\frac{\partial ds(t)}{\partial V(t)} \right] = 0 \text{ (Viðhaldsútgjöld eru hvorki of- né vanfjármögnuð)}$$

$$H_{1A}: \left[\frac{\partial ds(t)}{\partial V(t)} \right] < 0 \text{ (Viðhaldsútgjöld eru offjármögnuð)}$$

$$H_{1B}: \left[\frac{\partial ds(t)}{\partial V(t)} \right] > 0 \text{ (Viðhaldsútgjöld eru vanfjármögnuð)}$$

Þessar tilgátur gera ályktun um vaxtaráhrif heildarfjárveitinga og viðhalds til vegakerfisins. Með tilgátunum er reynt að sýna fram á hversu hátt hlutfall af hagvexti undanfarinna ára má skýra með fjárveitingum til vegakerfisins.

Þar sem fyrstu gráðu stuðlar $F(t)$ og $V(t)$ eru marktækt jákvæðir benda tilgáturnar til þess að bæði heildarfjárveitingar og viðhaldsútgjöld til vegakerfisins hafi verið vanfjármögnuð á undanförunum árum.

Að ofan voru nefnd nokkur atriði sem kunna að hafa áhrif á hagvöxt og velsæld hagkerfa til lengri tíma litið. Þar á meðal hefur fjármunamyndun og vinnuafli áhrif. Þær breytur eru nýttar sem nálgunarbreytur í greiningu þessarar ritgerðar. Hér er megin viðfangsefnið vegakerfið og áhrif þess á hagvöxt. Þá munu auknir fjármunir til vegakerfisins einir og sér ekki ýta undir aukin hagvöxt. Bætt utanumhald er megin undirstaða þess þar sem greina þarf hvar vegaf framkvæmda er þörf og að fjármunum sé útdeilt á skilvirkan hátt. Áður en þær tilgátur sem settar eru fram hér að ofan eru dregnar saman er því vert að taka saman á hvaða hátt og hversu mikið hefur verið reynt að bæta utanumhald vegakerfisins hér á landi að undanförunu.

5 Samandregnar niðurstöður

Í þessum kafla er þeim rannsóknarspurningum sem settar voru fram í inngangi þessarar ritgerðar svarað til hlítar. Eitt af markmiðum verkefnisins var að kanna hvernig unnt væri að meta virði vegakerfisins. Ef nýta á ávinning eignastýringar þarf fyrst að fara fram mat á virði vegakerfisins. Ákveða þarf á hvaða hátt unnt sé að meta virði þjóðvegakerfisins en til eru nokkrar mismunandi aðferðir sem kynntar voru í kafla 3 hér að ofan. Ef horft er á reynslu annarra þjóða miða þær að langflestu leyti við endurstofnvirði kerfisins (European Union Road Federation, 2013). Með hjálp eignastýringar eru vegir meðhöndlaðir líkt og um hverja aðra eign væri að ræða. Það bætir utanumhald og styður ákvarðanatöku varðandi útgjöld til vegamála. Þegar heildar endurstofnvirði vegakerfisins fæst verður einfaldara að koma á framfæri raunverulegri viðhaldspörf vegakerfisins en fjárhagslegt virði eigna er mælikvarði sem hjálpar til við að koma á framfæri þörf viðhalds og endurnýjunar.

Fyrir nokkru hóf Birkir Hrafn Jóakimsson, byggingaverkfræðingur hjá Vegagerðinni, vinnu við mat á endurstofnvirði íslenska vegakerfisins. Ráðist var í verkefnið að beiðni innanríkisráðuneytisins, en eitt markmiða samgönguáætlunar 2015 - 2026 er að horft verði á samgöngukerfið sem eina heild. Þar verða nýir innviðir metnir á grundvelli faglegra greininga og eignastýring höfð til hliðsjónar við forgangsröðun á framkvæmdum (þingskjal nr. 1341/2014-2015). Sú vinna er komin nokkuð áleiðis þó enn sé töluvert að verkið verði fullklárað. Vinna Birkis hefur skilað bráðabirgðaniðurstöðum sem kynntar eru hér fyrir neðan.

Markmið verkefnis Vegagerðarinnar er að færa til eignar íslenska þjóðvegi, þar á meðal öll lög veghlots, ræsi, ristarhliðar, skilti, brýr, jarðgöng, land, vegmerkingar og annað. Þar með má nálgast samrýmt eignakerfi fyrir eignir og viðhald sem vinnur saman að uppfærslu á verðmæti eigna í eignaskrá og heldur utan um afskriftir samkvæmt viðhaldspörf. Útbúið er líkan sem byggir á rannsóknum eldri vegafamkvæmda og það nýtt svo reikna megi endurstofnvirði vegbygginga (Birkir Hrafn Jóakimsson, 2016). Á Mynd 16 má sjá uppbyggingu umrædds líkans en líkanið byggir á því endurstofnvirði sem lýst var í kafla 3.1.1.



Mynd 16 Líkan endurstofnvirðis

Heimild: (Birkir Hrafn Jóakimsson, e.d.).

Vegir eru metnir út frá lengd, breidd og staðsetningu og þar eftir eru vegir magnreiknaðir út frá upplýsingum úr veggagnabanka og samkvæmt niðurstöðum rannsókna á eldri framkvæmdum. Veggagnabanki inniheldur upplýsingar um ræsi, skilti, og aðrar eignir sem tilheyra hverjum vegarkafla. Erfitt er að meta endurstofnvirði brúa sökum hversu misjafnar þær eru að lengd og breidd. Einnig eru mismunandi byggingarefni og burðarvirki nýtt við gerð þeirra. Þó má finna kostnað vegna nýrri og stærri brúa í verkþáttum Vegagerðarinnar. Þá er mat á jarðgöngum einnig torvelt þar sem þau eru misjöfn að lengd og bæði einbreið og tvíbreið (Birkir Hrafn Jóakimsson, 2016).

Skoða þarf sérstaklega þjóðvegi í þéttbýli þar sem þeir eru að öllu jöfnu ekki eins uppbyggðir og þjóðvegir í dreifbýli. Umferðarmannvirki á höfuðborgarsvæðinu eru skoðuð sérstaklega og útbúið líkan fyrir þjóðvegi í þéttbýli á sama hátt og líkan fyrir vegi

almennt. Bráðabirgðaniðurstöður Birkis má sjá í Tafla 4 hér fyrir neðan en miðað er við verðlag árs 2015.

Tafla 4 Bráðabirgðaútreikningar á endurstofnvirði vegakerfisins

Eign	Endurstofnvirði
Vegir	530.000.000.000 kr
Brýr	100.000.000.000 kr
Annað	14.500.000.000 kr
Heildar endurstofnvirði 2015	644.500.000.000 kr

Heimild: (Birkir Hrafn Jóakimsson, 2016).

Hér skal bent á að aðeins er um bráðabirgðartölur að ræða og þá vantar eignir eins og jarðgöng, ljós, vegrið og fleira inn í heildar endurstofnvirði vegakerfisins. Endurstofnvirði íslenska vegakerfisins er því að lágmarki um 645 milljarðar króna en kemur líklega aðeins til með að hækka eftir að fleiri eignum er bætt við. Eignum má síðan skipta upp í eignir sem rýrna vegna álags umferðar, og þarf að afskrifa, og eignir sem ekki verða fyrir umferðarálagi. Þær eignir sem verða fyrir beinu álagi umferðar eru slitlag og efra og neðra burðarlag. Talið er að endurstofnvirði vega sé 530 milljarðar, þar af telur slitlag um 10%, efra burðarlag um 8% og neðra burðarlag um 7% (Birkir Hrafn Jóakimsson, 2016).

Nú þegar ljóst er að unnt er að meta virði þjóðvegakerfisins þarf að finna leið svo nýta megi virðismatið. Í dag ber innanríkisráðuneytið, ásamt stofnunum og sveitarfélögum, ábyrgð á framkvæmdum vegamála. Innanríkisráðherra leggur á fjögurra ára fresti fram tillögu til þingsályktunar um samgönguáætlun næstu tólf ára. Þar skal mörkuð skýr stefna og markmið birt fyrir allar greinar samgangna næstu tólf árin. Í samgönguáætlun 2015 - 2026 kemur fram að síðustu áratugi hafi framkvæmdum við vegakerfið verið forgangsraðað í samræmi við ákveðin markmið um að bæta vegasamgöngur með bundnu slitlagi til allra þéttbýliskjarna, breikka og endurbyggja brýr og auka flutningsgetu. Sérstök áhersla hefur verið lögð á forgangsröðun framkvæmda til fjölfarinna ferðamannastaða vegna þjóðhagslegs mikilvægis ferðapjónustu (Samgönguráð, 2015).

Aftur á móti, miðað við núverandi stjórnarhætti og stefnumótun, er ekki vitað hvert raunverulegt virði og ástand vegakerfisins sé né hvort vegaframkvæmdir auki virði vegakerfisins eða dragi úr því. Þar af leiðandi er erfitt að framfylgja markmiðum þegar

slíkt er ekki fyrir hendi. Ef þjóðvegir væru hluti af efnahagsreikningi hins opinbera og meðhöndlaðir líkt og um eign væri að ræða fengi Vegagerðin áreiðanlegar og greinargóðar upplýsingar ásamt raunverulegum sönnunum um þróun vegakerfisins, sem hjálpar til við að réttlæta fjárúthlutun. Með reglulegum úttektum um gæði og frammistöðu vegakerfisins má nálgast betri skilning á raunkostnaði þeirra þjónustustiga sem Vegagerðin hefur að markmiði. Með bættri þekkingu má finna leiðir til að lækka raunkostnað við sérhvert þjónustustig og auka þar með líkur á að ná fram hámarks þjónustustigi með það fjármagn sem úthlutað er hverju sinni.

Til að draga saman niðurstöður aðhvarfsgreininganna sem gerðar voru í kafla 4.2 gefa líkönin til kynna að aðeins sé um fyrstastigs áhrif að ræða varðandi heildarfjárveitingar $F(t)$ og viðhaldsútgjöld $V(t)$. Það er með því að auka $F(t)$ og $V(t)$ hefur það jákvæð áhrif á $s(t)$. Hins vegar er ekki hægt að fullyrða hvort enn frekari fjárveitingar³⁵ kunni að hafa takmörkuð áhrif og á endanum engin eða neikvæð áhrif á $s(t)$. Aðhvarfsgreiningarnar sýna enn fremur að hlutfallsleg breyting vinnuafis og aukinn bílafloki hafa neikvæð áhrif á $s(t)$. Niðurstöður líkananna benda enn fremur á að enn er margt óútskýrt varðandi áhrif á $s(t)$ og þróun hagvaxtar. Þó fjárveitingar til vegamála kann að virðast stór partur af útgjaldaliðum ríkissjóðs eru margir aðrir liðir sem einnig vega þungt og hafa mikilvæg áhrif á samfélagið. Þar ber að nefna að útgjöld til mennta-, heilbrigðis-, löggæslu- og efnahagsmála eru einir af stærstu útgjaldaliðum ríkissjóðs.

Þá er einnig vert að hafa í huga að íslenska vegakerfið er fremur ungt að árum, líkt og áður hefur komið fram, og stórt miðað við höfðatölu og notkun. Niðurstöðurnar gefa þar með til kynna að hafna þarf þeirri núlltilgátu sem sett var fram í kafla 4.2 og taka upp gagntilgátu B. Þar sem bæði stuðlar $F(t)$ og $V(t)$ eru marktækt jákvæðir leiðir það í ljós að heildarfjárveitingar og viðhaldsútgjöld til vegakerfisins hafa verið vanfjármögnuð á undanförunum árum.

Í því samhengi er vert að benda á að heildarfjárveitingar til vegakerfisins hafa verið í sögulegu lágmarki frá árinu 2010 en á sama tíma hefur umferðarpungi um þjóðvegi landsins stóraukist þar sem koma erlendra ferðamanna og aukinn bílafloki landsmanna spilar stórt hlutverk. Þá hefur umferðarpungi áður fátíðarinnar leiða aukist sem gerir það að

³⁵ Að því gefnu að halda öðrum þáttum óbreyttum.

verkum að þeir vegir slitna hraðar en ef til vill reiknað var með í upphafi. Einnig er vert að benda á að ekki eru aðeins fleiri ökutæki að aka um þjóðvegina heldur hefur akstur þyngri bifreiða aukist en dregið úr akstri meðalstórra ökutækja.

Samkvæmt samantekt Vegagerðarinnar frá júní 2013 um ástand vega með bundnu slitlagi er aukið fjármagn til nýframkvæmda og viðhalds vega besta og arðbærasta fjárfestingin í samgöngumálum landsins. Niðurskurður útgjalda til viðhalds á vegum mun leiða af sér stórlega aukinn kostnað í framtíðinni. Miðað við þær áætlanir sem gerðar voru fyrir tveimur árum má gera ráð fyrir að vegir sem standast ekki þjónustustig fari úr um 2.000 km árið 2013 í rúmlega 3.000 km árið 2017. Ef fram fer sem horfir mun því um 58% af öllu bundnu slitlagi vega hér á landi ekki standast viðhaldskröfur (Vegagerðin, 2013).

6 Ályktanir

Nú þegar niðurstöður gefa til kynna að vegakerfið hafi verið vanfjármagnað þarf að horfa til allra þeirra áhrifa sem kunna að verða vegna þessa, en vegakerfi geta haft víðtæk efnahagsleg áhrif. Eftirspurn eftir flutningum helst í hendur við efnahagslega velferð fyrirtækja, heimila og einstaklinga og framboð greiðfarinna leiða hefur áhrif á samgöngukostnað sem getur verið stór hluti framleiðslukostnaðar. Samgöngubætur geta haft áhrif á efnahagsþróun, til að mynda tekjur, samkeppnishæfni, atvinnurekstur, virði eigna, skatttekjur og fleira. Árangur á þessum sviðum er þá oft skilgreindur með stefnumótandi efnahagslegum markmiðum samfélagsins. Jákvæð efnahagsþróun hefur staðbundin, svæðisbundin og hnattræn áhrif (Lindfors, 2014).

Hið opinbera tekur ákvarðanir er varða fjárveitingar til vegamála en gert er ráð fyrir að vegakerfið styðji við almenning og velferð þeirra. Ákvarðanir um útgjöld til vegamála eru meðal mikilvægustu ákvarðana sem teknar eru af stjórnvöldum hverju sinni. Það er þó áhyggjuefni að þegar ábati framkvæmda liggur ekki fyrir er hætt við að fjárúthlutun til samgangna verði ekki í samræmi við þá samfélagslegu arðsemi sem hún gæti skilað og/eða ráðstafað á óhagkvæman hátt. Undirliggjandi ástæða þess að bæta vegakerfið nú er að ná fram efnahagslegum ávinningi í framtíðinni sem er svo núvirtur með samfélagslegri ávöxtunarkröfu. Því þurfa stjórnvöld að meta ástand vegakerfisins hverju sinni og kanna hvort núverandi kerfi skili lágmarks þjónustustigi til almennings (Lindfors, 2014).

Samkvæmt samgönguráðuneytum víða um heim skal taka tillit til þriggja þátta efnahagslegra áhrifa þegar meta á efnahagslegan ábata og kostnað af vegaf framkvæmdum (Lindfors, 2014):

1. Meta þarf hagkvæmni vegabóta fyrir landið í heild³⁶.
2. Meta verður áhrif á hagvöxt eða framleiðni³⁷.
3. Gera þarf úttektir á staðbundnum og svæðisbundnum áhrifum³⁸.

³⁶ Viðfangsefni kostnaðar- og ábatagreiningar.

³⁷ Til dæmis áhrif á landsframleiðslu og útflutning gegnum margföldunaráhrif.

³⁸ Til dæmis atvinnusköpun og tekjum heimila.

Hagræna aðferðin miðar að því að skoða heilstætt ábata og kostnað þjóðar af ráðstöfun skattfjár til vegamannvirkja, en þannig er horft framhjá svæðisbundnum áhrifum³⁹. Þó kemur oft upp sú krafa að öll áhrif sem endurbætur á vegasamgöngum kunna að hafa fyrir tiltekin svæði séu metin. Innan samgöngugeirans hefur umræðan síðustu ár snúist um að bættar vegasamgöngur minnki ekki aðeins ferðatíma, hávaða- og loftmengun og auki öryggi. Útgjöld til vegamála geta nefnilega haft víðtæk efnahagsleg áhrif. Þar kemur að samþættu mati á samfélagsáhrifum vegabóta.

Aðferðir við samþætt mat á samfélagsáhrifum má rekja aftur til fyrri hluta 20. aldar. Aðferðafræðin hefur þó þróast mikið en hún metur áhrif framkvæmda á fleiri forsendum en fjárhagslegum. Þannig horfir aðferðin á marga þætti sem ekki eru metnir til fjár líkt og umhverfis- og félagsleg áhrif. Með aðferðinni er reynt að leitast eftir því að hámarka jákvæð áhrif framkvæmda og lágmarka þau neikvæðu (Lindfors, 2014).

Efnahagslegum áhrifum af útgjöldum til vegasamgangna er yfirleitt skipt upp í skammtíma- og langtímaáhrif og eru eftirfarandi (Lindfors, 2014):

- Skammtíma margföldunaráhrif: Margföldunaráhrif stórra fjárfestinga eru yfirleitt mjög mikil hvað varðar tekju- og framleiðniaukningu einstaklinga til skemmri tíma. Þannig horfa sveitarfélög sérstaklega á skammtímaáhrif og svæðisbundin áhrif að því leyti. Þeir sem verða fyrir áhrifum af breytingu á landsvæðum eru fyrst og fremst þeir sem búa í grennd við endurbættar vegasamgöngur.
- Svæðisbundin langtímaáhrif á efnahagsþróun: Breytingar á efnahagsþróun vegna bættra vegasamgangna⁴⁰. Horft er á hvaða áhrif bættir vegir hafa á mörkuðum til lengri tíma litið. Svæðisbundnum áhrifum á efnahagsþróun er iðulega skipt upp á eftirfarandi hátt:
 - Áhrif er varða hagkerfið í heild til að mynda framleiðslu og samkeppni, framboð vöru og þjónustu, virðisauka, tekjur og atvinnuþátttöku.
 - Áhrif er varða tiltekna efnahagslega þróun líkt og framleiðni, fjárfestingar, virðishækkun eigna og ríkisfjármál bæði er varða opinberar tekjur og gjöld.

Kernohan og Rognilen sýndu árið 2011 fram á að uppbygging vegasamgangna getur skapað ávinning í gegnum eftirfarandi ferli (Lindfors, 2014):

³⁹ Sumir tapa, aðrir græða.

⁴⁰ Tíma- og kostnaðarsparnaður

- Áhrif á þéttbýli: Svo lengi sem fyrirtæki reiða sig á einhvers konar flutningsþjónustu hafa fjárfestingar til vegamála bein áhrif á kostnað og framleiðni þeirra. Bætt aðgengi og lækkun flutningskostnaðar getur leitt til þess að fyrirtæki flytji sig nær birgjum sínum og njóti þar með lægri innkaupa- og afgreiðslukostnaðar. Þéttbýlismyndun getur aukið samskipti milli rekstraraðila og stuðlað að yfirfærslu þekkingar sem leiðir af sér aukna framleiðni.
- Áhrif á framþróun byggðarlaga, til dæmis landsbyggð: Við aukið aðgengi geta fyrirtæki aukið samkeppnishæfni sína og þar með aukið viðskipti sín á nærliggjandi svæðum.
 - Með því eykst aðdráttarafl fólks að svæðinu og framboð og eftirspurn eftir vinnuafli. Niðurstaða þess ferlis felur í sér aukna þéttbýlismyndun og ásókn á svæðið sem getur einnig aukið sérhæfingu og ýtt undir stærðarhagkvæmni og framleiðni.
 - Til lengri tíma geta útgjöld til vegamála haft áhrif á landnýtingu og virði eigna á þessum svæðum, þar sem fyrirtæki og einstaklingar eru tilbúnir til að greiða meira fyrir eignir þar sem aðgengi er gott. Bætt aðgengi hefur þau áhrif að auðveldara er að ferðast á tiltekna staði sem gerir það að verkum að fólk þarf ekki að vera búsett á staðnum heldur getur það ferðast til vinnu.
 - Framleiðslustarfsemi getur einnig haft tilhneigingu til að færa sig um set og við það myndast pláss fyrir aðrar atvinnugreinar líkt og viðskiptaþjónustu, verslanir og annað sem einstaklingar hafa not af.

Fræðimenn benda á að í þróuðum löndum þar sem vegakerfi eru í grundvallaratriðum í góðu ásigkomulagi munu frekari framkvæmdir ekki endilega auka hagvöxt einar og sér. Þó mun bætt vegakerfi virka sem innspýting fyrir frekari fjárfestingu í öðrum þáttum sem kunna einnig að hafa áhrif á hagvöxt. Þrír þættir þurfa að vera til staðar svo framkvæmdir skili efnahagslegum ávinningi, að mati fræðimanna (Lindfors, 2014):

1. Efnahagsleg skilyrði: Það verður að vera möguleiki á jákvæðum efnahagslegum ytri áhrifum svo sem kjarnamyndun og eflingu vinnumarkaðar.
2. Fjármagn þarf að vera til staðar. Ákvarða þarf staðsetningu og umfang framkvæmda og hvaða áhrif þau koma til með að hafa fyrir samfélagið.
3. Ýmsir pólitískir þættir hafa áhrif. Til að ná fram jákvæðri efnahagslegri þróun þarf yfirsýn og utanumhald sem skilar árangri, annars geta ákvarðanir haft neikvæð áhrif. Þá þarf að huga að fjármögnunarleiðum, staðsetningu framkvæmda, lagalegum áhrifum, skipulagi og öllum þeim aðgerðum sem viðkoma stefnumótun.

Ef þessir þrír þættir vinna saman eru meiri líkur á jákvæðri efnahagsþróun. Ef þeir stangast á eða vinna ekki saman munu framkvæmdir hafa lítil sem engin áhrif á efnahagslega framþróun. Jafnvel þótt tveimur af þremur skilyrðum sé framfylgt mun takmarkaður árangur nást. Til að mynda ef aðeins skilyrði 1 og 2 eru uppfyllt munu framkvæmdir ekki eiga sér stað vegna skorts á stuðningi frá yfirvöldum sem sjá um ákvörðunartöku. Ef skilyrði 2 og 3 eru uppfyllt munu framkvæmdir eiga sér stað án þess þó að auka hagvöxt vegna skorts á efnahagslegum aðstæðum (Lindfors, 2014).

Oft er það svo að stjórnvöld skortir fjármagn til að fjármagna öll þau verkefni sem þörf er á varðandi vegakerfið. Því þarf aukið utanumhald og nánari rýni í hvar fjárþörfin er brýnust. Að því sögðu hvetur höfundur stjórnvöld til að rýna nánar í þá fjárveitingaþörf sem núverandi vegakerfi stendur frammi fyrir svo mögulegt sé að minnka neikvæð áhrif í framtíðinni.

Með bættu utanumhaldi má hugsa, skipuleggja og starfa á grundvelli langtímaákvæðanna sem miða að því að hámarka afköst þess fjármagns sem úthlutað er til vegamála hverju sinni. Þar að auki myndi það stuðla að öðrum pólitískum markmiðum ásamt því að nútímavæða vegakerfið. Höfundur telur að með bættu utanumhaldi, sem aðlaga verður að íslenskum aðstæðum, megi ná fram bæði beinum peningalegum og samfélagslegum ávinningi. Margir hafa reynt að sýna fram á mögulegan ávinning af því að halda betur utan um fjármagnsstofn. Mikilvægt er að átta sig á mikilvægi vegakerfisins en því má líkja við æðakerfi mannlíkamans sem viðheldur starfsemi sinni með tryggingu um eðlilegt blóðstreymi um parta líkamans. Að sama skapi er traust og skilvirkt vegakerfi forsenda þess að velsæld þjóðfélagsins geti vaxið og dafnað, jafnt í þéttbýli sem dreifbýli (Vegagerðin, e.d.-b).

7 Umræða

Ef ekki er tekið tillit til þeirra ytri áhrifa sem kunna að skapast getur ytri kostnaður samfélagsins orðið mikill. Hér er því vert að skýra á greinargóðan hátt hvernig ytri áhrif geta valdi kostnaði fyrir samfélagið.

Slys

Slys gera ekki boð á undan sér en ritaðar hefur verið fjöldinn allur af rannsóknarskýrslum tengdum tíðni og kostnaði umferðarslysa. Framkvæmdastjórn Evrópusambandsins (e. European Commission) heldur meðal annars utan um slysaskráningu í umferðinni og samkvæmt skýrslum hennar hafa að meðaltali um 50.000 einstaklingar látist á ári í umferðinni undanfarin 25 ár innan Evrópusambandsins. Á sama tíma hafa orðið um 1,3 milljón minniháttar slys að meðaltali og rúm 1,8 milljón meiriháttar slys (European Commission, e.d.).

Hér á landi tekur Samgöngustofa saman slysaskráningu í umferðinni og í töflu 5 hér að neðan má sjá hversu margir hafa látist í bílslysum að meðaltali á Íslandi frá árinu 1975 ásamt þeim fjölda sem hefur slasast. Þá eru einnig tölur um hversu mörg slys og óhöpp hafa orðið hér á landi að meðaltali á ári frá sama ári. Nálágast má nánari tölur um fjölda slysa í Viðauka III.

Tafla 5 Fjöldi látinna og slasaðra í umferðaslysum að meðaltali 1975-2015

Látinir	Alvarlega slasaðir	Lítið slasaðir	Slasaðir og látinir alls	Slys og óhöpp samtals
19	236	881	1.135	6.590

Heimild: (Samgöngustofa, e.d.).

Að meðaltali hafa 19 einstaklingar látist í bílslysum hér á landi á hverju ári frá 1975⁴¹. Á sama tímabili slösuðust að meðaltali 226 einstaklingar alvarlega og 881 minniháttar á ári. Samtals hafa því látist og slasast 1.135 einstaklingar að meðaltali á umræddum árum. Heildarslys og óhöpp hér á landi hafa verið að meðaltali 6.476 talsins en það eru öll tilkynnt slys sem orðið hafa, án nánari upplýsinga um hvort slysið sé alvarlegt eða ekki. Ef

⁴¹ Ef aðeins er tekið meðaltal frá 1991 líkt og gögnin sem fengust frá ESB látast um 17 einstaklingar að meðaltali á ári hverju.

við horfum á alþjóðlegan samanburð er Ísland meðal þeirra þjóða þar sem slysatíðni er tiltölulega lág, hvort sem miðað er við fólksfjölda eða á ekna kílómetra. Þá hefur meðaltal þeirra sem slasast alvarlega lækkað frá aldamótum. Í drögum Samgönguáætlunnar 2015-2026 má finna umferðaröryggisáætlun en megin markmið hennar til ársins 2026 er (þingskjal nr. 1341/2014-2015. Tillaga til þingsályktunnar):

- Að á hverja 100 þúsund íbúa látist ekki fleiri en það sem lægst gerist í þeim fimm þjóðum sem hafa hvað lægsta slysatíðni árið 2026.
- Að fjöldi þeirra sem slasast lækki um 5% árlega til ársins 2026

Slysakostnaður samanstendur af beinum kostnaði, eins og tjón á bifreiðum, kostnaði heilbrigðiskerfis og fleira. Virði tölfræðilegra mannslífa (VSL) er mælikvarði á þann óbeina kostnað sem einstaklingar eru reiðubúnir að greiða fyrir aukið öryggi og þar með minnka áhættu í umferðinni. Hins vegar er ljóst að mannslíf er of verðmætt til að meta það til fjár og því nær VSL útreikningur aðeins til hluta þess kostnaðar sem tengist slysum. Í heilsuhagfræði er VSL einn af lykilþáttum við mat á virði aukins umferðaröryggis og má segja að mælikvarðinn sé nauðsynlegur til að marka stefnu og meta vægi mannslífa gegn öðrum áhrifum (Sund, 2010).

Fólk getur haft mismunandi greiðsluvilja fyrir minnkun áhættu en VSL er mat á þeirri tekjulækkun sem fólk er tilbúið að taka á sig til að draga úr líkum á slysi eða dauðsfalli. Í raun er ekki hægt að meta VSL með notkun afleiðu en í staðinn er notuð svokölluð greiðsluviljaaðferð (e. Willingness to pay method, WTP) sem metur hversu mikið fólk er tilbúið til að greiða fyrir ákveðna minnkun áhættu (Δp). Þá er VSL metið sem (Sund, 2010):

$$VSL = \frac{WTP}{\Delta p} \quad (22)$$

Einnig hefur svokölluð mannauðsaðferð (e. Human capital approach) verið notuð en hér að neðan má sjá frekari útskýringu á aðferðunum tveimur.

Greiðsluviljaaðferðin horfir á hvað einstaklingur er tilbúinn að greiða fyrir aukið öryggi eða hvers hann krefst í bætur fyrir aukna áhættu. Við matið er mögulegt að notast við tvær aðferðir, það er afhjúpað val og tjáð val. Afhjúpað val nýtir markaðsaðstæður og kannar hegðun einstaklinga, og þar með greiðsluvilja þeirra fyrir bættu öryggi. Kostur þess að nýta markaðsaðstæður er að ef einstaklingur greiðir X krónur fyrir ákveðna vöru vitum við að greiðsluvilji einstaklingsins fyrir þessa tilteknu vöru er að minnsta kosti X krónur.

Hins vegar geta markaðsaðstæður breyst og ná því ekki að svara viðeigandi greiðsluvilja einstaklinga hverju sinni. Þetta á við um hin ýmsu almannagæði svo sem heilsu og umhverfismál. Í því tilfalli þarf að gefa sér forsendur sem gefa ekki nákvæman greiðsluvilja einstaklinga. Í stað þess að nota afhjúpað val er mögulegt að notast við tjáð val. Tjáð val nýtir sér kannanir til að komast að greiðsluvilja einstaklinga og hefur verið vinsæl við rannsóknir innan samgöngu- og heilsuhagfræði undanfarin ár. Aðferðin svipar til markaðskannana og kannar greiðsluvilja vegna áætlaðra breytinga á áhættu þar sem hún hermir eftir markaðsaðstæðum (Sund, 2010).

Mannauðsaðferðin kom fyrst fram árið 1960 og hefur verið nýtt til að meta virði tölfræðilegs mannlífs. Aðferðin horfir aðeins á þann kostnað sem metinn er á markaði og reynir að leggja mat á skaðann⁴² út frá beinum og óbeinum kostnaði hagkerfisins. Beinn kostnaður hagkerfisins er til að mynda sjúkrahússkostnaður, lögsýsla og fleira. Til óbeins kostnaðar má nefna kostnað vegna tapaðrar framleiðslugetu vegna dauðfalls eða hreyfihömlunar einstaklings. Samkvæmt aðferðinni er mannlíf skilgreint sem núvirt framtíðar framlög einstaklings til samfélagsins þar sem horft er á framtíðarlaunatekjur að því gefnu að launin séu jöfn jaðarframleiðni einstaklings. Undanfarin ár hefur aðferðin verið gagnrýnd töluvert en hún gerir upp á milli einstaklinga eftir stöðu þeirra og framleiðsluframlagi til þjóðfélagsins. Aðili sem er virkur á vinnumarkaði er þannig metinn verðmætari fyrir samfélagið en aðili sem er heimavinnandi. Aðferðin metur dauðsfall heimavinnandi einstaklinga sem ábata fyrir samfélagið. Í nútímasamfélagi þykir það úrelt og siðferðislega rangt. Ekki er horft til þeirrar staðreyndar að líf einstaklings er ekki eitthvað sem hægt er að verðmeta út frá mismunandi framlagi þeirra til þjóðarbúsins (Sund, 2010).

Loftmengun og loftlagsáhrif

Losun loftmengandi efna frá umferðinni stafar aðallega af útblæstri en þar má líka nefna áhrif frá eldsneyti sem gufar úr eldsneytiskerfum sem og svifryksmengun. Sum efnanna hafa einungis staðbundin áhrif, önnur valda svæðisbundnum áhrifum og önnur hnattrænum áhrifum. Farið er yfir áhrif loftmengunar í töflu 5 hér að neðan.

⁴² Það er dauða, alvarlega eða minniháttar meiðsl.

Tafla 6 Loftmengun á landfræðilegan mælikvarða

Mengunarvaldur	Staðbundin áhrif	Svæðisbundin áhrif	Hnattræn áhrif
Kolsýringur (CO)	Heilsufarsleg		
Vetniskolvetni (HC eða C _x H _y)	Heilsufarsleg	<ul style="list-style-type: none"> • Mengunarmistur að sumarlagi 	
Svifryksmengun	Heilsufarsleg	<ul style="list-style-type: none"> • Mengunarmistur að vetrarlagi 	
Köfnunarefni (NO _x)	Heilsufarsleg	<ul style="list-style-type: none"> • Mengunarmistur að sumarlagi • Mengunarmistur að vetrarlagi • Sýring 	
Brennisteinsdíoxíð (SO ₂)	Heilsufarsleg	<ul style="list-style-type: none"> • Mengunarmistur að vetrarlagi • Sýring 	
Koltvíoxíð (CO ₂)			Gróðurhúsaáhrif

Heimild: (Gössling og Choi, 2015).

Innan samgönguhagfræðinnar hafa verið gerðar ýmsar rannsóknir sem sýna fram á neikvæð áhrif loftmengunar. Þar er heilsufarslegt tjón stærsti áhrifavaldur sem samfélagið ber. Með aukinni loftmengun eykst dánartíðni og veikindi verða tíðari. Síðustu ár hefur verið notast við aðferð byggða á hliðrunarkostnaði⁴³ (avoidance cost) við að meta samfélagskostnað heilsuskerðingar vegna loftmengunar. Virði heilsuskerðingar felur í sér mat á greiðsluvilja, framleiðnimissi og kostnaði heilbrigðiskerfisins. Þá geta bændur orðið fyrir verulegum skakkaföllum vegna loftmengunar en uppskera kann að skerðast vegna mengunar sem myndast í jarðvegi og víðar (Gössling og Choi, 2015).

⁴³ Aðferðin reiknar kostnað þeirra aðgerða svo koma megi í veg fyrir tiltekið atvik. Til dæmis hvað það myndi kosta að koma í veg fyrir loftmengun.

Undanfarna áratugi hefur mikið verið fjallað um loftlagsáhrif. Þar ber hæst losun gróðurhúsalofttegunda en hún veldur skaðlegum áhrifum fyrir samfélagið. Útblástur CO₂ hefur, ólíkt öðrum lofttegundum, ekki staðbundin eða svæðisbundin áhrif heldur hnattræn. Losun gróðurhúsalofttegunda verður vegna útblásturs ökutækja en með aukinni tækni hafa bílaframleiðendur hafið framleiðslu bíla sem losa sífellt minna CO₂. Víða um heim hafa stjórnvöld sett skýrar stefnur, meðal annars innan Evrópusambandsins, um að minnka skuli losun gróðurhúsalofttegunda (Gössling og Choi, 2015).

Hávaðamengun

Mikill hávaði veldur röskun og umtalsverður samfélagslegur kostnaður getur skapast vegna hávaðamengunar frá vegamannvirkjum. Í því samhengi má nefna að hávaði veldur bæði óþægindum og heilsufarslegum kostnaði. Til lengri tíma veldur mikill hávaði svefntruflunum, einbeitingarskortum og hefur áhrif á tólmundun fólks. Ef hávaði nær yfir ákveðið stig getur hann haft áhrif á heilsu manna þar sem streitueinkenni gera vart við sig og heyrn getur skerst. Hávaðamengun er þó staðbundin í eðli sínu þar sem hávaði nær aðeins til ákveðins svæðis í grennd við ákveðið vegamannvirki. Áhrifasvæðið getur verið stórt eða lítið en það fer eftir staðfræðilegum aðstæðum. Hávaðamengun er þá einnig mjög tengd umferðarpunga og tegund ökutækja sem og tíma dags. Í því samhengi má nefna að mikill hávaði að næturlagi veldur meiri röskun á svefnmynstri fólks sem býr í grennd við vegamannvirki heldur en mikill hávaði að degi til (Gössling og Choi, 2015).

Þrengsli og vegslit

Þrengsli á vegum geta valdið óþægindum og dregið úr öryggi vegfarenda. Of margir ökumenn á vegum skapa hægfara umferð og þá geta of þröngir vegir orðið til þess að auka slyshættu. Erfitt er að veita og meta kostnað þrengsla en með hagfræðilegum líkönnum má finna nálgun sem mögulega má nýta sér. Hins vegar þarf oft á tíðum að gefa sér fjölmargar forsendur. Mögulegt er að bera saman kostnað vegna tafar við akstur við frjálst umferðarflæði. Kostnaður vegna þrengsla er því tíma- og staðarvalsháður og reiknaður á grundvelli kostnaðar vegna tafa á klukkustund. Hægt er að bæta þrengsli á vegum með ýmsum leiðum. Mögulegt er að breikka núverandi vegarkafli og þar af leiðandi verður öruggara að keyra. Einnig er hægt að bæta við akbrautum en þannig komast fleiri bílar á tiltekinn vegarkafli sem dregur úr töfum (Gössling og Choi, 2015).

Vegslit á vegum og kostnaður vegna þeirra byggist á líftímastjórnun og kostnaði við viðhald og endurnýjun vegamannvirkja. Meta þarf hvenær hagkvæmast er að ráðast í vegaf framkvæmdir, hvort sem um viðhald eða fjárfestingu sé að ræða. Þannig má auka líftíma vegamannvirkis til muna og kostnaður vegna vegslita fer minnkandi (Gössling og Choi, 2015).

8 Niðurlag

Samgöngubætur geta verið af ýmsum toga, allt frá því að vera bætt þjónusta á núverandi vegarkafli, svo sem aukinn snjómokstur, í að vera stórar jarðganga- eða brúarframkvæmd. Jafnframt hafa þau landsvæði, sem gerðar eru samgöngubætur á, sín sérkenni hvað varðar staðarhætti og búsetu. Það veldur því að áhrif samgöngubóta geta komið fram með misjöfnum hætti. Að sama skapi geta stjórnvaldsaðgerðir sem tengjast atvinnumálum, einstök fyrirtæki og almennt efnahagsástand og umhverfi ýmist unnið með eða gegn áhrifum samgöngubótanna. Þó er eitt sameiginlegt með öllum samgöngubótum en það er að þær breyta forsendum fyrir hegðunarmynstri fólks og samskiptamynstri sem veldur breytingum á efnahagslegum og félagslegum þáttum þar sem áhrifa samgöngubótanna gætir.

Til að gera grein fyrir staðbundnum áhrifum samgöngubóta eru hér settar fram niðurstöður nokkurra skýrslna sem fjalla um bættar vegasamgöngur og áhrif þeirra á Íslandi.

Koma **Vaðlaheiðaganga** mun hafa mikil áhrif á sveitarfélögin þar í kring samkvæmt niðurstöðum Rannsóknarstofnunnar Háskólans á Akureyri. Göngin stytta ekki aðeins vegalengd milli Akureyrar og byggða austan Víkurskarðs heldur þarf ekki lengur að fara um Víkurskarð, fjallveg þar sem færð spillist gjarnan yfir vetrartímann. Þar af leiðandi mun atvinnusókn aukast þar sem mögulegt er að fólk búi austan ganganna en sæki vinnu til Eyjafjarðar. Talið er að atvinnumöguleikar verði fjölbreyttari sem gerir það eftirsóknarverðara fyrir ungt fólk að setjast að. Göngin gætu þó ekki aðeins komið til með að hafa jákvæð áhrif fyrir samfélagið. Til að mynda eru sveitarstjórnarmenn á svæðinu ekki á einu máli um áhrif ganganna og tækifæri sem þau koma til með að skapa. Þá getur það að sumu leyti haft neikvæð áhrif á litla þéttbýlisstaði að tengjast betur við stærri. Þar ber að nefna að sérhæfð verslun og þjónusta á litlum stöðum fari halloka fyrir samkeppni frá Akureyri, í þessu tilfalli, í krafti aukinnar fjölbreytni og lægra verðlags (Hjalti Jóhannesson, 2016).

Héðinsfjarðargöng og tilkoma þeirra sýna meðal annars að umferð hefur aukist umfram spár samkvæmt sjö ára rannsókn Háskólans á Akureyri á samfélagslegum áhrifum ganganna. Umferðin er þó árstíðarbundin en koma ferðamanna hefur aukist á sumrin á svæðinu. Talsverð vinnusókn er nú milli Ólafsfjarðar og Siglufjarðar og mikill meirihluti

íbúanna sækir verslun, þjónustu og félagsstarf milli byggðarlaganna. Með tilkomu ganganna hefur efnahagslíf Fjallabyggðar eflst og til skemmri tíma hefur fólki fjölgað í byggðarlaginu (Jón Þorvaldur Heiðarsson, 2015).

Hvalfjarðargöng eru einstakt dæmi í íslenskri samgöngusögu þar sem framkvæmdin var að mestu leyti fjármögnuð utan fjárlaga og vegfarendur um göngin greiða vegtolla⁴⁴. Tilkoma ganganna gerði það að verkum að vegalengdin milli Akraness og Reykjavíkur styttist um 60 km og varð 49 km og leiðin frá Borgarnesi til Reykjavíkur styttist um 42 km og varð 74 km. Á milli Akureyrar og Reykjavíkur eru nú um 389 km í stað 431 km áður. Frá opnun ganganna hefur mun hærra hlutfall þeirra sem eiga leið um Hvalfjörð nýtt sér göngin en áætlað var í upphafi og má því ætla að það staðfesti að vegfarendur sjái sér hag í því, þrátt fyrir að greiða þurfi fyrir ferðina. Miklar breytingar urðu á atvinnumálum á áhrifasvæði Hvalfjarðaganga. Norðan ganganna má sérstaklega nefna Grundartanga og Akranes en bærinn hefur vaxið stöðugt frá árinu 1996 og hafa íbúar ekki verið fleiri en um þessar mundir (Hagstofa Íslands, e.d.-c).

Þá hafa bætur á vegum einnig áhrif. Nýr vegur um **Lyngdalsheiði** milli Laugarvatns og Þingvallavegar var formlega opnaður í október árið 2010. Markmið nýja vegarins var að bæta samgöngur í Bláskógabyggð og auka umferðaröryggi með lagningu bundins slitlags. Í Tafla 7 má finna árdagsumferð samkvæmt umferðatölum Vegagerðarinnar fyrir samgöngubótina um Lyngdalsheiði og eftir framkvæmdina. Þar sést glögglega að mun fleiri ökutæki hafa ekið um veginn eftir hann var bættur og hefur umferð vaxið jafnt og þétt. Áður fyrr var vegurinn malarvegur en með tilkomu bundins slitlags hefur hann bætt aðgengi ferðamanna og sumarhúsaeigenda á svæðinu. Þetta einfalda dæmi sýnir að aðsókn að áður lítið aðsóttu svæði hefur aukist mikið með samgöngubótinni.

Tafla 7 Árdagsumferð um Lyngdalsheiði

Ár	Fyrir samgöngubót					Eftir samgöngubót				
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Árdagsumferð	282	294	277	334	308	647	709	789	891	1062

Heimild: (Vegagerðin, 2006-2015)

⁴⁴ Aðkomuvegir að göngunum voru þó fjármagnaðir úr ríkissjóði.

Þessi stuttu dæmi styðja það að vegaf framkvæmdir hafa áhrif á nærliggjandi samfélög. Fjárveitingar til vegakerfisins hafa verið undir þeim mörkum sem óskandi væri og er nú farið að sjá þess víða stað í kerfinu. Mikil þörf hefur skapast fyrir viðhald á vegum og sums staðar hefur skortur á viðhaldi leitt til þess að burðarlag er farið að gefa sig. Sama má segja um svigrúm til nýframkvæmda en þær hafa verið af skornum skammti undanfarin ár og áður ákveðnar framkvæmdir frestast ítrekað. Íslenskar aðstæður eru um margt sérstakar þar sem landshlutar standa misjafnlega að vígi þegar kemur að vegasamgöngum og hefur landið nokkra sérstöðu meðal Vesturlanda hvað þetta varðar. Þá hefur vegakerfið þróast mishratt eftir landsvæðum og kröfur íbúa um vegasamgöngur eru því mismunandi frá einum landshluta til annars.

Forgangsröðun vegaf ramkvæmda er vinsælt, pólitískt umræðuefni á hverju ári. Kröfur um umbætur á vegakerfinu með auknu öryggi fara vaxandi líkt og eðlilegt er og hefur verið farið í mikið átak á því sviði sem haldið verður áfram samkvæmt nýsamþykkti samgönguáætlun. Uppbygging vegakerfisins, viðhald þess og rekstur, er forgangsatríði við ráðstöfun fjármuna til vegamála. Svo nýta megi fjármuni á sem skilvirkastan hátt þarf að beita almennum greiningar- og matsaðferðum í þeim tilgangi að bæta ákvörðunartöku. Aukin þekking og reynsla kemur til með að nýtast vel til að lágmarka kostnað og hámarka ávinning í vegakerfinu, bæði hvað varðar bein útgjöld hins opinbera og samfélagslegs ábata.

Heimildaskrá

- Adam Smith. (1776). *The Wealth of Nations*. London: W. Strahan.
- Axel Hall, Ásgeir Jónsson og Sveinn Agnarsson. (2002). *Byggðir og búseta: Þéttbýlismyndun á Íslandi*. Reykjavík: Hagfræðistofnun Íslands.
- Ágúst Einarsson. (2005). *Rekstrarhagfræði*. Reykjavík: Mál og menning
- Árni Freyr Stefánsson. (2014). *Eignastýring þjóðvegakerfisins: Greining áhrifa og ávinnings*. Sótt af [http://www.vegagerdin.is/Vefur2.nsf/Files/Eignastyring_thjodvegakerfisins/\\$file/Eignast%C3%BDring%20%C3%BEj%C3%B3%C3%B0vegakerfisins.pdf](http://www.vegagerdin.is/Vefur2.nsf/Files/Eignastyring_thjodvegakerfisins/$file/Eignast%C3%BDring%20%C3%BEj%C3%B3%C3%B0vegakerfisins.pdf).
- Birkir Hrafn Jóakimsson. (2016). *Eignfærsla vegakerfisins: Útreikningar á endurstofnvirði mannvirkja á vegakerfi*. Reykjavík: Höfundur.
- European Commission. (e.d.). *Road safety evolution in EU*. Sótt af http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/observatory/historical_evol.pdf.
- European Union Road Federation. (2013). *Road Asset Management: An ERF position paper for maintaining and improving a sustainable and efficient road network*. Sótt af http://www.erf.be/images/Road-Asset-Management-for_web_site.pdf.
- Ferðamálastofa. (e.d.). *Heilfarfjöldi erlendra ferðamanna 1949-2015*. Sótt af <http://www.ferdamalastofa.is/is/tolur-og-utgafur/fjoldi-ferdamanna/heildarfjoldi-erlendra-ferdamanna-1949-2015>.
- Ferlir. (e.d.). *Gamlar leiðir*. Sótt af <http://www.ferlir.is/?id=7301>.
- Fernald, J. (1999). *Roads to Prosperity? Assessing the Link between Public Capital and Productivity*. Sótt af <http://www.jstor.org/stable/pdf/117036.pdf>.
- Friðleifur Ingi Brynjarsson. (2013). *Umferðarspá 2012-2060*. Sótt af [http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Spa_2012-2060/\\$file/Spa_2012-2060.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Spa_2012-2060/$file/Spa_2012-2060.pdf).
- Gericke, B., Henning, T. og Greenwood, I. (2014). *A Guide to Delivering Asset Management in the Road Sector through Performance Based Contracting*. Washington, DC: The World Bank.
- Hagstofa Íslands. (e.d.-a). *Heildarútgjöld hins opinbera eftir málaflokkum í mestri sundurliðun 1998-2014*. Sótt af http://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Efnahagur/Efnahagur_fjaropinber_fjarmal_opinber_fjarmal_opinber/THJ05142.px/.
- Hagstofa Íslands. (e.d.-b). *Útgjöld hins opinbera eftir málaflokkum*. Sótt af http://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/Efnahagur/Efnahagur_fjaropinber_fjarmal_opinber_fjarmal_opinber/THJ05992.px/.

- Hagstofa Íslands. (e.d.-c). Mannfjöldi eftir kyni, aldri og sveitarfélögum 1998-2016 – Sveitarfélagaskipan hvers árs. Sótt af http://px.hagstofa.is/pxis/pxweb/is/lbuar/lbuar__mannfjoldi__2_byggdir__sveitarfelog/MAN02001.px/.
- Hartmann, A., Adey, B., Nam, L., Viti, F., Hietbrink, M., Lepert, P. og Wolput, B. (2012). SABARIS: Stakeholder benefits and road intervention strategies. <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbm9hc3NldGNhbGx8Z3g6NzAxNzM4MzE0YzZjNDQ5Ng>,
- Hjalti Jóhannesson og Kjartan Ólafsson. (2004). Samgöngubætur og félags-efnahagsleg áhrif þeirra. Sótt af [http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/UNAK_Samgb_loka/\\$file/samgongub_felags_efnahagsl.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/UNAK_Samgb_loka/$file/samgongub_felags_efnahagsl.pdf).
- Hjalti Jóhannesson. (2016). Samfélagsleg áhrif Vaðlaheiðaganga: Viðtalsrannsókn – staðan fyrir gögn. Sótt af [http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/0749eb2869ed07ce0025750c0041a550/13123efadeec87c100257f87002ec8bd/\\$FILE/Samf%C3%A9lagsleg%20%C3%A1hrif%20Va%C3%B0lahei%C3%B0arganga%20vi%C3%B0talsrann%C3%B3knir%20fyrir%20g%C3%B6ng.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/0749eb2869ed07ce0025750c0041a550/13123efadeec87c100257f87002ec8bd/$FILE/Samf%C3%A9lagsleg%20%C3%A1hrif%20Va%C3%B0lahei%C3%B0arganga%20vi%C3%B0talsrann%C3%B3knir%20fyrir%20g%C3%B6ng.pdf).
- International Transport Forum (e.d.). Transport infrastructure investment and maintenance spending. Sótt af <http://stats.oecd.org/>.
- Jón Þorvaldur Heiðarsson. (2015). Samskipti fólks um Héðinsfjarðargöng: Umferð og samannbrúur við umferðarspott. Sótt af <http://thjodfelagid.is/index.php/Th/article/view/81/68>.
- Kalaitzidakis, P. og Kalyvitis, S. (2007). Maintenance in Public Capital for Growth: The Canadian Experience. <http://www.aueb.gr/users/kalyvitis/CanSep04EI.pdf>.
- Kieso, D.E., Weygandt, J.J. og Warfield, T.D. (2011). Intermediate Accounting. (IFRS útgáfa). (bls. 513-516, 527, 531-534, 562, 564-570 572). New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Lakshmanan, T.R. (2011). The broader economic consequences of transport infrastructure investment. *Journal of Transport Geography*, 19, 1129-1139.
- Liikennevirasto. (e.d.) Tieverkko. Sótt af <http://www.liikennevirasto.fi/tieverkko#.WGwJOhuLRdg>.
- Lindfors, J. (2013). The wider economic impacts of transport investment. Sótt af http://www.helsinki.fi/ruralia/asiantuntijapalvelut/ytp_fin/pdf/BGLC_WP_53_report_Final_12022014.pdf.

- Mankiw, N. G., Romer, D. og Weil, D. N. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. Sótt af http://eml.berkeley.edu/~dromer/papers/MRW_QJE1992.pdf.
- Newbold, P., Carlson, W. L. og Thorne, B. M. (2013). Statistics for Business and Economics. Essex: Pearson Education Limited.
- OECD. (2001). Asset Management for the Roads Sector. OECD Publications Service.
- Saarinen, J. (2007). Asset management and Valuation Case Finland. Sótt af <http://www.piarc.org/ressources/documents/1043,Jani-Saarinen.pdf>.
- Samgönguráð. (2015). Samgönguáætlun 2015-26: Greinagerð með tillögu samgönguráðsDrög. Sótt af <https://www.innanrikisraduneyti.is/media/frettir-2015/SGA-Drog--28.-september.pdf>.
- Samgönguráðherra (1990-2007). Skýrsla samgönguráðherra um framkvæmd vegáætlunar. Reykjavík: Höfundur.
- Samgöngustofa. (2000-2015). Ársskýrslur slysaskráningarf. Sótt af <http://www.samgongustofa.is/umferd/tolfraedi/slysatolur/arsskyrslur-slysaskraningar/>.
- Schwab, K. (2016). The Global Competitiveness Report. Geneva: World Economic Forum.
- Swedish National Road Administration. (e.d.). Vägverket. Sótt af <http://www.piarc.org/ressources/documents/84,suede.pdf>.
- Vegagerðin. (2006-2015). Umferð á þjóðvegum. Sótt af <http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/umferdin/umfthjodvegum/>.
- Vegagerðin. (2008-2012). Skýrsla Vegagerðarinnar um framkvæmd samgönguáætlunar. Reykjavík: Höfundur.
- Vegagerðin. (2013). Viðhald vega er arðbærasta fjárfestingin: Niðurskurður á viðhaldi kallar á auknar fjárveitingar seinna meir. Sótt af <http://www.vegagerdin.is/upplýsingar-og-utgafa/frettir/nr/5901>.
- Vegagerðin. (e.d.-a). Umferð 2015. Engið úr gagnabanka Vegagerðarinnar.
- Vegagerðin. (e.d.-b). Vegakerfið. Sótt af <http://www.vegagerdin.is/vegakerfid/>.
- Vegalög nr. 80/2007.
- Weil, D.N. (2005). Economic Growth. Essex: Pearson
- Þingskjal nr. 1341/2014-2015. Tillaga til þingsályktunar um fjögurra ára samgönguáætlun fyrir árin 2015-2018.

Þingskjal nr. 353/2011-2012. Frumvarp til laga um breytingu á landflutningalögum, nr 40/2010.

Munnlegar heimildir:

Etna Sigurðardóttir, viðskiptafræðingur hjá Vegagerðinni. (2016). Samtal í Vegagerðinni maí 2016.

Viðauki II Aðferðafræði við rannsóknir

Tilgátuprófanir

Líkt og nefnt var hér að ofan hafa fjárveitingar til vegakerfisins verið af skornum skammti undanfarin ár ef lítið er á sögulegan samanburð. Til að rannsaka hvort heildarfjárveitingar og viðhaldsútgjöld til vegakerfisins hafi áhrif á hagvöxt er notast við margvíða aðhvarfsgreiningu (e. multiple linear regression). Því er vert að staldra aðeins við og fjalla um tilgang og markmið aðferðafræðinnar og byrja á að á að skilgreina tilgátu (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Fyrst eru skilgreindar tilgátuprófanir og markmið þeirra. Tilgáta í tölfræði er hver sú fullyrðing um þýði þar sem ætlunin er að sýna fram á hvort hún standist eður ei. Tilgátuprófun felst í því að prófa tilgátur með tölfræðilegu prófi⁴⁵ (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Þegar rannsaka á eitthvað tiltekið er byrjað að setja fram núlltilgátu, sem er mikilvæg þegar prófa á tilgátur. Núlltilgáta, táknuð með H_0 , er staðhæfing um stika þýðis sem „eðlilegt“ er að halda fram í upphafi. Gagntilgáta, táknuð með H_1 , staðhæfir öfugt við H_0 . Við höfnum H_0 ef gögnin benda sterklega til þess að H_0 sé röng. Við höfnum ekki H_0 ef gögnin benda ekki nægilega sterkt til þess að H_0 sé röng (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Tilgátupróf samanstanda af prófstærð og höfnunarsvæði. Prófstærð (e. test statistics) er fall af úrtakinu. Ákvörðun um að hafna H_0 eða ekki er byggð á prófstærðinni. Höfnunarsvæði (e. critical region) er svæði sem inniheldur öll gildi á prófstærðinni sem leiða til höfnunar á H_0 , það er, H_0 er hafnað ef prófstærðin er innan höfnunarsvæðisins (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Möguleiki er að gera tvennskonar mistök við tilgátupróf. Mistök af gerð I (e. type I error) eiga sér stað þegar H_0 er hafnað þegar H_0 er í rauninni sönn. Mistök af gerð II (e.

⁴⁵ Til að mynda margvíðri aðhvarfsgreiningu

type II error) eiga sér stað þegar H_0 er ekki hafnað þegar H_0 er í rauninni röng. Tafla 8 sýnir hvenær mistök af gerð I og II eiga sér stað og hvenær rétt ákvörðun er tekin.

Tafla 8 Mistök af gerð I og II

	H_0 sönn	H_0 röng
Höfnum ekki H_0	Rétt ákvörðun	Mistök af gerð II
Höfnum H_0	Mistök af gerð I	Rétt ákvörðun

Einföld aðhvarfsgreining

Þróaðar hafa verið margar aðferðir við aðhvarfsgreiningu. Til að kynnst aðferðinni betur er fyrst stillt upp jöfnu einfaldrar aðhvarfsgreiningar. Aðhvarfsgreining hefur verið mikið notuð og getur gefið hagnýtt gildi ef hún er notuð á réttan hátt. Einföld línuleg aðhvarfsgreining gengur í stórum dráttum út á að skoða línulegt samband milli háðu breytunnar (e. dependent variable) og óháðu breytunnar (e. independent variable). Þar sem breyting óháðu breytunnar hefur áhrif á gildi háðu breytunnar. Með því að meta slík sambönd er möguleiki á auknum skilningi ýmissa aðstæðna í viðskipta- og hagfræði. Sýnt er fram á tengsl mismunandi breyta á formi jöfnu beinnar línu sem rita má sem (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

$$Y = \alpha + \beta x + \epsilon \quad (1)$$

Y er háð breyta og x sú breyta sem aðrar breytur hafa áhrif á. Skurðpunktur við y -ás er α , β er hallatala línunnar, x er síðan óháð breyta. Að lokum er ϵ leifaliður (e. residual) sem bætist við jöfnuna.

Til að finna gildi á stika jöfnunnar sem sýnd var hér að ofan er beytt aðferð minnstu kvaðrata (e. ordinary least square, OLS) sem gengur út á að byggja mat línulegra væntinga á stuðlamati sem lágmarkar summu ferninga leifaliða líkansins. Leifaliðurinn er sú breyting í háðu breytunni sem ekki er hægt að rekja til óháðu breytunnar. Með lágmarkun á þessari stærð finnst sú lína sem passar best við gögnin og er best til þess fallin að greina þau. Sú lína sem passar best við gögnin eru sú sem inniheldur þær breytur sem bestar eru fyrir líkanið. Breyta er sögð best ef hún er línuleg, óbjöguð og með minnstu mögulegu dreifni. Ef við hugsum okkur að b_1 sé mat á α og b_0 sé mat á β eru stikarnir reiknaðir á eftirfarandi hátt (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (3)$$

Þar sem x_i og y_i eru gildi fyrir sérhvern mælipunkt úr úrtaki (X, Y) , \bar{x} og \bar{y} eru meðaltal úrtaka X og Y . Stikarnir eru síðan notaðir til að setja fram aðhvarfsjöfnuna (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x \quad (4)$$

\hat{y} er spágildi fyrir x . Fjarlægð einstakra punkta í úrtakinu ϵ_i frá aðhvarfslínunni eru kallaðir leifaliðir, líkt og áður hefur komið fram. Aðferð minnstu kvaðrata gengur út á að lágmarka summu kvaðrata leifaliðanna eða:

$$\sum \epsilon_i^2 \quad (5)$$

Fylgni

Hægt er að meta hvort samband milli tveggja breyta, x og y , sé sterkt eða veikt með því að reikna út fylgnistuðul r sem getur verið á bilinu $-1,0 - 1,0$. Óháð breyta er sú breyta sem talin er hafa áhrif á aðra breytu meðan háð breyta er sú breyta sem talin er verða fyrir áhrifum. Pearson fylgnistuðull úrtaks r (e. sample coefficient of correlation) má nota til að reikna styrk línulegs sambands í aðhvarfsgreiningu en hann er reiknaður á eftirfarandi hátt (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \right) \quad (6)$$

Þar sem n er fjöldi mælinga úrtaks (X, Y) \bar{x} og \bar{y} eru meðaltöl X og Y , s_x er staðalfrávik X og s_y er staðalfrávik Y . Formerki fylgnistuðulsins segir til um stefnu sambandsins. Þegar $r = 0$ gefur það til kynna að ekkert línulegt samband sé á milli x og y . Þegar $r = 1$ hafa breyturnar fullkomið jákvætt samband. Ef $r = -1$ gefur það til kynna að um fullkomna neikvæða fylgni sé að ræða (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Til að útskýra fylgni enn betur má segja að ef um ekkert línulegt samband sé að ræða þá eru breyturnar sem um ræðir óháðar. Ef sterkt jákvætt samband er milli breytanna þá segir óháða breytan, x , fyrir um þróun háðu breytunnar, y . Það er að segja ef gildi á breytunni x fer hækkandi þá má áætla að gildi y breytunnar geri það einnig. Ef gildi x breytunnar fer lækkandi má áætla að gildi y breytunnar geri slíkt hið sama. Neikvæð fylgni er andhverfa jákvæðrar fylgni og gefur til kynna ef x breytan fer hækkandi eru meiri líkur

á að y breytan fari lækkandi og öfugt. Tafla 9 lýsir því hvernig styrkleiki línulegs sambands er túlkaður frá fylgnistuðli. Stuðullinn segir ekki til um hvernig óháða breytan stækkar eða minnkar heldur aðeins hversu gott sambandið er (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Tafla 9 Fylgnistuðlar

Algildi fylgnistuðuls ($ r $)	Styrkur fylgni
$r = 1$	Fullkomin jákvæð fylgni
$0.7 < r < 1$	Sterk jákvæð fylgni
$0.4 < r < 0.7$	Meðal jákvæð fylgni
$0.1 < r < 0.4$	Veik jákvæð fylgni
$r = 0$	Engin fylgni

Skýringarhlutfall

Við mælingar á þeim áhrifum sem óháða breytan hefur á háðu breytuna er notast við skýringarhlutfall (e. coefficient of determination) eða r^2 . Hlutfallið segir til um hversu vel aðhvarfslíkan fellur að þeim gögnum sem til skoðunar eru (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Skýringarhlutfall er alltaf á bilinu 0 – 1. Því nær einum sem skýringarhlutfallið er, þeim mun meira skýra breytingar á breytu x breytingar á breytu y. Um fullkomna spá er að ræða ef $r^2 = 1$ og þá er talað um að samband breytanna sé algjörlega línulegt. Hins vegar ef hlutfallið er nálægt núll þá getur x breytan ekkert sagt til um breytingar á y breytunni. Sem dæmi ef skýringarhlutfallið er 0,90 þá er það túlkað að 90% líkur séu á því að breytileiki í óháðu breytunni sé útskýrður með háðu breytunni (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Forsendur í línulegri aðhvarfsgreining

Gera þarf ráð fyrir eftirfarandi forsendum í línulegri aðhvarfsgreiningu eigi hún að teljast marktæk (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

- Háðu og óháðu breytunar verða að vera samfelldar talnabreytur. Slíkt á við í rannsókn þessari.
- Línulegt samband verður að vera milli háðu og óháðu breytanna.

- Sérhver slembistærð í útreikningum verður að fylgja normaldreifingu
- Óvissa allra slembistærða ε_i verður að hafa sömu dreifni, σ^2 .
- Ef þessar forsendur eru ekki uppfylltar rýrir það gæði aðhvarfsgreiningarinnar.

Margvíð línuleg aðhvarfsgreining

Margvíð aðhvarfsgreining svipar að miklu leiti til einfaldrar aðhvarfsgreiningar. Megin tilgangur aðferðafræðinnar er að álykta um samtímaáhrif sem tvær eða fleiri óháðar breytur hafa á háðu breytuna með aðferð minnstu kvaðrata. Í okkar tilfelli höfum við áhuga á að horfa til þeirra áhrifa sem útgjöld til vegamála hafa á hagvöxt. Þegar gögnum um fjárveitingar til vegamála hefur verið safnað saman aftur í tímann er áhugavert að sjá hvort slíkt hafi marktæk áhrif á hagvöxt og velsæld í samfélaginu. Þegar um margvíða aðhvarfsgreiningu er að ræða koma fleiri óháðar breytur til með að hafa áhrif á háðu breytuna. Dæmi um jöfnu margvíðar aðhvarfsgreiningar er (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (7)$$

Þar sem ε_i er slembisekkja með meðaltal 0 og fervik σ^2 . β_j eru stuðlar jaðaráhrifa fyrir óháðu breytunnar. Þýðislíkan margvíðar aðhvarfsgreiningar skoðar samband háðu eða innri breytunnar Y , og óháðu eða ytri breytanna x_j , þar sem $j = 1, \dots, k$. Þá er x_j talin hafa föst gildi og Y_i vera slembi breyta þar sem $i = 1, \dots, n$ er fjöldi athuganna (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Athugið að í jöfnu 31 hér að ofan táknar β stuðlarnir framlag óháðra breyta til að spá fyrir um áhrif á háðu breytuna.

Markmiðið er alltaf að reyna að meta líkan sem ekki er vitað nákvæmlega hvernig er. Mögulegt er að greina gögn um tryggingar, tekjur, aldur og fleira og reyna að finna ákveðið samband. Raunverulega líkanið er aldrei þekkt en jafnan sem fæst út er formleg framsetning á því sem við ætlum að meta. Það er kallað þýðislíkan. Þegar öll gögn eru fyrir hendi, það er háða breytu, óháðar breytur og ytri breytur er mögulegt að beyta margvíðri aðhvarfsgreiningu (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

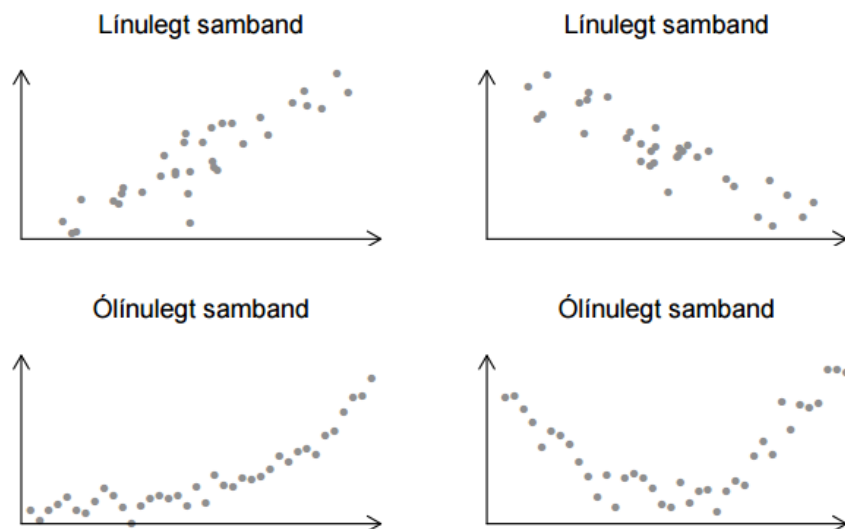
Línuleg forsenda

Nú hefur aðhvarfsgreining verið kynnt á þann hátt að mögulegt er að meta línulegt samband. Í raunveruleikanum eru sambönd hins vegar ekki alltaf línuleg. Því geta

sambönd breyta einnig verið túlkuð á ólínulegan hátt. Oft er gott að horfa á dreifirit⁴⁶ af breytunum til að sjá fyrir um hvort línulegt eða ólínulegt samband sé að ræða. Ef punktarnir mynda mikið kúpta eða hvelfda línu er augljóst að sambandið er ólínulegt. Þá er annaðhvort að umbreyta breytunum svo nálgast megi línulegt samband eða einfaldlega gera ráð fyrir ólínulegu sambandi. Þessar forsendur eru mjög mikilvægar. Til eru mörg sambönd innan hagfræðinnar sem ekki teljast línuleg. Til að mynda er lögmálið um minnkandi jaðarafköst ólínulegt (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Hægt er að kanna ólínuleg sambönd á marga vegu með útvíkkun á aðhvarfslíkaninu sem er fyrir hendi. Mögulegt er að umbreyta líkaninu í annarsstigs jöfnu, veldislíkan eða taka logaritma af líkaninu og fá þannig jöfnu með logaritma af breytunum.

Ef líkaninu er umbreytt í annarsstigs líkan er mögulegt að samband breytanna sé U-laga líkt og sjá má á Mynd 17. Þá má á sömu mynd einnig sjá ólínulegt samband ef tekinn er logaritmi af breytunum.



Mynd 17 Dæmi um línuleg og ólínuleg sambönd

Forsenda normaldreifingar

Til að hægt sé að reikna út hvort tilgátuprófið sé marktækt þarf að gera ráð fyrir að dreifing sé normaldreifð fyrir leifaliði háðu breytunnar, því það endurspeglar

⁴⁶ Mynd þar sem mælingar á tveimur stærðum fyrir hvert stak í einhverju úrtaki eru táknaðar með samsvarandi punktum í rétthyrndu hnitakerfi.

normaldreifingu leifaliða. Frávik frá normaldreifingu hefur misjöfn áhrif á afköst og höfnunarmistök. Ef dreifing víkur frá normaldreifingu, minnka afköst dreifigreiningarinnar. Á hinn bóginn hefur skekkja í dreifingu ein og sér lítil áhrif á höfnunarmistök. En ef skekkjunni fylgja öfgagildi eða misleitni í hólfum þá magnast höfnunarmistök einnig (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Áreiðanleiki

Í stuttu máli sagt þá vísar áreiðanleiki (e. robustness) aðhvarfsgreiningar til þess hversu vel niðurstöður hennar gilda þegar forsendur standast ekki fullkomlega. Mjög algengt er að forsendur aðhvarfsgreiningar bresti að einhverju leiti. Þess vegna er nauðsynlegt að vita hvaða áhrif slíkt getur haft á niðurstöður aðhvarfsgreiningar (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Þekkt er að afköst (e. power) aðhvarfsgreiningarinnar geta stundum minnkað þegar forsendur standast ekki fyllilega. Með öðrum orðum aukast líkur á að hafna réttri tilgátu þegar forsendur greiningarinnar bresta. Vegna áður nefndra áhrifa á afköst og höfnunarmistök er nauðsynlegt að huga að forsendum aðhvarfsgreiningar við skipulag rannsókna og þegar úrvinnsla gagna er undirbúin. Mögulegt er að skoða hvort forsendur um þýðið standist með því að skoða dreifingu gagna í myndritum. Ef myndrit sýna dreifingu sem víkur frá helstu forsendum er ef til vill áhugavert að umbreyta gögnunum með einfaldri reikningsaðferð. Umbreytingar á núverandi gögnum geta þó í sumum tilfellum valdið því að erfiðara verður að túlka niðurstöðurnar (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Til að meta áreiðanleika aðhvarfsgreiningar er mögulegt að meta staðalskekkju dreifingarinnar ásamt því að framkvæma svo kallað Durbin-Watson próf sem við skulum hér kynna aðeins nánar (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

Mat á staðalskekkjum

Í einfaldri aðhvarfsgreiningu er summa kvaðrata lágmarkuð $\sum \varepsilon^2$ með tilliti til α og β . Í margvíðri aðhvarfsgreiningu er hins vegar markmiðið að fá mat á stuðlum $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, með því að lágmarka summu kvaðrata með tilliti til allra β stuðlanna. Á fylkjaformi höfum við leifaliðina (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

$$\hat{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \hat{\varepsilon}_1 \\ \hat{\varepsilon}_2 \\ \vdots \\ \hat{\varepsilon}_T \end{bmatrix} \quad (8)$$

Skekkjan er:

$$L = \varepsilon' \hat{\varepsilon} = [\hat{\varepsilon}_1 \hat{\varepsilon}_2 \dots \hat{\varepsilon}_T] \begin{bmatrix} \hat{\varepsilon}_1 \\ \hat{\varepsilon}_2 \\ \vdots \\ \hat{\varepsilon}_T \end{bmatrix} = \hat{\varepsilon}_1^2 + \hat{\varepsilon}_2^2 + \dots + \hat{\varepsilon}_T^2 = \sum \hat{\varepsilon}_t^2 \quad (9)$$

Til að meta $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, finnum við þau gildi sem lágmarka skekkjuna. Það er gert með því að taka fyrstu afleiðu með tilliti til β og leysa jöfnuhneppi sem fæst þegar afleiðan er sett jöfn núlli. Þar með fæst (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} \hat{\beta}_1 \\ \hat{\beta}_2 \\ \vdots \\ \hat{\beta}_T \end{bmatrix} = (X'X)^{-1}X'y \quad (10)$$

Svo mögulegt sé að meta σ^2 , fervik frávíkanna, notum við:

$$s^2 = \frac{\varepsilon' \hat{\varepsilon}}{T-k} \quad (11)$$

Þar sem k táknar fjölda óháðra breyta að fastanum meðtöldum. Í því tilviki „missum“ við út k athuganir þar sem k stuðlar eru metnir, sem gerir það að verkum að líkanið samanstendur af $T-k$ frígráðum⁴⁷. OLS metillinn fyrir fervik $\hat{\beta}$ eru hornalínustökin í fylkinu $s^2(X'X)^{-1}$ þar sem (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

- Fervik $\hat{\beta}_1$ er fyrsta stakið.
- Fervik $\hat{\beta}_2$ er annað stakið.
- Fervik $\hat{\beta}_k$ er k -ta stakið.

Durbin-Watson próf

Í kringum 1950 þróuðu þeir James Durbin og Geoffrey Watson próf til að athuga hvort um sjálffylgni væri að ræða í aðhvarfslíkani. Það próf hefur síðan verið kallað Durbin-Watson prófið. Þrátt fyrir að prófið sé ekki notað mikið í dag er það auðvelt í framkvæmt þar sem það byggir á leifaliðum sem aðhvarfsgreiningin gefur. Líkanið sem til notkunar er verður

⁴⁷ Fjöldi gilda sem þarf að þekkja til þess að geta reiknað kvaðratsummu.

þó að uppfylla ákveðin skilyrði svo taka eigi mark á prófhendingunni og að niðurstöður prófsins séu marktækar. Aðhvarfslíkanið verður til að mynda að innihalda fasta, það má ekki innihalda tafið gildi af háðu breytunni, y , og óháða breytan, x , verður að vera slembin stærð. Til viðbótar verða leifaliðirnir að vera á forminu (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

$$v_t = pv_{t-1} + u_t; -1 \leq p \leq 1 \quad (12)$$

Gert er ráð fyrir að leifaliðirnir séu eins dreifðir og óháðir með dreifingu $N(0, \sigma^2)$ og mörkuð er núlltilgáta:

$$H_0: p = 0 \quad (13)$$

Og gagntilgáta:

$$H_1: p > 0 \quad (14)$$

Þar sem markmiðið er að prófa fyrir jákvæðri sjálffylgni.

Notast er við prófhendingu:

$$d \approx 2(1 - r_1) \quad (15)$$

Þar sem $r_1 = p$, sem er sjálffylgnistuðull og er alltaf á bilinu $-1 \leq p \leq 1$ og prófhendingin á bilinu $0 \leq d \leq 4$.

Höfnunargildin fyrir 1% og 5% marktæktarkröfu reiknuðu þeir Durbin og Watson sjálfir þegar þeir þróuðu prófið. Til að kanna hvort jákvæð sjálffylgni sé til staðar í líkaninu höfum við áhuga á eftirfarandi (Newbold, Carlson og Thorne, 2013):

Hafna H_0 ef $d < d_L$

Hafna ekki H_0 ef $d > d_U$

Þá er einnig hægt að kanna hvort um neikvæða sjálffylgni sé að ræða og þá skoðum við eftirfarandi:

Hafna H_0 ef $d > 4 - d_L$

Hafna ekki H_0 ef $d < 4 - d_U$

Ef $d_L < d < d_U$ eða $4 - d_U < d < 4 - d_L$ eru niðurstöðurnar ófullnægjandi og ekki möguleiki að segja til um hvort sjálffylgni sé til staðar eður ei.

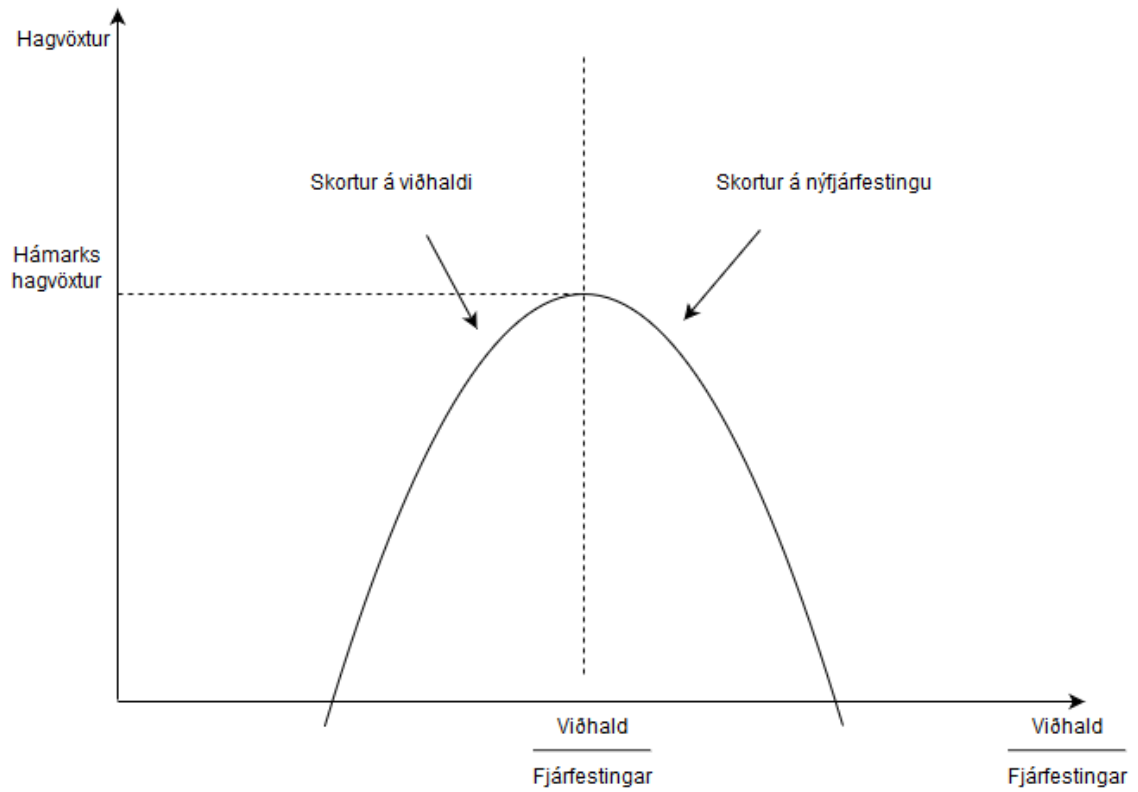
Tafla 10 Durbin Watson

Höfnum H_0 Vísbendingar um jákvæða sjálffylgni	Ófullnægjandi niðurstöður	Höfnum ekki H_0 Vísbending um að engin sjálffylgni sé til staðar	Ófullnægjandi niðurstöður	Höfnum H_0 Vísbendingar um neikvæða sjálffylgni		
0	d_L	d_U	2	$4-d_U$	$4-d_L$	4

Eftir að aðhvarfsgreining hefur verið framkvæmd er gagnlegt að skoða gildi Durbin-Watson fyrir prófhendinguna, d , og bera saman við r^2 og t -gildin. Ef r^2 er tiltölulega nálægt einum, t -gildin há en d lágt er það vísbending um svokallað delluaðhvarf⁴⁸ og raðirnar sem skoðaðar eru séu ósístæðar (Newbold, Carlson og Thorne, 2013).

⁴⁸ Delluaðhvarf á sér stað í aðhvarfsgreiningu þar sem notaðar eru ósístæðar (e. Non-stationary time series) og forsendur minnstu kvaðrata eru brotnar og meðaltal, dreifni og samdreifni breytast í tíma.

Viðauki II Samband hagvaxtar og fjárveitinga til vegamála



Mynd 18 Samband milli hagvaxtar og fjárveitinga til vegamála

Viðauki III Slysaskráningar

Tafla 11 Slysátölur innan Evrópusambandsins 1991-2014

Ár	Dauðsföll	Minniháttar slys	Meiriháttar slys
1991	76.200	1.444.600	1.907.100
1992	71.500	1.434.800	1.894.400
1993	66.200	1.374.400	1.811.300
1994	64.700	1.405.100	1.861.400
1995	64.000	1.420.400	1.894.200
1996	60.100	1.408.900	1.885.600
1997	61.000	1.435.000	1.920.000
1998	59.600	1.451.800	1.937.300
1999	58.400	1.482.600	1.978.200
2000	57.080	1.463.000	1.945.300
2001	54.900	1.479.100	2.008.700
2002	53.300	1.427.000	1.960.800
2003	50.400	1.406.800	1.893.900
2004	47.300	1.360.500	1.820.800
2005	45.300	1.342.200	1.769.100
2006	43.100	1.320.800	1.742.200
2007	42.500	1.320.000	1.747.600
2008	38.900	1.255.400	1.653.600
2009	34.800	1.204.700	1.595.500
2010	31.500	1.130.400	1.502.200
2011	30.700	1.123.300	1.484.800
2012	28.200	1.080.400	1.433.700
2013	26.000	1.055.400	1.389.800
2014	25.900	1.079.800	1.419.800

Heimild: (European Commision, e.d.).

Tafla 12 Meðaltal dauðsfalla og slysa innan Evrópusambandsins 1991-2014

Dauðsföll	49.649
Minniháttar slys	1.329.433
Meiriháttar slys	1.769.054

Heimild: (European Commision, e.d.).

Tafla 13 Slysátölur á Íslandi 1975-2015

Ár	Látnir	Alvarlega slasaðir	Lítið slasaðir	Fjöldi slasaðra	Slys með meiðslum samtals	Slys og óhöpp
1975	30	262	412	704	477	6.931
1976	18	246	328	592	421	6.529
1977	33	290	246	569	401	6.345
1978	25	320	389	734	479	6.945
1979	23	274	314	611	420	7.013
1980	24	326	360	710	498	4.205
1981	22	260	447	729	479	7.703
1982	21	349	395	765	520	7.622
1983	17	297	316	630	449	7.341
1984	2	419	343	764	527	7.395
1985	24	375	514	913	595	7.062
1986	21	345	423	789	532	7.666
1987	22	380	575	977	651	11.347
1988	24	299	612	935	623	8.249
1989	22	314	489	825	514	4.842
1990	19	211	646	876	564	4.463
1991	24	230	898	1152	760	4.321
1992	20	228	1099	1347	904	4.395
1993	17	246	1188	1451	986	4.226
1994	12	242	1231	1485	1004	4.647
1995	19	239	1392	1650	1057	4.943
1996	10	229	1329	1568	1075	4.804
1997	14	203	1293	1510	1027	5.018
1998	27	229	1349	1605	1095	6.140
1999	21	222	1483	1726	1174	7.369
2000	23	169	1319	1511	979	8.057
2001	19	158	1120	1297	844	7.839
2002	22	164	1321	1507	958	7.832
2003	20	145	1076	1241	787	7.952
2004	20	115	1041	1176	790	8.658
2005	16	129	884	1029	671	8.221
2006	28	153	1174	1355	915	8.353
2007	15	195	1463	1673	1147	7.571
2008	12	200	1373	1585	1085	5.632
2009	15	170	1112	1297	893	6.542
2010	7	205	1056	1268	883	6.161
2011	12	154	1063	1229	849	6.064
2012	9	136	899	1044	742	5.552
2013	14	177	1040	1231	822	5.833
2014	3	177	991	1171	808	6.001
2015	16	178	1130	1324	912	6.412

Heimild: (Samgöngustofa, 2000-2015).