

Bættar spár með umferðarlíkani höfuðborgarsvæðisins

- Umferðarlíkan og skipulagstölur -

Verkefni styrkt af rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar
Mars 2013

Grétar Mar Hreggviðsson
Meistaraneini í byggingaverkfræði
við Háskólann í Reykjavík



VSÓ RÁÐGJÖF





Bættar spár með umferðarlíkani höfuðborgarsvæðisins

- Umferðarlíkan og skipulagstölur –

Grétar Mar Hreggviðsson

Lokaskýrsla

Mars 2013

Verkefni styrkt af rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar 2012

Útdráttur

Eftirfarandi rannsókn er á sviði umferðar og skipulags og er athugun á því hvort hægt sé að bæta spáhluta umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins með aukinni greiningu og betri flokkun skipulagstalna, þ.e. gagna um magn atvinnuhúsnæðis á höfuðborgarsvæðinu

Tilgangur. Rannsóknin miðar að því minnka frávik í spám fyrir grunnár líkansins, sem er árið 2010. Almennt er talið æskilegt að byggja spár á grunnári því þannig er hægt að stilla líkanið af út frá þekktu ástandi, sem er umferðartalningar grunnársins. Frávik í spám grunnárs geta skekkt framtíðarspár og því nauðsynlegt að þau séu eins lítil og mögulegt er.

Nálgun. Rannsóknin byggir á rýni vísindagreina, greiningu á skipulagstölum og líkankeyrslum. Með rýni vísindagreina var augum sérstaklega beint að frávikum í umferðarspám og leiðum til að draga úr þeim. Við greiningu skipulagstalna var gerð tilraun með nýja flokkun gagna þar sem byggt er á notkun húsnæðis í stað gjaldflokka líkt og gert hefur verið. Í líkankeyrslum voru borin saman hin ýmsu tilvik og reynt að finna það tilfelli sem gaf bestu nálgun við umferðartalningar.

Niðurstöður. Talsverður árangur náðist í því að lækka frávik frá umferðartalningum; frávikum yfir 5000 bílum fækkaði um 24% og fyrir götur með yfir 5000 bíla umferð fækkaði þeim um 29%. Auk þess leiddi rannsóknin í ljós misræmi í skipulagsgögnum þar sem gjaldflokkur og skráðri notkun húsnæðis ber ekki saman.

Lykilorð: Umferðarspár, umferðarlíkon, ferðamyndun, skipulagstölur, frávik

Abstract

This research is in the field of transport engineering and urban planning and is an experimental research on whether it is possible to improve the forecasting part of the traffic model for the capital area in Iceland by analysing the planning data, i.e. the area of commercial housing.

Purpose. The research aims to reduce deviations in the model forecasts for the base year, which is 2010. It is generally considered preferable to base forecasts on a base year to be able to calibrate the model to known conditions, which are the base year's traffic counts. Deviations in base year forecasts will bias future forecasts and must be as small as possible.

Approach. Review of literature, analysis on the planning data and model simulations. In the review special focus was on variations in traffic forecasts and ways to reduce them. In data analysis new classification of data, based on registered use of facilities, was derived instead of the former classification. Various instances were simulated and compared to find the best approximation to traffic counts.

Conclusion. Considerable progress was achieved in reducing deviations from traffic counts; deviations over 5000 vehicles decreased by 24% and for streets with traffic over 5000 (AADT) the decrease was 29%. In addition, the study reveals discrepancies in the planning data, between the real estate's tax class and the registered use of facilities.

Keywords: Traffic forecasts, Traffic models, Trip generation, planning data, forecast accuracy

Formáli

Rannsókn þessi er lokaverkefni höfundar til meistaraþrófs í byggingarverkfræði frá tækni- og verkfræðideild Háskólans í Reykjavík. Verkefnið var að mestu unnið á vorönn 2012 og varið í desember sama ár.

Þegar kom að vali á lokaverkefni gerði höfundur eftirfarandi kröfur: Verkefnið varð að vera áhugavert, hafa eitthvert hagnýtt gildi svo einhver hefði áhuga á að skoða niðurstöðuna, og umfram allt að vera skemmtilegt. Þetta verkefni hefur allt þetta.

Leiðbeinandi var Smári Ólafsson samgönguverkfræðingur hjá VSÓ Ráðgjöf og stundakennari við Háskólann í Reykjavík. Meðleiðbeinandi var Haraldur Sigbórsson Dr.Ing. og lektor við Háskólann í Reykjavík.

Ég vil þakka leiðbeinendum mínum fyrir dygga og góða aðstoð. Háskólanum í Reykjavík og því góða fólki sem þar starfar þakka ég samfylgdina síðustu fimm árin. Ég vil þakka sérstaklega VSÓ Ráðgjöf og Einari K. Stefánssyni sviðsstjóra byggðatækni og samgangna fyrir að gera mér kleift að vinna þetta verkefni innan sinna veggja. Sólveigu Kristínu Sigurðardóttur hjá Þjóðskrá Íslands þakka ég aðstoðina við vinnslu gagna um atvinnuhúsnaði og Bjarna V. Halldórssyni dósent við Háskólann í Reykjavík þakka ég góð ráð varðandi tölfræðiútreikninga. Steinunni Haraldsdóttur íslenskufræðingi þakka ég yfirlesturinn.

Fyrst og fremst vil ég náttúrliga þakka fjölskyldunni, minni elskuðu konu og börnum fyrir að umbera mig öll þessi ár.

Verkefnið hlaut styrk frá rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar og færi ég sjóðnum mínar bestu þakkir fyrir stuðninginn.

Efnisyfirlit

Útdráttur	iii
Abstract	v
Formáli	vii
Efnisyfirlit	ix
Myndaskrá.....	xii
Töfluskra.....	xiii
Orðskýringar.....	xv
1 Inngangur	1
1.1 Bakgrunnur	2
1.1.1 Umferðarlíkon á Íslandi	3
Fyrsta útgáfa umferðalíkans fyrir höfuðborgarsvæðið.....	3
VST líkan	4
VSÓ líkan.....	4
1.1.2 Umferðarlíkon í skipulagsvinnu	4
Aðalskipulag Reykjavíkur 1962-1983	5
Aðalskipulag Reykjavíkur 1984-2004	6
Svæðisskipulag höfuðborgarsvæðisins 2001-2024	6
Aðalskipulag Reykjavíkur 2010-2030	7
1.1.3 Aðeins um skipulagsgerð	7
1.2 Framsetning verkefnis	8
1.3 Markmið verkefnisins.....	8
1.4 Umfang verkefnis	9
2 Aðferðafræði rannsóknar.....	11
2.1 Greining og vinnsla gagna.....	12
2.2 Meðhöndlun niðurstaðna	12
3 Fræðileg undirstaða	13
3.1 Umferðarskipulag	13
3.2 Almenn umferðarlíkon	14

3.3	Fjögurra þrepa líkanið	15
3.3.1	Ferðamyndun.....	15
3.3.2	Ferðadreifing	16
3.3.3	Val á ferðamáta	16
3.3.4	Álagsreikningar	16
3.4	Nákvæmni í umferðarspám	17
3.4.1	Mat á skekkju	20
3.5	Tölfræði	20
3.5.1	Aðhvarfsgreining.....	20
3.5.2	Mátgæði.....	21
3.6	Niðurstaða.....	22
4	Rannsóknir	25
4.1	Greining skipulagsgagna	25
4.1.1	Notkunarflokkar	26
4.1.2	Hnitsetning	27
4.1.3	Aðferðir	28
4.2	Aðhvarfsgreining	28
4.2.1	2005 líkan.....	29
4.2.2	2010 líkan.....	29
4.3	Líkankeyrslur.....	30
4.4	Samanburður gagna	32
5	Niðurstöður.....	33
5.1	Greining á skipulagstölum.....	33
5.2	Athugun á 2005 líkani til samræmingar	37
5.2.1	Villur við keyrslur á 2005 líkani	37
5.3	Greining á 2010 líkan	40
5.3.1	Helstu niðurstöður	40
5.3.2	Nánari umfjöllun um einstök tilfelli.....	42
6	Samantekt niðurstaðna og umræður	46
6.1	Helstu niðurstöður	46
6.1.1	Er hægt að bæta spár umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins með frekari greiningu á skipulagsgögnum?	46
6.1.2	Hversu mikið er raunhæft að lækka frávik með greiningu skipulagstalna?	47

6.1.3	Aðrar markverðar niðurstöður.....	47
6.2	Ályktanir.....	48
6.3	Frekari rannsóknir.....	49
6.4	Að lokum.....	50
	Heimildir.....	51
	Viðaukar.....	53
A	Niðurstöður úr athugun á 2005 líkani.....	53
A.1	Metin umferð.....	53
A.2	Tilfelli a1 - Grunntilfelli.....	54
A.3	Tilfelli a2 - Ferðamyndunarjafna með fasta.....	55
A.4	Tilfelli a3 – allir gjaldflokkar og tómunum reitum sleppt.....	56
A.5	Tilfelli a4 – allir gjaldflokkar og öll gögn.....	57
B	Niðurstöður greiningar á 2010 líkani.....	58
B.6	Tilfelli 1 – Grunntilfelli.....	58
B.7	Tilfelli 2 – ný gögn flokkuð eftir gjaldflokkum.....	59
B.8	Tilfelli 3 – eldri flokkun byggð á notkunarflokkum.....	60
B.9	Tilfelli 4-1 – Aðhvarfsgreining endurgerð á upprunaleg gögn.....	61
B.10	Tilfelli 4-2 – tilfelli 4-1 endurgert með fastajöfnu.....	62
B.11	Tilfelli 4-3 – afhvarfsgreining gerð ný gögn.....	63
B.12	Tilfelli 4-4.....	64
B.13	Tilfelli 5-1 – Ný flokkun eftir notkun.....	65
B.14	Tilfelli 5-2.....	66
B.15	Tilfelli 5-3.....	67
B.16	Tilfelli 6-1 – Ferðamyndun skipt í tvo hluta.....	68
B.17	Tilfelli 6-2.....	69
C	Yfirlit yfir handleiðréttar hnitsetningar.....	70
D	Notkunarflokkar.....	71
E	Notkunarflokkar – skipting í gjaldflokka.....	73
F	Gjaldflokkar – skipting í notkunarflokka.....	74

Myndaskrá

Mynd 1: Íbúaspá AR 1962-1983. Samkvæmt henni átti íbúafjöldi höfuðborgarsvæðisins að verða 151 þús. árið 1983.	5
Mynd 2: Umferðarspá Aðalskipulags Reykjavíkur 1962-198 6	6
Mynd 3: Áætlun AR 1984-2004 um íbúafjölda á höfuðborgarsvæðinu 6	6
Mynd 4: Samanburður umferðarspáa og talninga fyrir árin sem spáð var fyrir..... 18	18
Mynd 5: Tilgreind ástæða skekkju í umferðarspám skv. viðtölum (26 lestarframkvæmdir og 208 gatna- og vegaframkvæmdir) 19	19
Mynd 6: Skipting atvinnuhúsnaðis í notkunarflokkum innan hvers gjaldflokks..... 35	35
Mynd 7: Hér er sýnt hvernig atvinnuhúsnaði í fjórum stærstu notkunarflokkunum dreifist milli gjaldflokka. 36	36

Töfluskrá

Tafla 4-1: Sýnishorn af gögnum um atvinnuhúsnaði úr mannvirkjaskrá Þjóðskrár.....	26
Tafla 4-2: Fimm stærstu notkunarflokkar atvinnuhúsnaðis.....	27
Tafla 4-3: Samanlagt flatarmál atvinnuhúsnaðis í öllum gjaldflokkum.....	27
Tafla 4-4: Dæmi um hnitsett atvinnuhúsnaðisgögn frá Þjóðskrá.....	27
Tafla 4-5: Dæmi um gögnin sem notuð voru við aðhvarfsgreininguna.....	29
Tafla 5-1: Ellefu stærstu notkunarflokkar atvinnuhúsnaðis skv. mannvirkjaskrá.....	34
Tafla 5-2: Niðurstaða úr aðhvarfsgreiningu á gögn líkansins frá 2005.....	37
Tafla 5-3: Niðurstaða úr aðhvarfsgreiningu á gögn 2005 líkansins þar sem fastinn er frjáls.	37
Tafla 5-4: Samanburður tilfella við greiningu á 2005 líkani.....	38
Tafla 5-5: Samantekt niðurstaðna úr greiningunum á 2010 líkaninu.....	41
Tafla 5-6: Samanburður á heildarmagni atvinnuhúsnaðis m.v. nýja og eldri flokkun.....	42
Tafla 6-1: Hlutdeild mismunandi ferðategunda samkvæmt ferðavenjukönnun.....	50
Tafla 8-1: Samanburður metinnar umferðar við umferðartalningar.....	53
Tafla 8-2: Grunntilfelli - samanburður við umferðartalningar.....	54
Tafla 8-3: Tilfelli a2 - samanburður við umferðartalningar.....	55
Tafla 8-4: Niðurstaða afhvarfsgreiningar fyrir tilfelli a3.....	56
Tafla 8-5: Niðurstaða álagsreikninga fyrir tilfelli a3.....	56
Tafla 8-6: Niðurstaða aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli a4.....	57
Tafla 8-7: Niðurstaða álagsreiknina fyrir tilfelli a4.....	57
Tafla 8-8: Tilfelli 1 - samanburður við umferðartalningar.....	58
Tafla 8-9: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 2.....	59
Tafla 8-10: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 3.....	60
Tafla 8-11: Niðurstaða aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 4-1.....	61

Tafla 8-12: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 4-1.	61
Tafla 8-13: Niðurstaða afhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 4-2.	62
Tafla 8-14: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 4-2.	62
Tafla 8-15: Niðurstöður aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 4-3.	63
Tafla 8-16: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 4-3.	63
Tafla 8-17: Niðurstöður aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 4-4.	64
Tafla 8-18: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 4-4.	64
Tafla 8-19: Niðurstöður aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 5-1.	65
Tafla 8-20: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 5-1.	65
Tafla 8-21: Niðurstaða aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 5-2.	66
Tafla 8-22: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 5-2.	66
Tafla 8-23: Niðurstaða aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 5-3.	67
Tafla 8-24: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 5-3.	67
Tafla 8-25: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 6-1.	68
Tafla 8-26: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 6-2.	69
Tafla 8-27: Matshlutar sem vantaði hnitsetningu.....	70
Tafla 8-28: Notkunarflokkar atvinnuhúsnæðis í raða eftir stærð.	71
Tafla 8-29: 10 stærstu notkunarflokkar atvinnuhúsnæðis og dreifing milli gjaldflokka.....	73
Tafla 8-30: Skipting hvers gjaldflokks atvinnuhúsnæðis í notkunarflokka.	74

Orðskýringar

Hugtak	Enskt heiti	Skýring
Aðdráttarlíkan	Gravity model	Upphaflega er byggt á samlíkingu við aðdráttarlögmál Newtons sem í sinni einföldustu mynd byggir á því að umferðarlegt aðdráttarafl milli einstakra reita sé í hlutfalli við ferðafjöldann sem myndast í hverjum reit og í öfugu hlutfalli við fjarlægðina á milli þeirra í öðru veldi.
Aðdregnar ferðir	Trip attractions	Ferðir sem dragast að reitum í umferðarlíkani, á ensku <i>destinations</i> eða <i>attractions</i> .
Aðhvarfsgreining	Regression analysis	Reikniaðferð til að finna línulegt samband milli einnar háðrar breytu og fleiri óháðra breyta. Þessari aðferð er oft beitt í ferðamyndun til að fá samband milli ferðafjölda og einhverra óháðra breyta eins og t.d skipulagstalna.
Afkastageta	Capacity	Útreiknuð efri mörk fyrir það hversu mikilli umferð götur geta annað án verulegra umferðartafa.
ÁDU		Ársgdagsumferð, meðalumferð á dag yfir árið.
Álagsreikningar	Assignment	Hluti af álagsaðferð þar sem umferð er dreift á leiðir milli reita. Leiðirnar ákvarðast af leiðarvali.
Ferðadreifing	Trip distribution	Hlutlíkan í fjögurra þrepa líkaninu þar sem mynduðum og aðdregnum ferðum er dreift á milli reita.
Ferðakostnaður		Útreiknaður kostnaður við að ferðast frá reit A í reit B - oftast blanda af tíma og ferðalengd.
Ferðalengdardreifing		Dreifni á lengd allra ferða sem myndast á umræddu svæði.
Ferðamyndun	Trip generation	Hlutlíkan í fjögurra þrepa líkaninu þar sem myndaðar ferðir í reitum eru reiknaðar út.
Fjögurra þrepa líkan	Four-step model	Algengasta líkanauppbygging í heiminum, byggir á því að fyrst eru reiknaðar myndaðar ferðir (ferðamyndun), þeim síðan dreift (ferðadreifing), ferðamáti fyrir hverja ferð valinn (val á ferðamáta) og ferðirnar síðan lagðar út á gatnanetið (álagsreikningar).
Gatnanet		Sýndargatnanet sem er líkan fyrir raunverulegt gatnakerfi.
Gjaldflokkur		Hluti af flokkunarkerfi Þjóðskrár Íslands fyrir húsnæði. Flokkarnir eru <i>Versl/skrifstofuhús</i> , <i>Iðnaðarhús</i> , <i>Vörugeymslur</i> og <i>Sérhæft húsnæði</i> og eru notaðir við gerð fasteignamats.

Grunnfylki	Base matrix	Fylki sem inniheldur upplýsingar um ferðamynstur. Ýmist fylki úr eldri umferðarrannsóknnum eða ferðavenjukönnunum.
Leiðarval	Route choice	Hluti af álagsaðferð þar sem leiðir milli reita eru valdar. Umferðinni er síðan dreift á leiðirnar með álagsreikningum.
Mat á fylki (estimering)		Reikniferli þar sem umferðarflæði er metið út frá grunnfylki og umferðartalningum.
Mátgæði	Goodness of fit	Mælikvarði á það hversu vel tiltekið líkan fellur að gögnum, þ.e. lýsir mismun milli frumgagna og þeirra spágilda sem líkanið gefur
Myndaðar ferðir	Trip Production	Ferðir sem myndast í reitum, á ensku <i>origins</i> eða <i>productions</i> .
Notkunarflokkar		Hluti af flokkunarkerfi Þjóðskrár Íslands fyrir húsnæði. Skilgreina notkun húsnæðis og koma frá byggingafulltrúum sveitarfélaga og eru notaðir í skattalegum tilgangi.
OD-fylki	OD-matrix	Fylki sem inniheldur upplýsingar um myndaðar (origins) og aðdregnar (destinations) ferðir.
Umferðarlíkan	Traffic model	Verkfæri til að líkja eftir umferðarkerfum sem mótast af framboði og eftirspurn. Framboðið er gatnakerfið og eftirspurnin er umferðin sem fer um kerfið til að fullnægja ferðapörf sinni.
Skipulagstölur		Upplýsingar um íbúafjölda og landnotkun.
Stochastic User Equilibrium		Slembin aðferð til álagsreikninga, þar sem ferðafjöldi úr fylki er lagður út á gatnanet til að reikna út umferðarflæði.
Umferðarflæði	Traffic flow	Fjöldi bíla í gatnakerfi, getur verið skilgreint bæði sem bílar/klst og bílar/sólarhring.
Umferðarspá		Spá um umferðarflæði fyrir ákveðið ár þar sem ákveðnar breytur eru notaðar til að finna tengsl við ferðafjölda (t.d. skipulagstölur).
Val á ferðamáta	Model split	Hlutlíkan í fjögurra þrepa líkaninu þar sem val á ferðamáta fer fram, þ.e. val milli t.d. einkabíls, strætó eða lestar.

1 Inngangur

Almennt um umferðarlíkön og notkun þeirra, tengsl líkana við skipulagsvinnu og þýðingu þess að spár séu góðar.

Reiknilíkön eru einfölduð framsetning á raunveruleikanum sem nota má til að kanna áhrif tiltekinnar stefnu eða áætlunar; einfölduð á þann veg að reynt er að halda flækjustiginu í lágmarki en viðhalda samt gæðum líkansins þannig að ákvarða megi með nokkurri vissu þá þætti sem skipta máli. Með notkun líkana er mun fljótlegra og ódýrara að leggja mat á tiltekna óvissuþætti heldur en útfæra þá og rannsaka í raunveruleikanum.

Líkön eru jafn mismunandi og þau eru mörg, allt frá einföldum líkönum sem byggja á einföldum reynslulögmálum sem leysa má á blaði eða með vasareikni, yfir í margbrotinn tölvuhugbúnað sem byggir á flóknum stærðfræðilögmálum eða ítarlegum hermunum. Almennt séð er það svo að því nákvæmari niðurstaðna sem óskað er því flóknara verður líkanið, það krefst meiri gagna og reikniafls.

Umferðarlíkön eru reiknilíkön þar sem stærðfræðilegum aðferðum er beitt til að lýsa umferðinni, hvernig tilteknir atburðir geti haft áhrif á umferðina og spá fyrir um hvernig hún muni breytast út frá gefnum forsendum. Umferðarlíkön geta verið af ýmsum stærðum og gerðum, allt frá því að ná yfir lítið, einangrað svæði líkt og stök gatnamót, en slík líkön byggjast jafnan upp á miklum smáatriðum, og yfir í líkön sem ná yfir heilar borgir eða stór landsvæði, en slík líkön eru jafnan mun grófari. Fyrirnefnda gerðin, þar sem unnið er með lítil svæði af nákvæmni, eru gjarnan nefnd míkró-líkön. Þau henta vel til að skoða mismunandi kosti í hönnun, t.d. hvort setja skuli hringtorg eða ljósastýringu á tiltekin gatnamót. Síðarnefnda gerðin, sem oft er nefnd makró-líkön, henta betur í skipulagsvinnu, til að meta mismunandi skipulagskosti, t.d. út frá mismunandi þróun byggðar o.þ.h. Umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins er dæmi um makró-líkan.

Umferðarlíkön eru þannig í flestum tilvikum gerð til að spá fyrir um umferð, þ.e. búa til svokallaðar umferðarspár. Umferðarspár hafa þann tilgang að áætla fjölda ökutækja sem koma til með að nota tiltekin umferðarmannvirki í framtíðinni. Grunnurinn að slíkum spám eru upplýsingar um núverandi umferð sem fást úr umferðartalningum, upplýsingum um ferðavenjur o.fl., ásamt gögnum um áætlaða framtíðarlandnotkun, svokölluðum skipulagsgögnum (mannfjöldi, fjöldi starfa, flatarmál atvinnuhúsnæðis o.fl.). Út frá þessum gögnum er hægt, með skilgreindum aðferðum, að byggja upp líkan sem getur líkt nokkuð nákvæmlega eftir þekktu ástandi og sagt fyrir um þann fjölda ferða sem myndast milli svæða. Ef inn í þetta líkan eru svo sett gögn um áætlað skipulag (mannfjöldaspár, áætlanir um uppbyggingu o.fl.) má spá fyrir um hvernig umferðin muni þróast.

Gerð umferðarlíkans er aðeins einn þáttur umferðarskipulags, en er ekki umferðarskipulag í sjálfu sér. Líkanið getur stutt við skipulagsgerðina og í einstaka tilfellum getur

umferðarlíkanið verið einn veigamesti þátturinn í skipulagsferlinu. Umferðarlíkön hafa verið og eru notuð til að meta mismunandi skipulagskosti og möguleg áhrif þeirra. Umferðarlíkan fyrir höfuðborgarsvæðið hefur verið notað í nokkra áratugi, m.a. við gerð svæðisskipulags fyrir höfuðborgarsvæðið þar sem mismunandi uppbyggingarkostir eru skoðaðir með tilliti til umferðarmagns. Umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins hefur markvisst verið notað á þennan hátt við gerð nýs aðalskipulags Reykjavíkur 2010-2030 sem nú er í vinnslu.

Óvissuþættir við gerð umferðarlíkana eru fjölmargir, sér í lagi þegar spáð er mörg ár eða áratugi fram í tímann. Það er því gríðarlega mikilvægt að þær forsendur sem líkanið byggir á séu sem traustastar því allar villur og rangtúlkanir í gögnum elta gegnum allt ferlið og auka jafnvel óvissuna enn meira. Villandi spár geta leitt til rangra ákvarðana um fjárfestingar og vannýtttra samgöngumannvirkja. Sá mikli kostnaður sem liggur í samgöngumannvirkjum, umhverfis- og samfélagsleg áhrif slíkra mannvirkja og það hversu óafturkræfar slíkar aðgerðir eru gera það að verkum að nauðsynlegt er að beina sjónum að nákvæmni í umferðarspám.

Í skýrslum um umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins [1][2] voru færð rök fyrir því að frávik í spám megi að einhverju leyti rekja til skipulagstalnanna. Ástæða er til að endurskoða notkun skipulagsgagna við umferðarreikninga, en form þeirra hefur verið óbreytt í þrjá áratugi. Þjóðskrá Íslands (áður Fasteignamat ríkisins) heldur utan um þessi gögn sem eru tekin saman með hliðsjón af sköttum og álagningu á fasteignir og má setja spurningarmerki við hversu vel þau henta inn í umferðarlíkön. Erlendar rannsóknir sem skoðaðar voru við vinnslu þessa verkefnis styðja þessa niðurstöðu [3],[4],[5] en í þeim kemur fram að ýmsar þjóðfélagslegar stærðir, s.s. skipulagstölur, fjöldi starfa o.þ.h. og framreikningar á þeim séu einn stærsti skekkjuvaldurinn í umferðarlíkönum. Í umferðarspám er auk þess jafnan byggt á skipulagsáætlunum og áætlunum um landnotkun. Hins vegar er það staðreynd að sú landnotkun sem verður að lokum ofan á er oft gerólík þeirri landnotkun sem áætluð var.

Í þessari rannsókn, sem er á sviði samgönguverkfræði, er augum beint að umferðarspám og því hversu mikilvægt er að vandað sé til verka þannig grunnforsendur séu sem réttastar. Hugmyndin að verkefninu kviknaði í námskeiðinu *Umferðarlíkön* haustið 2011 sem höfundur sat sem hluta af MSc. námi sínu í byggingarverkfræði við Háskólann í Reykjavík. Þau Smári Ólafsson og Lilja G. Karlsdóttir kenndu þetta námskeið, en þar var unnið með umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins. Þar komu fram ýmis atriði varðandi umferðarlíkanið sem áhugavert var að skoða frekar í tengslum við frekari þróun líkansins.

1.1 Bakgrunnur

Lengi hafa menn glímt við að finna samhengi milli landnotkunar og umferðarmyndunar. Á grunni slíkra rannsókna hafa verið gerð ýmis konar líkön til að spá fyrir um aukningu umferðar og breytingar á ferðavenjum í framtíðinni, út frá áætlaðri uppbyggingu. Framan af tóku umferðarlíkön mið af aðferðafræði raunhyggjuskipulags (e. rational planning) sem í stuttu máli gekk út frá því að alltaf væri hægt að reikna sig að bestu lausninni. Niðurstöður þeirra líkana voru gjarnan settar fram þannig að um algildan sannleika væri að ræða [6]. Slík nálgun hefur verið á undanhaldi og nú er farið að beita umferðarlíkönum með öðrum hætti og

fyrirvarar settir við niðurstöður þeirra. Líkönun er nú beitt í meira mæli til að meta áhrif mismunandi valkosta við skipulagsgerð og styðja þannig við stefnumótun og áætlanagerð.

Ýmsir mælikvarðar eru notaðir til að meta umferð bíla. Fyrir einstakar götur og vegi er gjarnan notuð svokölluð sólarhringsumferð, þ.e. fjöldi bíla í þúsundum á sólarhring. Aðrir mælikvarðar eru t.d. ferðafjöldi frá einstökum hverfum, ekin vegalengd, aksturstími (sá tími sem varið er í ferðina), ferðalengd o.fl. Þeir þættir sem ráða mestu um magn umferðar eru fólksfjöldi, staðsetning verslana, fyrirtækja og stofnana, samsetning atvinnulífsins (þ.e. tegundir starfa), bílaeign og hlutfall almenningsgangna, gangandi og hjólandi í heildarumferð. Aðrir þættir, s.s. almennur efnahagur, eldsneytisverð o.fl. hafa líka áhrif. Sjaldnast er spáð fyrir um alla þessa þætti. Almenna reglan hér á landi hefur verið sú að ganga út frá núverandi ástandi um t.d. ferðavenjur, hlutdeild helstu ferðamáta, bílaeign o.þ.h. og byggja spárnar fyrst og fremst á spám um fólksfjölgun og áætlunum um magn og staðsetningu íbúðar- og atvinnuhúsnæðis, atvinnuþátttöku og samsetningu starfa, en þekkt er að mismikil umferð fylgir mismunandi atvinnustarfsemi. Til að setja hlutina í samhengi er því nauðsynlegt að skoða hvernig umferðarlíkon hafa verið notuð hér á landi.

1.1.1 Umferðarlíkon á Íslandi

Umferðarlíkon hafa verið notuð á Íslandi um nokkurra áratuga skeið, mestmegnis á höfuðborgarsvæðinu, til að meta framtíðarumferð út frá mismunandi skipulagskostum. Hin síðari ár hafa slík líkon einnig verið notuð við mat á umhverfisáhrifum, útreikning á umferðarhávaða o.fl. Segja má að saga umferðarlíkana á höfuðborgarsvæðinu hafi byrjað upp úr 1960 við gerð Aðalskipulags Reykjavíkur 1962-1983. Í [1] er stutt yfirlit yfir þróun umferðarlíkans fyrir höfuðborgarsvæðisins. Í tengslum við gerð aðalskipulagsins var gerð viðamikil umferðarkönnun í því skyni að mynda grunn fyrir umferðarlíkan sem ætlunin var að byggja upp í tengslum við skipulagsvinnuna. Hins vegar var fallið frá því vegna tímaskorts og voru spárnar því byggðar á einfaldari framreikningum.

Árið 1974 var á grundvelli umferðartalninganna frá 1962 þróað hefðbundið umferðarlíkan. Líkanið var byggt upp sem aðdráttarlíkan með 6 ferðatíðnitöflum og til að halda kostnaði í lágmarki var notast við einfalt leiðavalslíkan, svokallað „all-or-nothing“ líkan¹. Líkanið var svo aðhæft með nokkurra ára millibili með minni háttar breytingum og var það í notkun til ársins 1991.

Fyrsta útgáfa umferðalíkans fyrir höfuðborgarsvæðið

Árið 1991 mynduðu Vegagerðin og sveitarfélögin á höfuðborgarsvæðinu samstarfsnefnd um endurskoðun og rekstur umferðarlíkans fyrir bílaumferð og skyldi það ná yfir allt höfuðborgarsvæðið. Var spálíkanið byggt á kortlagningu umferðar á höfuðborgarsvæðinu

¹ „All-or-nothing“ aðferðin er elsta aðferðin við álagsreikninga og frumstæðust að því leyti að hún tekur ekki tillit til þess þegar umferð er á götunum og þrengsli byrjuð að myndast. Öll umferð er því send stystu leið milli reitapara, jafnvel þótt aðrar leiðir séu með svipaðan ferðatíma. Gert er því ráð fyrir að allir öikumenn hafi 100% þekkingu á gatnanetinu og engin tregða myndist.

sem unnin var árið 1991. Samningur um líkanið var endurnýjaður árið 1998 og í kjölfarið voru gerðar minni háttar uppfærslur á líkaninu. Þetta líkan var í notkun til ársins 2000, þegar vinna við svæðisskipulag höfuðborgarsvæðisins hófst.

VST líkan

Þegar vinna hófst við svæðisskipulag höfuðborgarsvæðisins árið 2000 töldu ráðgjafar svæðisskipulagsnefndarinnar að líkanið frá 1991 væri ekki nægjanlega nákvæmt. Því var ákveðið að endurskoða líkanið og leit nýtt spálíkan dagsins ljós árið 2001. Það byggði á grunnögnum frá árinu 1998 í stað 1991 líkt og eldra líkanið. Hið nýja líkan var þróað af danska fyrirtækinu Nyvig ásamt Verkfræðistofu Sigurðar Thorodssen (VST, nú Verkís), en þetta líkan hefur í daglegu tali verið nefnt „VST líkanið“.

Við útreikninga á umferðarflæði byggir líkanið á svokallaðri *incremental* álagsaðferð eins og raunar öll fyrrnefnd líkön. Incremental aðferðin er reikniferli þar sem umferðin er lögð út á gatnanetið í skrefum og eftir hvert skref er ferðatíminn á götunum endurreiknaður samkvæmt nýju umferðarflæði. Þessi aðferð byggir á álagsaðferðinni all-or-nothing sem áður hefur verið nefnd og er einfaldasta aðferðin þar sem öll umferðin fer stystu leiðina milli reita.

VSÓ líkan

Árið 2004 vann Lilja G. Karlsdóttir meistararitgerð í samgönguverkfræði sem nefndist *Data foundation and Methods of the Reykjavik traffic model* eða *Gagnagrunnur og aðferðafræði umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins*, þar sem hún tók fyrir líkanið frá 2001. Niðurstaða þess verkefnis var að ýmislegt mætti bæta í 2001 líkaninu og settar voru fram ábendingar um ýmsa þætti sem myndu auka nákvæmni líkansins. Í framhaldi fékk VSÓ Ráðgjöf styrk frá Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar til að endurbæta líkanið. Niðurstöður þeirrar rannsóknarvinnu voru settar fram í tveimur skýrslum, „Nýtt umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins“ [1] og „Nýtt umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins – framhaldsverkefni“ [2]. Á grunni þessarar vinnu hefur VSÓ Ráðgjöf jafnframt unnið spálíkan fyrir suðvesturland [7], háannatímalíkan [8], líkan fyrir þungaumferð á þjóðvegum o.fl.

Niðurstaða áðurnefndrar skýrslu [1] var á þá leið að líkanið sýndi mun betri niðurstöðu en líkanið frá 2001; í matshluta líkansins var meðaltalsfrávik frá umferðartalningum einungis rúm 8% eða um 20% lægra en í eldra líkaninu. Í spáhluta líkansins var markmiðið að ná frávikum fyrir grunnár líkansins niður fyrir 20%, en meðaltalsfrávik spáhluta 2001 líkans var 52%. Þrátt fyrir að VSÓ líkanið sýndi betri samsvörun við umferðartalningar (lægra meðaltalsfrávik) en 2001 líkanið náðist þetta markmið ekki. Meðaltalsfráviknið reyndist vera um 45% eða um 7% lægra, en jafnframt verður að taka tillit til þess að bornar voru saman rúmlega 400 fleiri talningar en í 2001 líkaninu. Fyrir götukafli með umferð yfir 5000 bíla (ÁDU) í hvora átt reyndist fráviknið um 24%, sem er þó ekki fjarri því markmiði sem sett var.

1.1.2 Umferðarlíkön í skipulagsvinnu

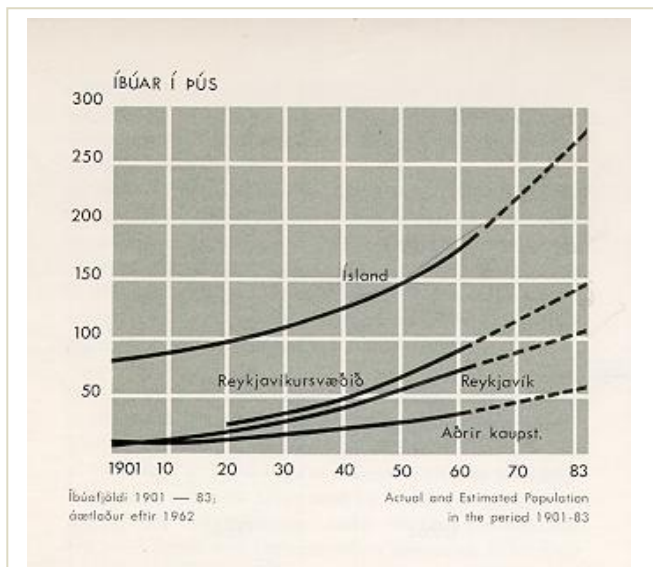
Umferðarlíkön hafa að einhverju leyti verið notuð við skipulagsvinnu allt frá því Aðalskipulag Reykjavíkur 1962-1983 var unnið. Hins vegar var yfirleitt sú leið farin í skipulagsvinnunni að flestar stærri ákvarðanir um landnotkun og uppbyggingu voru teknar án

Þess að horft væri sérstaklega á umferðarspár. Ekki fyrr en á síðustu stigum ferlisins var keyrð umferðarspá til að meta áhrif skipulagsins á umferðina. Umferðarlíkön voru því almennt ekki notuð til að styðja við tillögugerðina eða við stefnumótun.

Staðreyndin er hins vegar sú að tilvalið er að nota reiknilíkan til að kanna áhrif mismunandi skipulagskosta um byggðapróun [9]. Þannig er hægt að meta áhrif mismunandi þéttleika eða blöndun byggðar á umferðarmagn og heildarekna vegalengd, og þær upplýsingar má svo nýta til að meta áhrif þess á orkunotkun og losun gróðurhúsalofttegunda. Slík notkun á umferðarlíkani var fyrst framkvæmd á Íslandi við vinnslu svæðisskipulags höfuðborgarsvæðisins, þar sem fjórir kostir byggðapróunar voru skoðaðir með tilliti til áhrifa á loftmengun og orkunotkun. Helsti styrkleiki umferðarlíkana liggur einmitt í því að bera saman áhrif mismunandi kosta fremur en að spá fyrir um umferðarflæði einnar tillögu með mikilli nákvæmni. Enda eru, eins og komið verður að síðar, margir óvissuþættir og skekkjuvaldar í umferðarspám, ekki síst þegar spáð er út frá skipulagstölum og áætlunum um landnotkun.

Nauðsynlegt er að átta sig á því hvernig umferðarlíkönun hefur verið beitt í skipulagsvinnu hér á landi og hér á eftir verður tæpt á því helsta. Tilgangurinn er jafnframt að draga fram hve skipulagstölur og áætlanir um landnotkun eru í raun ótraustur grundvöllur fyrir umferðarspár og niðurstöður þeirra verður alltaf að skoða í því ljósi.

Aðalskipulag Reykjavíkur 1962-1983

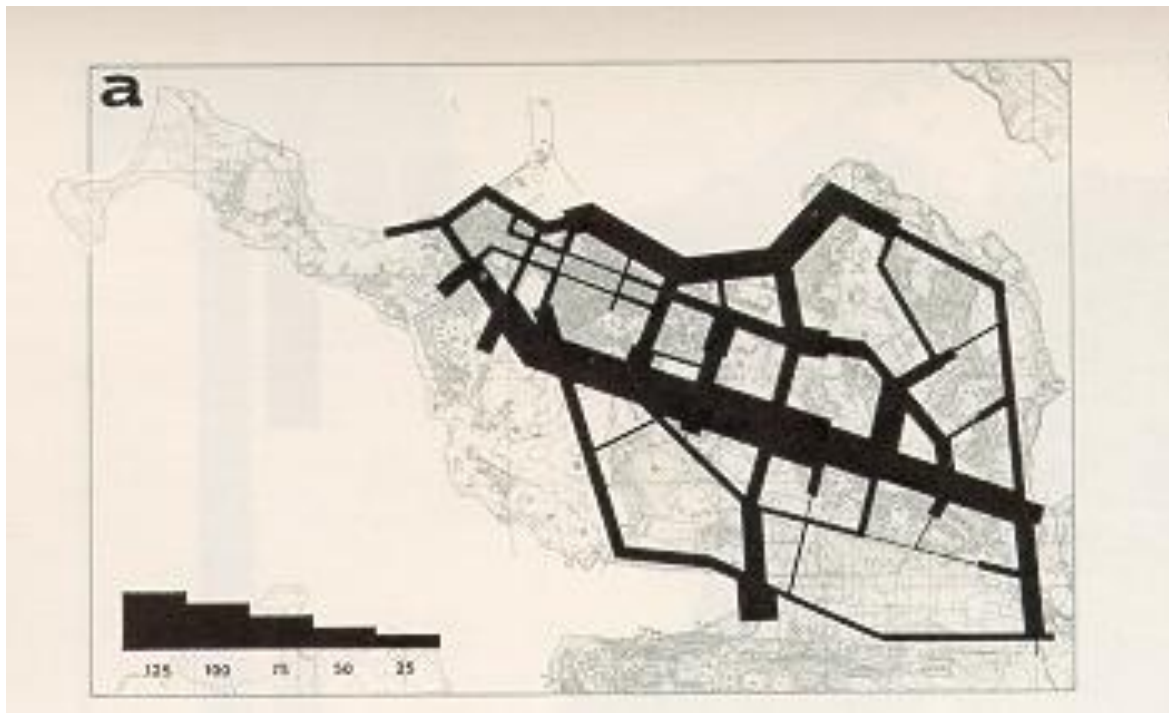


Mynd 1: Íbúaspá AR 1962-1983. Samkvæmt henni átti íbúafjöldi höfuðborgarsvæðisins að verða 151 þús. árið 1983.

Aðalskipulag Reykjavíkur 1962-1983 [10] er sennilega metnaðarfyllsta aðalskipulag sem unnið hefur verið hér á landi. Með því voru jafnframt lögð drög að því gatnaskipulagi sem við byggjum á í dag, gatnaskipulagi þar sem einkabílinn var hafður í öndvegi. Þar var að finna viðamikla umfjöllun um umferðarspár og almenn umferðarmál og m.a. spá um þróun íbúafjölda á höfuðborgarsvæðinu frá 1962-1983 (mynd 1)

Því var spáð að landsmenn yrðu orðnir 275 þús. árið 1983 og þar af yrði íbúafjöldi höfuðborgarsvæðisins 151 þús. Raunin varð hins vegar sú að fjöldinn varð 238 þús. fyrir landið og 128 þús. fyrir höfuðborgarsvæðið.

Uppbygging varð því talsvert minni en spáð var. Í aðalskipulaginu er einnig að finna spá um umferð fyrir 1983 (mynd 2). Þar var Miklubrautinni spáð 125 þús. bílum á sólarhring og gert var ráð fyrir átta akreinum.

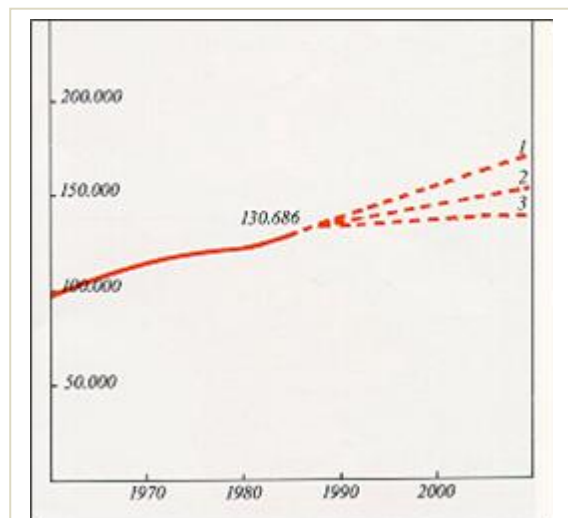


Mynd 2: Umferðarspá Aðalskipulags Reykjavíkur 1962-1983 [10]

Aðalskipulag Reykjavíkur 1962-1983 er reyndar barn síns tíma, þess tíma þar sem mótternisminn var allsráðandi í öllu skipulagi með hugmyndum um frítt flæði á stofnbrautum, flokkað gatnakerfi o.þ.h.

Aðalskipulag Reykjavíkur 1984-2004

Aðalskipulag Reykjavíkur 1984-2004 leysti af hólmi skipulagið frá 1962. Talsverð áhersla var lögð á spár, en þar sem fjölgunin frá fyrri spám hafði ekki gengið eftir voru þær öllu hógværi. Á mynd 3 má sjá íbúaspá fyrir höfuðborgarsvæðið fram til ársins 2005. Samkvæmt meðalspánni yrðu íbúar höfuðborgarsvæðisins 154 þús. árið 2005 og 167 þús. skv. hámarksspánni. Raunveruleg þróun varð hins vegar sú að árið 1998 voru íbúar höfuðborgarsvæðisins orðnir 167 þús. og 187 þús. árið 2005.



Mynd 3: Áætlun AR 1984-2004 um íbúafjölda á höfuðborgarsvæðinu, hámarks-, meðal- og lágmarkskostur.

Svæðisskipulag höfuðborgarsvæðisins 2001-2024

Árið 1999 hófst, samkvæmt nýjum skipulagslögum, vinna við gerð svæðisskipulags fyrir höfuðborgarsvæðið, og í tengslum við þá vinnu var umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins

endurskoðað. Við vinnslu svæðisskipulagsins var umferðarlíkanið að hluta til notað til að móta og styðja við tillögugerðina. Þar var jafnfram í fyrsta skipti á Íslandi umferðarlíkani markvisst beitt til að meta áhrif mismunandi þéttleika eða blöndunar byggðar á umferðarmagn og heildarekna vegalengd, og út frá því metin áhrif þess á orkunotkun og losun gróðurhúsalofttegunda. Með þessum hætti voru fjórir kostir byggðaþróunar skoðaðir með tilliti til áhrifa á loftmengun og orkunotkun.

Umferðarspáin gerir ráð fyrir að ferðum fjölgi um 50% á meðan fólksfjöldi eykst um 36% og störfum fjölgar um 34%. Meginástæða þess er sú að í forsendum skipulagsins er gert ráð fyrir mjög breyttri atvinnusamsetningu þannig að verslunar- og skrifstofustörfum fjölgi umtalsvert en fjöldi starfa í iðnaði standi í stað. Verslunar- og skrifstofustörf mynda mun fleiri ferðir en störf í iðnaði, líkt og ferðamyndunarjafnan leiðir af sér. Umferðarlíkanið sem notað var í svæðisskipulagsvinnuna gerir jafnframt ráð fyrir óbreyttum ferðavenjum og að hlutdeild einkabílsins í heildarferðafjölda verði hin sama árið 2024.

Aðalskipulag Reykjavíkur 2010-2030

Við vinnslu Aðalskipulags Reykjavíkur 2010-2030, sem nú er í vinnslu, hefur umferðarlíkani verið markvisst beitt til að styðja við tillögugerðina. Í þessu skipulagi eru sett fram markmið um breyttar ferðavenjur og settar fram umferðarspár sem taka mið af breytingum á ferðavenjum. Slíkt hefur ekki áður verið gert hér á landi og má í raun tala um tímamótavinnu, því hér er verið að beita umferðarlíkani eins og almennt er talið æskilegt í dag.

Í byrjun voru framkvæmdir umferðarreikningar fyrir þrjá skipulagskosti um þróun byggðar árið 2050 [9]. Þessi kostir gerðu ráð fyrir mismikilli þéttingu byggðar, allt frá 25% þéttingu (kostur C) til allt að 100% þéttingar (kostur A). Á grunni þessara valkosta voru mótaðir þrír valkostir um þróun byggðar til ársins 2030, sem gerðu ráð fyrir þéttingu byggðar frá 85%-95%. Fyrir hvern þessara valkosta voru gerðir umferðarreikningar miðað við mismiklar umbætur á gatnakerfinu og með og án breytinga á ferðavenjum. Á grunni þessara þriggja skipulagsvalkosta var mótuð tillaga sem aðalskipulagið byggir á [9].

Í niðurstöðum umferðarspár koma fram vísbendingar um að breyttar ferðavenjur geta vegið á móti áhrifum aukinnar byggðar og fólksfjölgunar og þannig stuðlað að því að ekki þurfi að ráðast í kostnaðarsamar framkvæmdir eða þeim megi fresta [9]. Þær undirstrika jafnframt að þegar horft er á beinan samgöngukostnað geta breyttar ferðavenjur leitt til aukins þjóðhagslegs sparnaðar. Það er ólíklegt að jafn greinargóðar upplýsingar um þessa þætti lægju fyrir nema vegna þess hvernig staðið var að skipulagsvinnunni og vinnslu umferðarspárinnar.

1.1.3 Aðeins um skipulagsgerð

Í flestum tilvikum byggja umferðarspár á skipulagsáætlunum að meira eða minna leyti. Við gerð og úrvinnslu umferðarspáa er því nauðsynlegt að vandað hafi verið til skipulagsgerðarinnar.

Í byrjun árs 2012 kom út skýrsla sem fjallaði um skipulagsákvæðanir varðandi þróun byggðar og umfang uppbyggingar á höfuðborgarsvæðinu og nærliggjandi sveitarfélögum á fyrsta áratug aldarinnar [11]. Um var að ræða 19 sveitarfélög á suðvesturhorni landsins, svonefnt stór-höfuðborgarsvæði, þar sem aðalskipulagsáætlanir voru yfirfarnar og skoðar í samhengi við aðrar spár, s.s. íbúaspá Hagstofunnar. Sýnt er fram á í skýrslunni að áætlanir sveitarfélaganna gera ráð fyrir talsvert meiri uppbyggingu en getur talist raunhæft, t.d. kunna íbúðaáætlanir að vera ofátlaðar um 5-15 þús. íbúðir. Niðurstaða skýrslunnar er að á stór-höfuðborgarsvæðinu eru mörg dæmi um aðalskipulagsáætlanir sem virðast ekki byggja á raunhæfum eða vel ígrunduðum spám og víða vanti upp á að uppbyggingaráætlanir séu raunhæfar í heild.

1.2 Framsetning verkefnis

Matshluti líkansins, sem byggir eingöngu á umferðartalningum og upplýsingum um ferðavenjur, sýnir mjög lítið frávik frá talningum. Spáhlutinn sem byggir á skipulagstölum (íbúafjöldi og flatarmáli atvinnuhúsnæðis) sýnir hins vegar mun hærra frávik. Líklegt má telja að ná megi fram nokkurri bætingu í spáhluta umferðarlíkansins með því að greina betur gögnin um flatarmál atvinnuhúsnæðis.

Samkvæmt skýrslu [1] sýndi matshluti líkansins mjög góða fylgni við umferðartalningar, eða 8,4% meðalfrávik. Spáhlutinn sýndi hins vegar öllu meira frávik frá talningum, eða 24% fyrir götur með talningar >5000 bíla í aðra áttina. Í skýrslunni er talið mjög líklegt að ástæða þessa liggji í skipulagstölunum. Auk þess hefur komið fram í erlendum rannsóknum [5][12][13] að skipulagstölur séu einn meginskekkjuvaldur í umferðarspám. Tilgáta þessa verkefnis er sú að með því að greina betur skipulagstölurnar megi ná þessu fráviki nokkuð niður.

1.3 Markmið verkefnisins

Talið er líklegt að bæta megi spár umferðarlíkansins með því að greina betur skipulagstölurnar [1],[2]. Fram til þessa hefur ekki verið lögð mikil vinna í að greina skipulagsgögnin (þ.e. tölur um heildarmagn atvinnuhúsnæðis) heldur hafa þau að mestu verið tekin hrá inn í líkanið frá Þjóðskrá. Einnig kemur fram í þeim erlendu greinum sem skoðaðar voru við vinnslu þessa verkefnis að skipulagstölur eru einn stærsti skekkjuvaldurinn í umferðarspám. Því má án efa ná fram betri nálgun við umferðartalningar, og þannig nákvæmari spám, með því að greina betur gögnin sem að baki liggja. Markmið þessa verkefnis er því að bæta spáhluta umferðarlíkansins með greiningu á skipulagsgögnum.

Þær niðurstöður sem vænst er af verkefninu eru því m.a.:

- Bættar umferðarspár - Lægra frávik í umferðarspám líkansins staðfest með tölfræðilegum aðferðum.

- Upplýsingar um hvernig vinna skuli með skipulagsgögnin þannig að þau henti líkaninu betur, sem skili sér í meiri gæðum og betri þekkingu á gögnunum.

Líkt og áður segir sýnir spáhluti umferðarlíkansins um 25% meðalfrávik frá umferðartalningum fyrir umferðarmeiri götur. Þess er vænst að hægt verði að ná þeirri tölu niður, helst niður fyrir 15%.

Í samræmi við þessi markmið hefur verið mótuð rannsóknarspurning sem er grundvöllur verkefnisins og er hún eftirfarandi:

- a) Er mögulegt að bæta spár umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins með því að greina frekar skipulagstölurnar sem spárnar byggja á?
- b) Hversu mikið má lækka frávik í spám með því að greina betur skipulagsgögnin?

1.4 Umfang verkefnis

Ritgerðinni er skipt upp í 6 hluta auk formála og viðauka, og eru efnistöð eftirfarandi:

Fyrsti kafli er inngangskafli þar sem verkefnið er kynnt og stiklað á stóru um bakgrunninn, auk þess sem markmið verkefnisins og rannsóknarspurning þess eru sett fram.

Annar kafli fjallar um og lýsir þeirri aðferðafræði sem beitt var við rannsóknina.

Í þriðja kafla er farið yfir fræðilega undirstöðu verkefnisins. Þar er fjallað almennt um umferðarskipulag og umferðarlíkön, um helstu rannsóknir á nákvæmni í umferðarspám og mati á skekkju þeirra og útskýrðar eru þær tölfræðilegu aðferðir sem beitt er við greiningu gagna.

Fjórði kafli er lýsing á framkvæmd rannsóknarinnar; hvað var gert í rannsókninni, hvernig hún var framkvæmd, hvernig gagnamedhöndlun var og meðhöndlun niðurstaðna.

Í fimmta kafla eru niðurstöður rannsóknarinnar settar fram og leitað svara við því hvort þær svari rannsóknarspurningu verkefnisins.

Í sjötta kafla er samantekt á helstu niðurstöðum og umræða um þær ásamt umfjöllun um hvaða lærdóm megi draga af niðurstöðunum og hvernig rannsóknin geti nýst við áframhaldandi þróun líkansins. Auk þess eru ábendingar um frekari rannsóknir á þessu sviði.

Síðsti hlutinn inniheldur heimildaskrá og viðauka þar sem m.a. eru töflur með helstu niðurstöðum allra líkankeyrslna sem framkvæmdar voru við rannsóknina.

2 Aðferðafræði rannsóknar

Hér er fjallað almennt um þá aðferðafræði sem beitt var við rannsóknina.

Í rannsókninni er sett fram rannsóknarspurning og til að svara henni er beitt blönduðum rannsóknaraðferðum. Rannsóknin fellur undir skilgreiningu meginlegra rannsókna þar sem rannsóknargögn eru sett fram sem mælanlegar stærðir og túlkuð með tölfræðilegum aðferðum. Rannsóknarspurningin er tvíþætt og snýr annars vegar að því hvort hægt sé að bæta spáhluta umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins með því að greina frekar skipulagsgögnin sem liggja til grundvallar þannig að gögnin endurspegli betur ferðamyndun svæðisins. Hins vegar hversu mikið megi minnka frávik í spám líkansins frá umferðartalningum. Þeirri aðferðafræði sem beitt var til að leita svara við þessum spurningum má skipta upp í eftirfarandi verkþætti:

- Gagnaöflun
- Greining og úrvinnsla skipulagsgagna
- Líkankeyrslur
- Greining niðurstaðna

Raunar skarast þessir verkþættir nokkuð; líkankeyrslurnar stýrðust af því hvað kom út úr greiningu skipulagsgagnanna.

Í stuttu máli var aðferðafræðin sem beitt var á þá leið að gagna var aflað frá VSÓ Ráðgjöf sem tengjast umferðarlíkaninu. Bæði voru fengin gögnin sem líkanið frá 2005 byggir á og liggja til grundvallar skýrslunni [1] og jafnframt gögn frá 2010, sem er það líkan sem er í notkun í dag. Auk þess fengust gögn frá Þjóðskrá Íslands um flatarmál atvinnuhúsnaðis á höfuðborgarsvæðinu, með ítarlegri flokkun en áður hefur verið notuð í tengslum við umferðarlíkanið. Gögnin voru með hnitsetningu þannig að hægt var að tengja atvinnuhúsnaðið við viðeigandi umferðarreiti. Gögnin voru greind með tölfræðilegum aðferðum í þeim tilgangi að ná betri nálgun við umferðartalningar.

Rannsóknarspurningin er í tveimur liðum og hér er gerð grein fyrir því hvaða aðferðir eru notaðar til að svara hvorum lið:

- Er mögulegt að bæta spár umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins með því að greina frekar skipulagstölurnar sem spárnar byggja á?

Fyrsta skrefið var að endurgera umferðarreikninga eins og þeim er lýst í skýrslum [1] og [2] til að bera aðferðir saman við þekkt ástand og fá fram sömu niðurstöðu og fengust í

áðurnefndum skýrslum. Þetta er gert til að sannreyna að þær aðferðir og þau vinnubrögð sem beitt er séu í samræmi við það sem áður hefur verið gert. Þegar því var lokið var gerð greining á skipulagsgögnum, bæði til að meta gæði nýrrar flokkunar og til að greina hvort endurbætt gögn falli betur að metinni umferð. Með aðhvarfsgreiningu var fundin sú útfærsla sem féll best að gögnum.

- Hversu mikið má lækka frávik í spám með því að greina betur skipulagsgögnin?

Til að komast að því hversu mikið mætti minnka frávik frá umferðartalningum var keyrðir álagsreikningar út frá þeim tilfellum sem gáfu bestu tölfræðilegu samsvörun við metna umferð og niðurstaðan úr þeim keyrslum borin saman við umferðartalningar. Frávik frá talningum voru reiknuð út og ýmsar stærðir voru reiknaðar út til að bera saman mismunandi tilfelli, s.s. meðalfrávik, meðalhluftfallsfrávik, mesta frávik, mesta hluftfallsfrávik, kvaðratrótargeið frávik, meðalfrávik og fjöldi frávika fyrir götur með yfir 5000 bíla umferð.

2.1 Greining og vinnsla gagna

Mikið magn gagna er notað við vinnslu þessa verkefnis, bæði frumgögn frá Þjóðskrá og gögn frá VSÓ Ráðgjöf tengd umferðarlíkaninu ásamt því mikla magni gagna sem verður til við líkankeyrslur og er notað til að greina niðurstöður. Hnitsett gögn yfir atvinnuhúsnæði frá Þjóðskrá fengust á Excel formi og voru yfirfarin og tengd við reitaskrá. Við alla tölfræðiútreikninga, s.s. aðhvarfsgreiningu skipulagsgagna, frávikagreiningu og myndræna framsetningu, var notaður tölfræðihugbúnaðurinn R. Við prófun á marktækni stuðla í aðhvarfsgreiningu var notast við t-próf og voru marktæktarmörkin sett við $\alpha=0,05$.

Umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins er byggt upp með forritinu TransCAD frá fyrirtækinu Caliper og var það forrit notað við vinnslu þessa verkefnis, undir svokölluðu Academic leyfi frá Háskólanum í Reykjavík. TransCAD er einn öflugasti hugbúnaðurinn á markaðnum til umferðarlíkanagerðar og einn helsti kostur þessa kerfis er full samþætting landupplýsingagagna, umferðarreikninga og flæðisstjórnunar (e. logistics). Hugbúnaðurinn er í raun öflugt landupplýsingakerfi sérhannað til umferðar- og flæðisreikninga. Það eru ótal kostir sem fylgja því að byggja á landupplýsingagrunni. Hægt er að taka inn gögn úr öðrum landupplýsingakerfum, s.s. landupplýsingakerfi Reykjavíkur, og jafnframt hægt að flytja gögn yfir í önnur kerfi til frekari vinnslu ef þess er óskað. TransCAD er þannig samhæft við önnur landupplýsingakerfi.

2.2 Meðhöndlun niðurstaðna

Niðurstöður úr keyrslum grunntilfella, bæði fyrir 2005 og 2010 gögn, eru fyrst og fremst notaðar til afstemmingar líkans og til samanburðar við aðrar keyrslur sem byggja á endurgerðum ferðamyndunarjöfnum. Niðurstöður allra tilfella eru bornar saman og fundið það tilfelli sem gefur besta niðurstöðu og jafnframt hver bættingin er miðað við grunntilfelli.

3 Fræðileg undirstaða

Hér er fjallað almennt um umferðarskipulag og umferðarlíkön, nákvæmni í umferðarspám og leiðir til meta skekkju í spám. Einnig eru settar fram útskýringar á þeim tölfræðihugtökum sem helst eru notuð í þessu verkefni.

Upphaf umferðarverkfræði eins og við þekkjum hana í dag má rekja til upphafs einkabílsins og þeirra hröðu og miklu breytinga sem tilkoma hans olli. Viðfangsefni hennar eru samt ekki ný af nálinni og mörg þeirra má rekja aftur til fornaldar. Til að mynda vitum við að í Róm til forna voru einstefnugötur og afmörkuð voru sérstök stæði fyrir vagna til að trufla ekki flæði umferðar. Sagan segir að Júlíus Sesar hafi bannað ökutækjum að koma inn í miðhluta stórra borga á vissum tímum dags til að koma í veg fyrir umferðarteppur [14]. Enn í dag eru umferðarteppur vandamál og í raun viðurkennt sem verulegt vandamál í flestum löndum. Umferðartafir, sérstaklega í miðborgum, á hraðbrautum og helstu ferðamannaleiðum, kosta fólk bæði tíma og peninga auk óþægindanna sem af þessu hlýst.

Þeir þættir sem hafa áhrif á magn bílaumferðar eru fjölmargir. Fólksfjöldi og starfafjöldi á því svæði sem um ræðir eru meðal lykilþátta, sem og staðsetning fyrirtækja og stofnana. Samsetning atvinnulífsins (tegundir starfa) hefur líka áhrif sem og staðsetning bæði íbúðar- og atvinnuhúsnæðis. Hlutfall almenningsgangna og gangandi og hjólandi vegfarenda í heildarumferðinni hefur áhrif sem og efnahagslegir þættir líkt og bílaeign og eldsneytisverð.

Hinn mikli kostnaður sem liggur í samgöngumannvirkjum krefst þess að allar ákvarðanir byggji á traustum grunni. Ítarlegt mat á öllum kringumstæðum er nauðsynlegt áður en ákvarðanir eru teknar. Þetta mat getur verið mjög flókið ef verkefnið er margbrotið, en með líkönnum verður slíkt mat mögulegt. Umferðarspár eru markvisst notaðar til að meta þörf fyrir ný umferðarmannvirki og stærðarákvarða þau við hönnun. Nákvæmni í slíkum spám er því gríðarlega mikilvæg svo fjármunir, sem jafnan eru takmarkaðir, nýtist sem best. Þrátt fyrir það eru ítarlegar rannsóknir sem snúa að nákvæmni í umferðarspám af skornum skammti [4].

3.1 Umferðarskipulag

Umferðarskipulag (e. transport planning) snýst í stuttu máli um að tryggja flutning fólks og varnings með mismunandi ferðatilgangi á mismunandi tímum sólarhringsins og ólíkum árstímum með margs konar ferðamátum (e. travel modes) í samgöngukerfi með tiltekna flutningsgetu. Líta má á samgöngukerfið sem þrískipt; grunnkerfi eða innviði (þ.e. gatnanetið), umferðarstjórnunarkerfi (almennar umferðarreglur, umferðarstýringar s.s. ljósastýringar o.þ.h.) og ólíkir ferðamátar [15].

Þjónustustig (e. level of service eða LOS) umferðarmannvirkis er háð afkastagetu gatnakerfisins, umferðarmagninu og þeim umferðarstjórnunarkerfum sem notuð eru. Afkastagetan er jafnframt háð umferðarstjórnuninni og því fjármagni sem sett er í viðhald og endurbætur. Jafnframt má beita umferðarstjórnun til að stýra álagi um gatnanetið og/eða gefa ákveðnum notendum aukinn forgang, s.s. almenningssamgöngum, gangandi og hjólandi vegfarendum eða vistvænni ferðamátum eins og rafbílum. Meginverkefnið í umferðarskipulagi er að finna jafnvægi milli þessara mismunandi þátta, reyna að spá fyrir um breytingar og stýra þróun í þá átt að samfélagsvelferð sé höfð í fyrirrúmi og styðja þannig við stefnumótun og áætlanagerð í umferðarmálum [15].

Meðal verkefna í hefðbundnu umferðarskipulagi er að stytta ferðatíma, lágmarka teppur og fækka slysum og til þess er beitt þekktum verkfræðilegum aðferðum. Lengst af var einkabíllinn jafnan í forgrunni en hin síðari ár hefur áherslan færst yfir í það sem kalla mætti „fjölferðamátaskipulag“ (e. multi-modal transport planning) þar sem aðrir ferðamátar og umhverfisáhrif o.fl. eru tekin inn í reikninginn [16]. Umferðarlíkön hafa af þeim sökum þróast í þá átt að taka tillit til fleiri þátta, s.s. fleiri ferðamáta, kostnaðar, áhrifa vegna mengunar og landnotkunar.

3.2 Almennt um umferðarlíkön

Fyrsta skrefið við gerð umferðarlíkans er skoðun á núverandi ástandi, þ.e. mat á núverandi umferð. Grunnur að slíku mati eru annars vegar gögn úr umferðartalningum og hins vegar upplýsingar um ferðavenjur, jafnan fengnar úr ferðavenjukönnunum. Með stærðfræðilegum aðferðum eru þessi gögn tengd einstökum svæðum og umferðarreitum og niðurstaðan er svokallað ferðatafla (ferðafylki) sem inniheldur upplýsingar um heildarfjölda allra ferða ásamt upplýsingum um upphafs- og áfangastað hverrar ferðar.

Út frá ferðafjöldanum úr ferðafylkinu er fundið samband hans við ákveðnar breytistærðir sem ferðafjöldinn er talinn vera háður; íbúafjöldi, starfafjöldi, magn atvinnuhúsnæðis eða önnur skipulagsgögn. Ýmsum aðferðum er beitt til að finna þetta samband, ein slík er aðhvarfsgreining, þar sem leidd er út línuleg nálgunarjafna sem lýsir ferðamyndun sem falli af skipulagsgögnum.

Sú útfærsla umferðarlíkana sem lengst af hefur verið í notkun er hið svokallaða *fjögurra þrepa líkan* (sjá 3.3) Umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins byggir á hugmyndafræði fjögurra þrepa líkansins. Reyndar er þriðja hlutanum, sem fjallar um val á ferðamáta (e. modal split) sleppt² og því má tala um þriggja þrepa líkan.

² Skekkjumörk í niðurstöðum slíkra líkana eru það stór og hlutdeild almenningssamgangna það lítil að ekki hefur þótt svara kostnaði að þróa slíkt líkan fyrir höfuðborgarsvæðið [6].

3.3 Fjögurra þrepa líkanið

Þessum kafla er ekki ætlað að vera tæmandi umfjöllun um fjögurra þrepa líkanið heldur eru einungis nefnd þau atriði sem hafa þýðingu fyrir þetta verkefni. Nánari umfjöllun má finna í [15] og [17].

Saga líkangerðar fyrir umferð hófst í Bandaríkjunum um 1950, þó að tilraunir til að lýsa umferð með stærðfræðilegum aðferðum hafi byrjað upp úr 1920 [17]. Þessi saga hefur mótast af aðferðafræði sem nefnd hefur verið fjögurra þrepa líkanið. Þrepin fjögur eru:

1. Ferðamyndun
2. Ferðadreifing
3. Ferðamáti
4. Álagsreikningar

Tilgangur hvers þreps er að svara einföldum spurningum: Hversu margar ferðir verða farnar, hvert munu þær fara, hvaða ferðamáti verður fyrir valinu og hvaða leið verður farin? Það hversu langlíf þessi aðferðafræði hefur verið skýrist ekki síst af því hversu rökrétt hún sýnist (e. logical appeal).

3.3.1 Ferðamyndun

Það er rökrétt að fyrsta skrefið í ferlinu sé ferðamyndun. Það snýst um að ákvarða hversu margar ferðir fara og koma frá hverju svæði (reit). Þetta þrep er í raun tvískipt; að ákvarða myndaðar ferðir (e. trip production) og aðdregnar ferðir (e. trip attraction). Í stuttu máli gengur hugmyndin út á að heimilin búi til ferðirnar og vinnustaðir, verslanir og stofnanir dragi að sér ferðir. Oft er gengið út frá því að ferðamyndunin sé samhverf, þannig segir aðgreiningin fyrst og fremst til um stefnu hreyfingar [17]. Þá gildir að

$$\sum_i P_i = \sum_j A_j \quad (1)$$

þar sem P_i eru allir upphafsstaðir líkansins og A_j áfangastaðir. Þessi leið er t.d. farin í umferðarlíkani höfuðborgarsvæðisins. Þar er ferðamyndun reiknuð út frá ferðamyndunarjöfnu sem leidd var út með línulegri aðhvarfsgreiningu. Hins vegar er líka oft farin sú leið að beita mismunandi aðferðum eða líkönum til að ákvarða myndaðar og aðdregnar ferðir. Þá gildir hins vegar ekki jafna (1) lengur og því þarf að jafnvægisstillta ferðirnar (ferðafylkið) eftir að þær hafa verið ákvarðaðar. Yfirleitt eru mynduðu ferðirnar taldar áreiðanlegri en aðdregnu ferðirnar [18] og því er fundin fasti f sem allar ferðir A_j eru margfaldaðar með

$$f = T / \sum_j A_j$$

þar sem T er summa allra myndaðra ferða. Þannig er tryggt að summa lína og dálka PA ferðafylkisins sé jöfn sem er skilyrði í ferðadreifingarþrepinu (sjá 3.3.2)

3.3.2 Ferðadreifing

Ferðadreifingin gengur út á að dreifa mynduðum ferðum á milli upphafs- og endapunkta svo hægt sé að reikna umferðarflæðið á gatnanetinu. Ýmsar dreifiaðferðir hafa verið leiddar út en sú sem er mest notuð er svokallað aðdráttarlíkan (e. gravity model). Það byggir á því að ferðafjöldinn milli punkta sé í hlutfalli við þær ferðir sem myndast og dragast að viðkomandi punktarnum sem og ferðakostnaði milli punkta (oftast tími, lengd eða hvort tveggja).

3.3.3 Val á ferðamáta

Tilgangur þessa þreps er að ákvarða hlutdeild mismunandi ferðamáta í heildarferðafjölda. Almennst hefur fyrst og fremst verið horft á hvernig skipting ferða er milli einkabíla og almenningsgangna og öðrum ferðamátum (s.s. gangandi og hjólandi) sleppt. Í umferðarlíkönunum fyrir höfuðborgarsvæðið hefur þessu þrepi verið sleppt þar sem hlutdeild almenningsgangna hefur þótt það lítil í samanburði við skekkjumörk líkansins.

Þeim þáttum sem hafa áhrif á val á ferðamáta hefur verið skipt í þrjú hluta [15]; þá þætti sem snúa að „ferðalangnum“, þá þætti sem snúa að ferðinni og þá sem snúa að ferðamátanum. Dæmi um þætti sem snúa að ferðalangnum eru aðgangur að bíl, hvort hann hafi bílpróf, fjölskylduhagir hans, tekjur o.fl. Það sem er einkennandi fyrir sjálfa ferðina er m.a. tilgangur ferðarinnar (vinnutengd ferð, tómstundir o.þ.h.) og á hvaða tíma dagsins hún er farin. Það sem einkennir ferðamátann er m.a. ferðatími, biðtími, eldsneytis-/farmiðakostnaður, kostnaður við bílastæði, þægindi, áreiðanleiki o.fl. Gott ferðamátalíkan þarf að taka tillit til allra þessarra þátta.

3.3.4 Álagsreikningar

Í stuttu máli felst þetta þrep í því að niðurstöðum hinna þrepanna þriggja er dreift á gatnanetið til að fá umferðarflæðið á hverri götu. Álagsreikningar geta jafnframt gefið ýmsar aðrar stærðir, s.s. heildarumferðarmagn, heildarekna vegalengd, heildaraksturtíma o.fl.

Álagsreikningar felst m.a. í útreikningum á leiðavali fyrir hverja ferð en ýmsar aðferðir hafa verið notaðir til þess. Sú elsta er all-or-nothing aðferðin, þar sem alltaf er valin stysta leið milli tveggja punkta, en hún tekur hins vegar ekki tillit til þrengsla eða teppumyndunar. Önnur þekkt aðferð er incremental aðferðin, sem byggir á all-or-nothing aðferðinni, þar sem umferðin er lögð út á gatnanetið í þrepum. Hún þykir hins vegar ekki nægilega örugg því vegna þess hvernig hún er byggð upp getur ósamræmi komið upp í umferðarmagni og ferðatíma [18]. Sú aðferð sem notuð er í umferðarlíkani höfuborgarsvæðisins kallast

Stochastic User Equilibrium og er slembin aðferð sem byggir m.a. á því að vegfarendur hafi ekki fulla þekkingu á gatnanetinu og geti valið leiðir sem eru lengri eða tímafrekari. Aðferðin byggir á ítrunarferli sem krefst töluverðs fjölda ítrana til að ná góðri niðurstöðu sem getur kostað talsverðan tíma í keyrslum.

3.4 Nákvæmni í umferðarspám

Þetta verkefni fjallar um umferðarspár og mögulegar leiðir til að minnka skekkjur í þeim. Það er almennt viðurkennt að skekkjur í umferðarspám geta valdið talsverðri óvissu í skipulagi og hönnun umferðarmannvirkja. Umferðarspár eru gjarnan notaðar til að ákvarða umferðarrýmd (afkastagetu) gatnakerfa og ónákvæmar spár geta þannig leitt til óhagkvæmra eða afkastalítilla gatnakerfa.

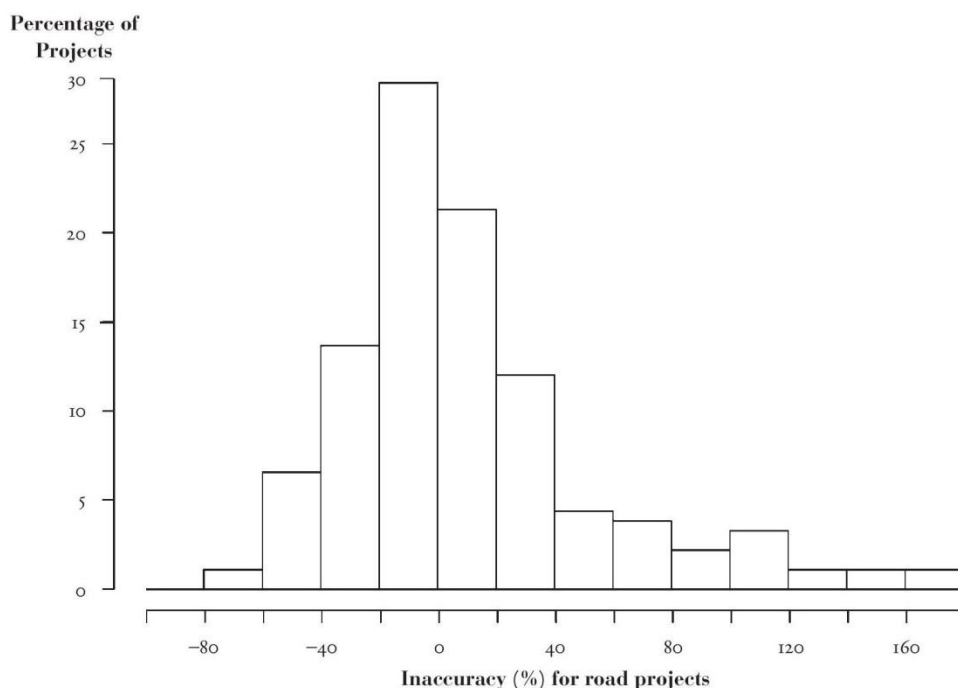
Fyrir hönnun vega- og gatnakerfa er nákvæmni í umferðarspám úrslitaþáttur varðandi marga þætti, s.s. kostnaðargreiningu, skipulag um landnotkun, hljóvist, loftgæði o.fl., en spárnar eru grunnurinn að mati þessara þátta. Ýmsar erlendar rannsóknir hafa sýnt að þörfin fyrir umferðarmannvirki (e. traffic demand) sé jafnan vanmetin [19]. Af þeim sökum megi halda fram að jákvæð áhrif séu líka vanmetin [19]. Hins vegar leiði vanmat á framtíðarumferðarmagni til þess að sparnaður vegna styttri ferðatíma skili sér ekki vegna umferðar sem ekki var gert ráð fyrir. Þannig sé afkastageta kerfisins orðin skert vegna þess að umferðarmagnið sé orðið meira en kerfið var hannað fyrir. Fyrir rúmum sextíu árum var sett fram kenning um fyrirbæri sem kalla mætti „mynduð umferð“ (e. induced traffic) sem snýst um það að stækkun umferðarmannvirkja (flæðisaukandi aðgerðir) valdi eða búi til aukningu í umferð (e. traffic-generating effects of road capacity expansion), þ.e. ferðatíminn stýttist með aukinni afkastagetu gatna sem leiðir til þess að fleiri keyra í stað þess að nota aðra samgöngumáta. Næss, Nicolaisen og Strand [19] halda því fram að ástæða þess að umferð sé jafnan vanmetin sé hugsanlega sú að við gerð umferðarlíkana sé ekki gert ráð fyrir myndaðri umferð af völdum þeirra áætlana eða framkvæmda sem til skoðunar eru. Á móti hefur verið haldið fram að slíkt sýni að framkvæmdin verði fýsilegri og þörfin meiri en áætlað hafi verið. Aðrar rannsóknir hafa sýnt umferðarspár almennt ofáætla umferðarmagn. Skamris og Flyvberg [20] sýndu að tilhneigingin í Danmörku væri sú að umferðarmagn væri jafnan ofáætlað og kostnaður vanáætlaður. Umferðarspár sem ofáætluðu umferðarmagn um 20-60% miðað við raunþróun væru algengar í stórum framkvæmdum og algengt að kostnaður væri vanáætlaður um 50%-100% og framúrakstur um 100% væri ekki svo óalgengur.

Þrátt fyrir að mikið hafi verið skrifað um umferðarspár í vísindatímaritum er ritað efni um nákvæmni í umferðarspám og ákvörðun óvissu frekar takmarkað. Ágætis samantekt yfir það sem skrifað hefur verið um óvissu í umferðarspám er að finna í [12].

Yong og Kockelman [5] gerðu rannsókn á skekkjum í hefðbundnu fjögurra þrepa umferðarlíkani og sýndu fram á að skekkjur á fyrstu stigum (t.d. í ferðamyndun) eru líklegar

til að magnast þrep af þrepi frekar en að þynnast út. Hins vegar virtist draga úr skekkjum við álagsreikninga (fjórða þrepið), þó aldrei niður fyrir þá skekkju sem var á inntaksgögnum líkansins. Óvissan á umferðarflæðinu var þannig alltaf meiri en upphafsóvissan.

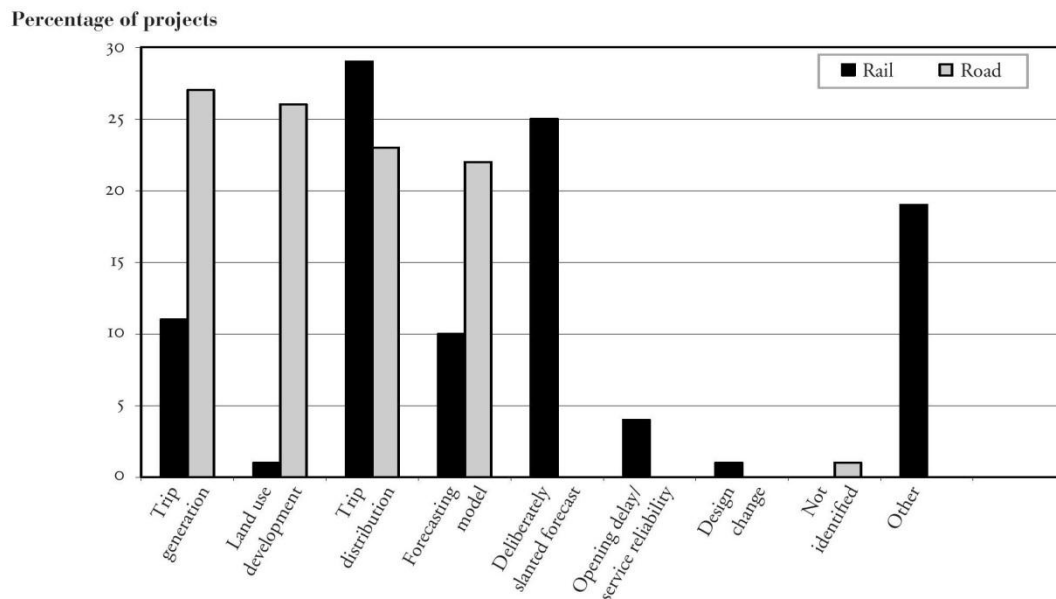
Viðamikil rannsókn var gerð á árunum 2002-2005 (Flyvberg et al.) þar sem tekinn var fyrir mikill fjöldi framkvæmda sem lokið var á árunum 1969-1998. Umferðarspár sem gerðar höfðu verið í tengslum við þessar framkvæmdir voru bornar saman við talningar árin sem spárnar áttu við. Um var að ræða 210 (infrastructure) framkvæmdir í fjórtán löndum; 183 gatna/vegaframkvæmdir fyrir bílaumferð og 27 lestarframkvæmdir, sem gerir þetta að einni víðtækustu rannsókn sinnar tegundar sem gerð hefur verið. Meðal niðurstaðna er að í 50% tilvika sé skekkjan milli raunverulegrar og spáðrar umferðar meiri en $\pm 20\%$ og að raunveruleg umferð sé að meðaltali 9,5% hærri en spár gerðu ráð fyrir.



Mynd 4: Samanburður umferðarspáa og talninga fyrir árin sem spáð var fyrir. Úr skýrslu Flyvberg o.fl. [13]

Önnur niðurstaða þessarar rannsóknar sem vert er að staldra við er sú að gæði umferðarspáa, þ.e. nákvæmni þeirra, virðast ekki hafa aukist með tímanum. Þvert á móti gefa gögnin til kynna að gæðum umferðarspáa hafi hrakað með tímanum því skekkjurnar aukast á seinni hluta tímabilsins sem skoðað var. Höfundar greinarinnar segja að hafi aukin tækni og þekking leitt til nákvæmari umferðarspáa, líkt og sumir halda fram, endurspeglar það ekki í þessari rannsókn.

Í þessari sömu rannsókn var jafnframt gerð greining á mögulegum ástæðum á skekkjum milli spáðrar umferðar og raunverulegrar, m.a. með viðtölum við verkefnisstjóra viðkomandi verka. Þannig var reynt að greina helsta skekkjuvald í hverju tilfelli fyrir sig.



Mynd 5: Tilgreind ástæða skekkju í umferðarspám skv. viðtölum (26 lestarframkvæmdir og 208 gatna- og veg framkvæmdir) [13]

Mynd 5 sýnir tilgreinda skekkjuvalda fyrir framkvæmdirnar sem skoðaðar voru í rannsókninni, fyrir bæði bíla- og lestarumferð. Þeir tveir skekkjuvaldar sem oftast voru tilgreindir við veg framkvæmdir voru ferðamyndun (e. trip generation) og þróun landnotkunar (e. land-use development). Ferðamyndun byggist á umferðartalningum, lýðfræðilegum skipulagstölum (e. demographic) og landfræðilegum upplýsingum. Þessi gögn geta oft verið úrelt og/eða ófullnægjandi og er þessi þáttur talinn einn meginskekkjuvaldurinn í umferðarspám. Spár um þróun umferðer eru auk þess byggðar á áætlanum um landnotkun (t.d. aðalskipulagi eða svæðisskipulagi). Sú landnotkun sem verður að lokum ofan á er hins vegar oft gerólík þeirri landnotkun sem áætluð var. Þessi þáttur getur ekki síður verið stór skekkjuvaldur í umferðarspám.

Í sama streng taka Parthasarati og Levinson [12], sem framkvæmdu aðra viðamikla rannsókn á Minneapolis–Saint Paul svæðinu í Bandaríkjunum. Þar voru skoðaðar 108 framkvæmdir og umferðarspár þeirra bornar saman við talningar. Meðal niðurstaðna rannsóknarinnar var að villur og óhófleg bjartsýni í framreiknuðum þjóðhagfræðilegum gögnum (skipulagstölum o.fl.) væru stórir þættir í skekkjum í umferðarspám.

Niðurstaða áðurnefndra rannsókna var m.a. að einn stærsti skekkjuvaldurinn væri framreikningar á félagshagfræðilegum (e. social-economic) stærðum, þ.e. íbúafjölda, starfafjölda, eldsneytisverði, heildartekjum o.s.frv.. Þetta eru þeir þættir sem umferðarlíkön byggja að stórum hluta á til að spá til um fjölda ferða, heildarekna vegalengd og umferðarflæði. Skekkjur geta líka haft áhrif á ýmsar afleiddar stærðir. Umferðarspár eru t.d. gjarnan teknar inn í loftgæðaútreikninga til að meta heildarútbástur og losun gróðurhúsalofttegunda. Rodier og Johnson [3] gerðu rannsókn á samgönguáætlun Sacramento-borgar í Kaliforníu og áhrifum óvissu í umferðarspá á niðurstöðum loftgæðaútreikninga. Þeir beittu næmnigreiningu á umferðarlíkanið til að meta helstu

skekkjur. Niðurstaðan var m.a. sú að ef tekið væri tillit til skekkju í umferðarspá væru líkur til að borgin myndi ekki ná markmiðum sínum í loftslagsmálum.

3.4.1 Mat á skekkju

Það er óraunhæft að ætlast til þess að hægt sé að spá fyrir um umferðarmagn með fullkominni vissu, sér í lagi fyrir heilu gatnakerfin. Engu að síður hafa engin formleg skekkjumörk verið skilgreind fyrir umferðarspár heldur eru þau meira byggð á reynslu hverju sinni.

Þegar umferðarspár eru bornar saman við raunverulega umferð, við að meta nákvæmni spánna, er það gjarnan gert á þennan hátt:

$$I = ((T_{\text{raun}} - T_{\text{spá}}) * 100) / T_{\text{spá}}$$

þar sem I er nákvæmni í prósentum, T_{raun} er raunveruleg umferð og $T_{\text{spá}}$ er spáð umferð. Þannig gefur $I = 0\%$ til kynna fullkomna nákvæmni, og t.a.m. $I = -20\%$ gefur til kynna að umferðin sé 20% minni en áætlað var (spáð var).

Önnur útfærsla er þessi:

$$I = ((T_{\text{raun}} - T_{\text{spá}}) * 100) / T_{\text{raun}}$$

Þessi aðferð hefur verið notuð við umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins og verður hún því notuð í þessu verkefni.

Einnig má meta skekkjuna á þennan hátt:

$$I = (F/A) - 1 \quad (1)$$

þar sem I er metin óvissan, F er spáð umferð og A er umferð samkvæmt talningum. Jákvætt gildi gefur þannig til kynna ofmat á umferð meðan neikvætt gildi gefur til kynna vanmat. Núll gefur til kynna nákvæma spá.

3.5 Tölfræði

Þar sem mikið er fjallað um ákveðin tölfræðileg hugtök, sér í lagi aðhvarfsgreiningum í þessari ritgerð er nauðsynlegt að útskýra þau stuttlega. Ritgerðinni er hins vegar ekki ætlað að vera kennslubók í tölfræðilegri greiningu og því er vísað í tölfræðibækur til nánari glöggvunar.

3.5.1 Aðhvarfsgreining

Aðhvarfsgreining var fyrst sett fram á 18. öld. Legendre leiddi út aðferð minnstu ferninga árið 1805 og árið 1809 sýndi Gauss fram á að aðferðin gæfi bestu lausn þegar skekkjuliðirnir (leifarnar) væru normaldreifðir [21] (atriði sem við nýtum okkur síðar). Áður fyrr kostaði það

gríðarlega handreikninga að fella líkan að gögnum með aðhvarfsgreiningu en tölvutæknin hefur gert þetta að tiltölulega einföldu verkefni.

Aðhvarfsgreining er notuð til að skýra eða greina tengsl milli einnar breytu Y , sem jafnan er kölluð háða breytan (einnig svarbreyta (e. response variable)), og einnar eða fleiri breyta X_1, \dots, X_n (e. predictor, input, independent eða explanatory) sem jafnan eru kallaðar óháðar breytur. Þegar $n=1$ er um einfalt aðhvarf (e. simple regression) að ræða en þegar $n>1$ kallast það fjölbreytuaðhvarf eða margvitt aðhvarf.

Einfaldasta sambandið milli háðrar breytu Y og óháðu breytanna X_1, \dots, X_n er línulegt samband, en almenna línulega aðhvarfsjöfnu má skrifa á forminu

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

þar sem β_i , $i=0, 1, \dots, n$ eru óþekktir fastar, β_0 er ássnið eða skurðpunktur við y -ás og ε er skekkjuliðurinn þar sem gert er ráð fyrir normaldreifingu og að meðalskekkjan sé jöfn núlli. Fyrir hvert stak líkansins má því skrifa

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_n x_{ni} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n$$

Þannig er ε_i mismunurinn á spágildi og raungildi (e. observed value) líkansins fyrir hvert stak þess (þ.e. sá hluti sem líkanið lýsir ekki), svokallaðar leifar (e. residuals). Markmið aðhvarfsgreiningarinnar er því að ákvarða β_0, \dots, β_n stuðlana þannig að líkanið falli sem best að þeim gögnum sem til skoðunar eru og leifarnar verði sem minnstar.

Ef stak hefur háa leif felur það í sér að líkanið lýsi henni illa. Slík tilvik er nauðsynlegt að skoða sérstaklega og leita skýringa. Það er matsatriði hvað telst hátt og lágt í þessu sambandi, en gjarnan er miðað við ± 3 staðalfrávik m.v. staðlaða leif og ef leifin er normaldreifð ætti aðeins eitt af hverjum þúsund gildum að lenda þar fyrir utan. Stundum er miðað við ± 2 staðalfrávik en þá þurfa 95% frávika að vera innan marka.

3.5.2 Mátgæði

Mátgæði (e. goodness of fit) er mælikvarði á það hversu vel tiltekið líkan fellur að gögnum, þ.e. lýsir mismunum milli frumgagna og þeirra spágilda sem líkanið gefur. Eins og áður segir er leif skilgreind sem mismunurinn milli hvers staks í frumgögnum og reiknaðs gildis samkvæmt líkani. Summa leifanna í öðru veldi kallast fervikasumma og má skrifa sem $SS_R = \sum \varepsilon_i^2$, og er mælikvarði á heildardreifni leifanna. Dreifnin sem líkanið skýrir og má nefna skýrða dreifni SS_E er

$$SS_E = \sum_{i=1}^n (\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i - \bar{y})^2$$

Heildardreifni líkansins er þannig

$$S_{yy} = SS_E + SS_R$$

Heildardreifni líkansins má þannig skipta í þátt sem líkanið skýrir og þátt sem leifar líkansins skýra, þ.e. stýribreyturnar skýra ekki.

Einn mælikvarði á það hversu vel líkan fellur að gögnum er R^2 stuðullinn, sem oft er nefndur skýringarhlutfall (e. coefficient of determination eða percentage of variance explained). Ef R^2 er til dæmis jafnt og 0,78 er sagt að stýribreyturnar skýri 78% af dreifni líkansins. R^2 er þannig hlutfall skýrðar dreifni og heildardreifni

$$R^2 = \frac{SS_E}{S_{yy}} = \frac{S_{yy} - SS_R}{S_{yy}} = 1 - \frac{SS_R}{S_{yy}}$$

þar sem $0 \leq R^2 \leq 1$. Ef R^2 er nálægt 1 gefur það til kynna að inntaksbreyturnar útskýri megnið af dreifni líkansins en sé það hins vegar nálægt núlli skýri það lítinn hluta dreifinnar. Þannig er R^2 oft notað sem mælikvarði á mátgæði aðhvarfslíkans, þ.e. hvernig líkan fellur að frumgögnum.

Það verður að hafa sérstaklega í huga að R^2 tapar að nokkru merkingu sinni ef aðhvarfsjafnan inniheldur ekki fastastuðul (β_0), og taka skal líkönum án fastastuðuls með hátt R^2 með miklum fyrirvara. Slík líkön ættu aldrei að vera borin saman við líkön með fastastuðli út frá hinum meinta R^2 stuðli [21]. Þegar gerð er aðhvarfsgreining án fasta er í raun verið að lýsa því yfir að væntigildið af Y þegar x er jafnt núlli sé núll, þ.e. $E(Y|x=0) = 0$. Það leiðir til þess að munurinn milli svargildis og spágildis verður meiri og leifin því hærri. Það leiðir til þess að bæði SS_E og SS_R hækka en þar sem SS_E vex hraðar en SS_R veldur það því að R^2 hækkar óeðlilega mikið, og stefnir í raun á 1 eftir því sem fervikasumma leifanna hækkar.

Til að meta tölfræðilegan áreiðanleika líkans er fyrsta skrefið að greina hvernig leifar líkansins fylgja normaldreifingu [22]. Þá er fundin svokölluð stöðluð leif (e. standardized residuals) sem skulu vera nánast óháðar breytur, normaldreifðar um 0, þar sem 95% þeirra liggja á bilinu -2 til 2, þ.e. innan tveggja staðalfrávika frá meðaltali. Leifarit og normaldreifingarit gefa jafnframt ágætis vísbendingu um gæði líkans.

3.6 Niðurstaða

Fyrir ákvarðanatöku um framkvæmdir í innviðum gatnakerfa og stefnumótandi aðgerðir er mikilvægt að geta áætlað með ákveðinni vissu ekki bara líklegasta umferðarmagnið heldur líka möguleg skekkjumörk þess umferðarmagns sem sett er fram. Það kann að vera betra að fjárfesta í verkefni sem er talið minna arðbært en er minna áhættusamt, þegar litið er til breytileika (frávika) varðandi framtíðarumferðarmagn, en í verkefni sem er arðbærara en breytileikinn meiri. Stærðarákvörðun óvissu í umferðarspám getur þannig leitt til upplýstari og betri ákvarðanatöku.

Þar sem margar af þeim rannsóknum sem skoðaðar voru fyrir þetta verkefni eru samhljóða um að skipulagstölur séu einn stærsti skekkjuvaldurinn í umferðarspám liggur beinast við að finna leiðir til að minnka skekkju í þeim þætti.

4 Rannsóknir

Hér er lýst í meginatriðum hvernig rannsóknin var unnin og hvaða aðferðum var beitt.

Markmið verkefnisins er að leiða í ljós hvort bæta megi spár umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins með því að greina betur og bæta flokkun þeirra skipulagsgagna sem liggja til grundvallar spáhlutanum. Í því skyni voru fengin ný gögn úr mannvirkjaskrá frá Þjóðskrá með dýpri flokkun en áður hafa verið notuð og þau rýnd, hnitsett og tengd við reitaskiptingu umferðarlíkans. Næsta skref var að endurgera keyrslur á gögnin frá 2004 til að samræmingar við skýrslu [1]. Að því loknu voru gerðar keyrslur á 2010 líkani, byggðar á núverandi ferðamyndunarjöfnu líkansins og með nokkrum endurgerðum ferðamyndunarjöfnum út frá ýmsum forsendum.

Í þessu verkefni er víða talað um 2005 líkanið og 2010 líkanið. 2005 líkanið er það sem skýrslan um umferðarlíkanið lýsir og byggir á gögnum frá árinu 2004. 2010 líkanið er hins vegar frá árinu 2011 en þá var líkanið endurbætt, umferð kortlögð út frá talningum og miklu magni nýrra talninga bætt við. Gert var nýtt ferðafylki og á því byggð spá fyrir grunnárið 2010.

4.1 Greining skipulagsgagna

Þjóðskrá Íslands (áður Fasteignamat ríkisins) heldur utan um upplýsingar um fasteignir. Í gögnum Þjóðskrár eru fasteignir flokkaðar í svokallaða gjaldflokka, en gjaldflokkar atvinnuhúsnæðis eru fjórir; verslunar-/skrifstofuhús, iðnaðarhús, vörugeymsla og sérhæfð eign. Fram til þessu hefur umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins byggt á gjaldflokaskiptingu atvinnuhúsnæðis, en samkvæmt ferðamyndunarjöfnu líkansins gildir að

$$\text{Myndaðar ferðir} = 1,85 * \text{íbúar} + 0,14 * \text{versl/skrifstofa} + 0,04 * \text{annað} \quad (2)$$

þar sem *versl/skrifstofa* er flatarmál húsnæðis í verslunar- /skrifstofuhúsnæðis gjaldflokknum og *annað* er samanlagt flatarmál hinna gjaldflokka þriggja. Eins og lýst var í skýrslu [1] þótti ekki tölfræðilega marktækur munur á því að greina atvinnuhúsnæðið nánar en þetta. Hins vegar var það metið einungis út frá skýringarhlutfallinu R^2 , en líkt og sýnt er í kafla 3.5 er R^2 varasamur mælikvarði á líkön þar sem fastastuðullinn hefur verið þvingaður gegnum núllpunkt. Því hefði frekari greining á þessum þætti verið æskilegri.

Hins vegar eru fasteignir einnig flokkaðar á annan hátt í gögnum Þjóðskrár, eða í svokallaða notkunarflokka (stundum nefndir notkunartextar) og er þeim ætlað að tilgreina notkun húsnæðis. Þannig eru fasteignir í hverjum gjaldflokki jafnframt flokkaðar í undirflokka eftir skráðri notkun.

Hjá Þjóðskrá er haldið utan um gögnin á tvennan hátt; annars vegar eftir fasteignum og hins vegar eftir matshlutum. Eitt hús getur þannig verið margar fasteignir en bara einn matshluti. Til að hægt væri að fá gögnin niður á hvern gjaldflokk og notkunarflokk var notast við einingarflatarmál en ekki brúttóflatarmál. Brúttóflatarmál er heildarflatarmál hvers matshluta. Hver matshluti getur hins vegar verið margar einingar með mismunandi notkun. Brúttóflatarmál er þannig flatarmál allra eininga matshlutans ásamt sameiginlegum rýmum, en í einingarflatarmálinu er sameiginlegum rýmum (s.s. stigagöngum) sleppt.

Fyrir þessa rannsókn voru fengin gögn frá Þjóðskrá sem byggja á þessari dýpri flokkun en áður hefur verið notast við fyrir umferðarlíkanið. Gögnin eru flokkuð niður eftir landnúmeri (lóðanúmeri) þar sem gefið er flatarmál sem tilheyrir hverjum notkunarflokki. Þannig er hægt að sjá magn atvinnuhúsnæðis innan hversrar lóðar í hverjum notkunarflokki og mætti þar með t.d. flokka húsnæði eingöngu eftir skráðri notkun. Einnig má sjá hvernig notkun húsnæðis skiptist innan hvers gjaldflokks og einnig hvernig sama notkun dreifist milli gjaldflokka. Gögnin sem fengust frá Þjóðskrá voru tvenns konar. Annars vegar skrá yfir allt atvinnuhúsnæði flokkað niður á notkunarflokk (tafla 4-1 **Error! Reference source not found.**) og hins vegar skrá yfir hnitsett atvinnuhúsnæði eftir notkunarflokkum (tafla 4-4). Ekki er allt atvinnuhúsnæði í skráum Þjóðskrár hnitsett og með þessu gafst færi á að leggja mat á það, líkt og fjallað verður um síðar.

Tafla 4-1: Sýnishorn af gögnum um atvinnuhúsnæði úr mannvirkjaskrá Þjóðskrár, en heildartaflan sem notuð var inniheldur 6640 færslur.

Sveitarfélag	Landnr.	Gjaldfl.	Byggingarstig	Notkunarkóði	Fjöldi	Heimilisfanganr.	Einingarflatarmál [m ²]
0	100019	6	7	505	2	1008651	369,9
0	100006	7	7	505	7	1005159	2234,9
0	100023	8	7	507	3	1008649	757,4
0	100003	9	7	457	11	1008657	2418,4

4.1.1 Notkunarflokkar

Notkunarflokkar sem eru skráðir í kerfi Þjóðskrár eru fjölmargir eða um 280 talsins. Þeir ná yfir notkun bæði jarða og fasteigna en um 240 þeirra skilgreina notkun mannvirkja. Í þeim gögnum um atvinnuhúsnæði sem unnið var með eru notaðir 180 notkunarflokkar. Í töflu 4-2 má sjá fimm stærstu notkunarflokkana, sem jafnframt eru um 68% af heildarflatarmálinu, ásamt flatarmáli hvers flokks og hlutfalli þess af heildarflatarmáli atvinnuhúsnæðis.

**Tafla 4-2: Fimm stærstu notkunarflokkar atvinnuhúsnæðis, skv. skrá
Þjóðskrár m.v. lok árs 2010.**

Notkunarflokkur	Hlutfall af heildarflatarmáli atvinnuhúsnæðis [%]
Iðnaður	19%
Verslun	16%
Skrifstofa	15%
Skóli	10%
Vörugæymsla	9%

Til samanburðar er í töflu 4-3 birt samanlagt flatarmál gjaldflokka fjögurra.

Tafla 4-3: Samanlagt flatarmál atvinnuhúsnæðis í öllum gjaldflokkum og hlutfall hvers flokks af heildarflatarmáli.

Gjaldflokkur	Flatarmál [m ²]	Hlutfall af heildarflatarmáli atvinnuhúsnæðis [%]
Versl./skrifst.	2.022.383	32%
Iðnaðarhús	1.379.453	22%
Vörugæymsla	501.542	8%
Sérhæfð eign	2.399.805	38%

4.1.2 Hnitsetning

Til að hægt væri að flokka gögnin niður á þann hátt sem hér er gert er til einföldunar notast við eina hnitsetningu fyrir hverja lóð, þ.e. nákvæmnin er ekki upp á heimilisfang þar sem fleiri en eitt heimilisfang geta verið á hverri lóð. Það er samt nægjanleg nákvæmni því umferðarlíkanið þarf bara að vita í hvaða reit viðkomandi húsnæði er. Í töflu 4-4 eru sýnd dæmi af gögnum um hnitsett atvinnuhúsnæði eins og þau bárust frá landupplýsingadeild Þjóðskrár.

Tafla 4-4: Dæmi um hnitsett atvinnuhúsnæðisgögn frá Þjóðskrá, en heildartaflan sem fékkst og notuð var við þetta verkefni inniheldur 4530 færslur.

HEINUM	HEITI_NF	HUSNR	GAGNA_EIGN	HNITNUM	X	Y
1019672	Barónsstígur	32	Fasteignaskrá Íslands	10003718	357707,3	407664,9
1031280	Bessastaðir		Fasteignaskrá Íslands	10028512	354017	403785
1002975	Borgartún	20	Fasteignaskrá Íslands	10007626	358699	407974
1010473	Kirkjustræti	14	Fasteignaskrá Íslands	10025663	356935,7	408208,5
1130217	Menntavegur	1	Fasteignaskrá Íslands	10097456	357524	405612

Grunnflokkun gagnanna er eftir lóðanúmeri. Innan hvorrar lóðar getur hins vegar verið fleiri en eitt heimilisfang, og á hverju heimilisfangi getur verið fleiri en einn matshluti (fasteign). Matshlutarnir geta svo verið í mismunandi notkunarflokkum. Heimilisfanganúmerið er því

ekki einkvæmt auðkenni. Í þeim tilvikum þar sem fleiri en einn matshluti var á sama heimilsfangi og notkunarflokkur sá sami var þetta leyst með því að finna hnitamiðju hnitsetninga matshlutanna og summu einingarflatarmáls matshlutana. Hnitamiðjan var þannig notuð sem hnitsetning samanlagðra matshluta innan hvers heimilisfangs. Hnitamiðjan er reiknuð út þannig fyrir hvern notkunarflokk

$$P_{hnit} = \left(\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}, \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} \right)$$

þar sem n er fjöldi matshluta með viðeigandi notkun. Flatarmálið er því summa einingaflatarmáls allra matshluta. Sú skrá sem kemur út úr þessu er lesin inn í landupplýsingakerfi og tengd við reitaskrá umferðarlíkansins. Þannig eru komnar upplýsingar um flatarmál atvinnuhúsnæðis í öllum notkunarflokkum innan hvers reits líkansins.

4.1.3 Aðferðir

Heildarflatarmál atvinnuhúsnæðis á höfuðborgarsvæðinu var skv. gögnum úr mannvirkjaskrá 6.342.401 m² í lok árs 2010. Gögnin úr mannvirkjaskrá voru yfirfarin og tengd við hnitsetningar frá landupplýsingadeild Þjóðskrár. Ekki reyndist vera til hnitsetning á allt atvinnuhúsnæði í mannvirkjaskrá; af áður nefndu heildarflatarmáli voru 109.520 m² í 168 færslum óhnitsettir eða um 1,7% gagnanna. Gögnin frá Þjóðskrá náðu yfir allt höfuðborgarsvæðið, en umferðarlíkanið byggir einungis á atvinnuhúsnæði sem liggur innan reitaskiptingar höfuðborgarsvæðisins. Flatarmál atvinnuhúsnæðis utan reita var 39.217 m² og var það fjarlægt úr gögnum.

Óhnitsett gögn voru yfirfarin á þann hátt að teknar voru þær færslur sem höfðu einingaflatarmál yfir 1000 m² og þeim fletti upp eftir lóðanúmeri, en á vef Þjóðskrár er hægt að fletta upp í fasteignaskrá eftir lóðanúmeri. Í stað þess að fletta hverri fasteign upp handvirkt var skrifað forrit sem tók inn lista af lóðanúmerum og fletti upp heimilsfangi á vefsíðu Þjóðskrár. Út frá heimilisfangi var hægt að finna út hvaða reit viðkomandi húsnæði tilheyrði og var reitanúmið skráð handvirkt inn í gagnagrunninn. Með þessu móti var hægt að minnka óhnitsett atvinnuhúsnæði niður í 22.244 m², eða niður fyrir 1% af heildarflatarmáli og var það talið nægjanlegt.

4.2 Aðhvarfsgreining

Ferðamyndunarjafna (jafna 1) umferðarlíkansins var leidd út með aðhvarfsgreiningu og er byggð á gögnum frá 2004. Eins og sjá má inniheldur hún engan fastaþátt. Í tilvikum sem þessum er stundum talað um að ferillinn sé þvingaður gegnum upphafspunkt, en í aðhvarfsgreiningu er það almennt ekki talið æskilegt því við það breytist „merking“ aðhvarfsstuðlanna. Í einstaka tilvikum getur þó átt við að þvinga ferilinn gegnum núllpunktinn, t.d. ef sýnt þykir að allar óháðu breytur hljóti að setja háðu breytuna jafnt og

núll. Í þessu samhengi er t.d. ekki óeðlileg hugmynd að reitur með enga íbúa og ekkert atvinnuhúsnæði búi ekki til neinar ferðir. Hins vegar er umdeildanlegt hvort það sé raunin. Má þar nefna Heiðmerkurreitinn sem dregur til sín margar ferðir þrátt fyrir að vera „tómur“.

Ef þvinga skal ferilinn gegnum núllpunkt (þvinga fastann í núll) er eðlilegra að skoða fyrst hvaða stuðla aðhvarfsgreiningin gefur af sér. Skoða skal öryggisbil (e. confidence intervals) fastans og ef það inniheldur núll gæti verið tölfræðilega ásættanlegt að þvinga fastann í núll [21].

4.2.1 2005 líkan

Gerð var aðhvarfsgreining á gögnum 2005 líkansins til samanburðar við skýrslu [1]. Tilgangurinn var fyrst og fremst að ná sömu niðurstöðu og skýrslan.

Þau gögn sem hér eru notuð eru úr líkaninu frá 2005. Þar eru reitirnir 242. Gögnin eru á eftirfarandi formi:

Tafla 4-5: Dæmi um gögnin sem notuð voru við aðhvarfsgreininguna. Metin umferð er metið umferðarflæði skv. kortlagningu umferðar frá 2005.

Reitanúmer	Metin umferð [bílar/shr.]	Íbúar	Versl./skrifst. [m ²]	Annað atvinnuhúsn. [m ²]
1	5583,796	2971	3708	14.073
2	4436,382	1551	4256	8856
3	7536,215	1178	0	7660
4	3747,521	1659	607	8433
5	8477,755	1808	6860	8674

Einnig var gerð aðhvarfsgreining þar sem fasti jöfnunnar er ekki þvingaður í núll (þ.e. gert ráð fyrir fasta í jöfnunni) til samanburðar við fyrra tilfellið. Að auki voru tvö tilfelli prófuð þar sem notaðir voru allir gjaldflokkarnir fjórir, og í öðru tilvikinu var tómunum reitum og einförum sleppt.

4.2.2 2010 líkan

Í 2010 líkaninu hefur umferðarreitum höfuðborgarsvæðisins verið fjölgað verulega og eru nú orðnir 357. Tilgangurinn hefur væntanlega verið sá að minnka breytileika milli reita, en minni breytileika má ná fram með því að minnka reitina. Það þýðir hins vegar að reitum fjölgar, og fjölgun reita getur aukið úrtaksskekkju, m.a. vegna fleiri frelsisgráða líkansins. Auk þess verður líkanið flóknara og krefst meiri gagna [15]. Það er því nauðsynlegt að hafa í huga að ekki er sjálfgefið að líkan með fleiri reitum sýni betri niðurstöðu.

Gerð var aðhvarfsgreining á 2010 gögnum í nokkrum útfærslum til að reyna að ákvarða tölfræðilega bestu nálgunina við gögnin. Fyrst var byrjað með 10 stærstu atvinnuhúsnæðisflokkana og beitt þrepaskiptri aðhvarfsgreiningu, bæði fram- og afturvirkri,

og fundin sú jafna sem féll best að gögnunum. Álagsreikningar voru síðan keyrðir miðað við þá ferðamyndunarjöfnu. Frávik frá talningum gáfu hins vegar tilefni til að ætla að hægt væri að ná betri nálgun við skipulagstölur. Því var aftur gerð þrepaskipt aðhvarfsgreining, en nú var byrjað með 20 stærstu notkunarflokkana og fundin (fram- og afturvirkt) besta línulega jafnan, með og án fastaþáttar og keyrðir álagsreikningar fyrir bæði tilfelli.

Enn gaf umtalsvert frávik frá talningum í skyn að hægt væri að ná betri nálgun við skipulagstölur. Því var ákveðið að prófa að skipta ferðamyndunarþrepinu í tvennt eins og oft er gert. Þá eru myndaðar ferðir og aðregnar ferðir meðhöndlaðar hvorar í sínu lagi. Út frá kortlagðri umferð var skilgreindur ferðamyndunarstuðull sem var 4,16 ferðir pr. íbúa. Síðan var gerð aðhvarfsgreining á atvinnuhúsnæðisgögnin til að ákvarða aðregnar ferðir. Þegar ferðamyndunin er gerð með þessum hætti þarf að jafnvægisstillta ferðafylkið líkt og lýst er í kafla 3.3.1 Þá er mynduðu ferðunum haldið föstum og aðregnu ferðirnar stilltar af miðað við þær. Keyrðir voru álagsreikningar fyrir jafnvægisstillta ferðafylkið. Þar sem þetta gaf enn meira frávik en áður var ákveðið að taka mynduðu ferðirnar úr metna ferðafylkinu til viðmiðunar, en aðregnu ferðirnar reiknaðar út eins og áður og stilltar af miðað við myndaðar ferðir.

Að lokum var prófað að gera aðhvarfsgreiningu út frá gömlu gjaldflokkaskiptingunni, bæði á gögn 2010 líkansins og rýndu gögnin út frá notkunarflokkunum. Bæði var keyrt með og án fastaþáttar.

4.3 Líkankeyrslur

Markmið þessa verkefnis er að bæta spáhluta núverandi líkans, þ.e. líkansins frá 2010. Hins vegar voru bæði gerðar greiningar á líkaninu frá 2005 og 2010. Tilgangur 2005 keyrslanna var fyrst og fremst sá að geta borið aðferðafræðina við þekkta niðurstöðu, þ.e. þá niðurstöðu sem sett er fram í skýrslunni frá 2005. Megináherslan er á 2010 líkanið, enda er það núverandi umferðarlíkan fyrir höfuðborgarsvæðið.

Athugunum var skipt upp í svokölluð tilfelli. Öll tilfelli fela í sér keyrslu með umferðarlíkani og í sumum tilfellum er, með aðhvarfsgreiningu, leidd út ný ferðamyndunarjafna sem notuð er til að reikna ferðamyndun fyrir viðkomandi tilfelli. Athuganir á 2005 líkaninu skiptast þannig í 4 tilfelli og athuganir 2010 líkansins í 12 tilfelli.

Hér er settur fram listi yfir tilfelli sem skilgreind voru við rannsóknina:

Tilfelli fyrir 2005 líkanið:

1. Grunntilfelli: Allt óbreytt, reynt að fá sambærilega niðurstöðu við skýrslu
2. Tilfelli 2 – Keyrsla byggð á nýrri ferðamyndunarjöfnu (fastajöfnu)
3. Tilfelli 3 – Notaðir allir gjaldflokkar skv. 2004 gögnum, tónum reitum sleppt
4. Tilfelli 4 – Öll gögn 2004 notuð

Tilfelli fyrir 2010 líkan:

1. Grunntilfelli: Notaður reiknaður ferðafjöldi (PA gildi) úr reitaskrá líkans
2. Notuð ný gögn úr mannvirkjaskrá – eftir gjaldflokkum
3. Gögn flokkuð eftir notkunarflokkum en samkvæmt gjaldflokkaskiptingu
4. Samanburður á 2010 gögnum og rýndum mannvirkjaskrárgögnum - gjaldflokkaskipting
 - a. Endurgerð ferðamyndunarjafna án fasta - gögn úr reitaskrá
 - b. Endurgerð ferðamyndunarjafna með fasta – gögn úr reitaskrá
 - c. Endurgerð ferðamyndunarjafna án fasta – ný gögn úr mannvirkjaskrá
 - d. Endurgerð ferðamyndunarjafna með fasta – ný gögn úr mannvirkjaskrá
5. Ný flokkun eftir notkunarflokkum – ný ferðamyndunarjafna
 - a. Gerð aðhvarfsgreining út frá 10 stærstu notkunarflokkum
 - b. Gerð aðhvarfsgreining út frá 20 stærstu notkunarflokkum – jafna með fasta
 - c. Gerð aðhvarfsgreining út frá 20 stærstu notkunarflokkum – jafna án fasta
6. Ferðamyndun skipt upp í myndaðar og aðregnar ferðir
 - a. Fasti á ferðir pr. íbúa, aðhvarfsgreining gerð á atvinnuhúsnaði
 - b. Myndaðar ferðir úr kortlagningu umferðar, aðregnar ferðir úr (a)

4.4 Samanburður gagna

Niðurstöður úr öllum líkankeyrslum voru teknar og bornar saman við umferðartalningar í því skyni að finna það tilfelli sem best félli að veruleikanum. Í kafla 3.4.1 eru settar fram algengustu aðferðir sem notaðar eru til að meta skekkjur í spám, aðferðir sem m.a. voru notaðar í þeim greinum sem skoðaðar voru í tengslum við rannsóknina. Niðurstöður samanburðar við talningar eru settar fram í töflum. Í töflu 5-4 fyrir 2005 líkanið og í töflu 5-5 fyrir 2010 líkanið eru helstu atriði tekin saman, en í viðauka A og B eru töflur með heildarniðurstöðum fyrir hvert tilfelli.

5 Niðurstöður

Hér eru settar fram allar helstu niðurstöður rannsóknarinnar.

Niðurstöður verkefnisins eru í nokkrum liðum. Fyrst var gerð greining á nýjum gögnum úr mannvirkjaskrá Þjóðskrár. Síðan voru gerðar athuganir á 2005 líkaninu, sem byggir á gögnum frá 2004, og var það gert fyrst og fremst til samræmingar. Að lokum voru gerðar athuganir með 2010 líkaninu (þ.e. núverandi útgáfu líkansins), bæði með grunn gögnum frá 2010 og með nýjum gögnum þar sem byggt er á notkunarflokkum húsnæðis í stað gjaldflokka.

5.1 Greining á skipulagstölum

Fyrir þessa rannsókn voru fengin gögn úr mannvirkjaskrá Þjóðskrár um magn atvinnuhúsnæðis á höfuðborgarsvæðinu. Heildarflatarmál atvinnuhúsnæðis skv. þessum gögnum er 6.342.401 m². Af því voru 109.520 m² ekki með hnitsetningu, eða um 1,7% gagnanna. Hægt var að ákvarða staðsetningu um 80% óhnitsetta húsnæðisins með einföldu forriti sem skrifað var og flettir upp í fasteignaskrá á vefsíðu Þjóðskrár eftir viðkomandi lóðanúmeri. Þannig var hægt að minnka „óstaðsett“ atvinnuhúsnæði niður í 22.244 m² eða um 0,4% af heildarmagni. Í töflu (í viðauka) má sjá húsnæðið sem lagfært var. Auk þess lá 39.217 m² af atvinnuhúsnæði utan reitaskiptingar höfuðborgarsvæðisins og var það fjarlægt úr gögnum þar sem það nýttist ekki líkaninu.

	[m ²]
Heildarmagn atvinnuhúsnæðis fyrir yfirferð	6.342.401
Húsnæði utan reita	39.217
Óhnitsett húsnæði eftir yfirferð	22.244
Húsnæði notað við líkankeyrslur	6.280.940

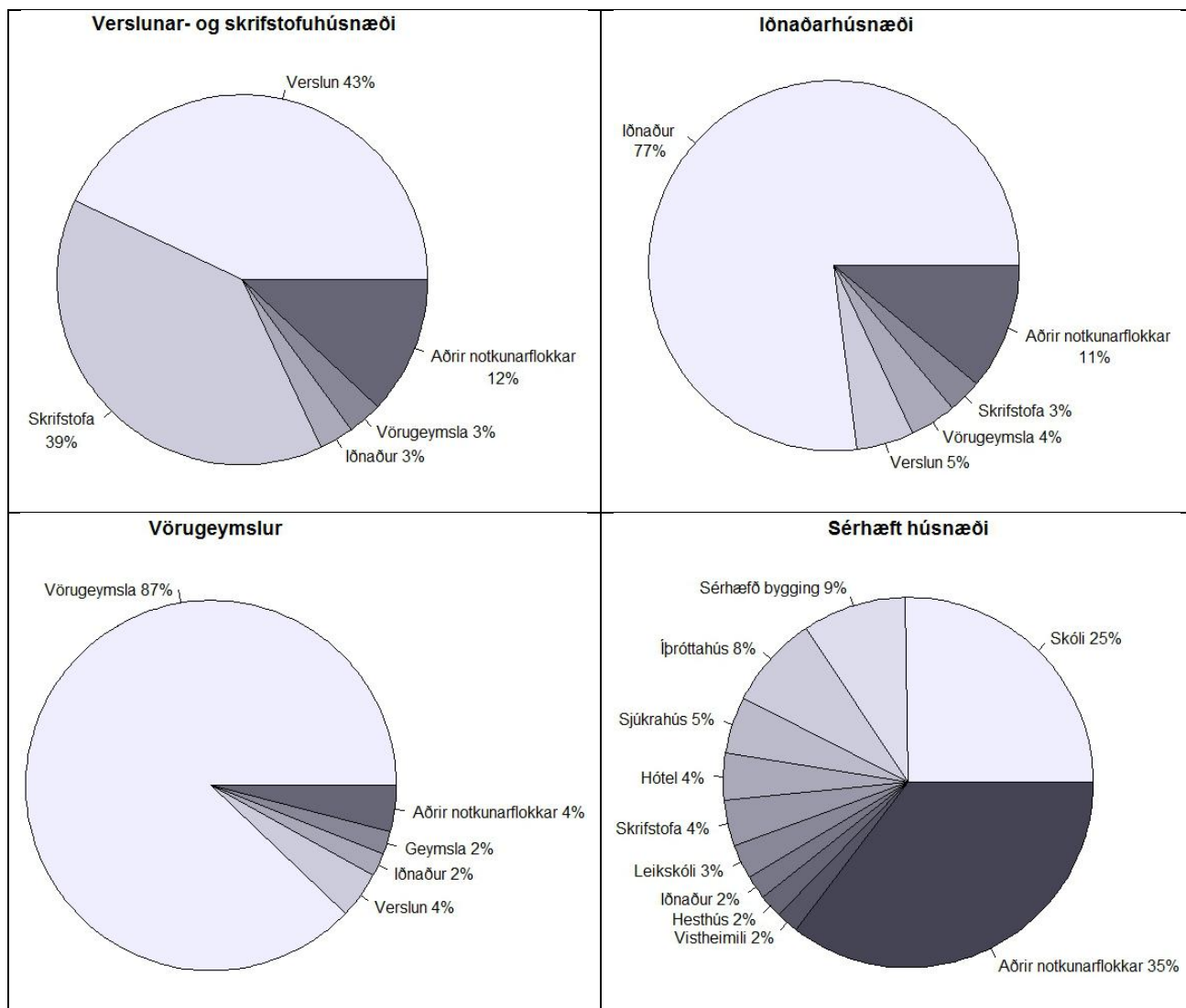
Líkt og útskýrt var í kafla 4 er dýpri flokkun notuð á gögnin um atvinnuhúsnæði en áður hefur verið gert, en auk hinna hefðbundnu gjaldflokka er húsnæðið er líka flokkað í svokallaða notkunarflokk. Ellefu stærstu notkunarflokkarnir eru sýndir í töflu 5-1. Í viðauka D er að finna töflu með öllum notkunarflokkum sem notaður eru í mannvirkjaskrá, magni atvinnuhúsnæðis í hverjum flokki og hlutfalli af heildarflatarmáli.

Tafla 5-1: Ellefju stærstu notkunarflokkar atvinnuhúsnaðis skv. mannvirkjaskrá Þjóðskrár. Gögn miðast við 2010.

Notkunarflokkur	Flatarmál [m ²]	Hlutfall af heildarflatarmáli atvinnuhúsnaðis [%]
Iðnaður	1.193.909	19%
Verslun	990.060	16%
Skrifstofa	931.322	15%
Skóli	618.803	10%
Vöruheymsla	569.273	9%
Sérhæfð bygging	233.171	4%
Íþróttahús	198.674	3%
Hótel	115.035	2%
Sjúkrahús	112.354	2%
Hesthús	69.869	1%
Leikskóli	65.665	1%

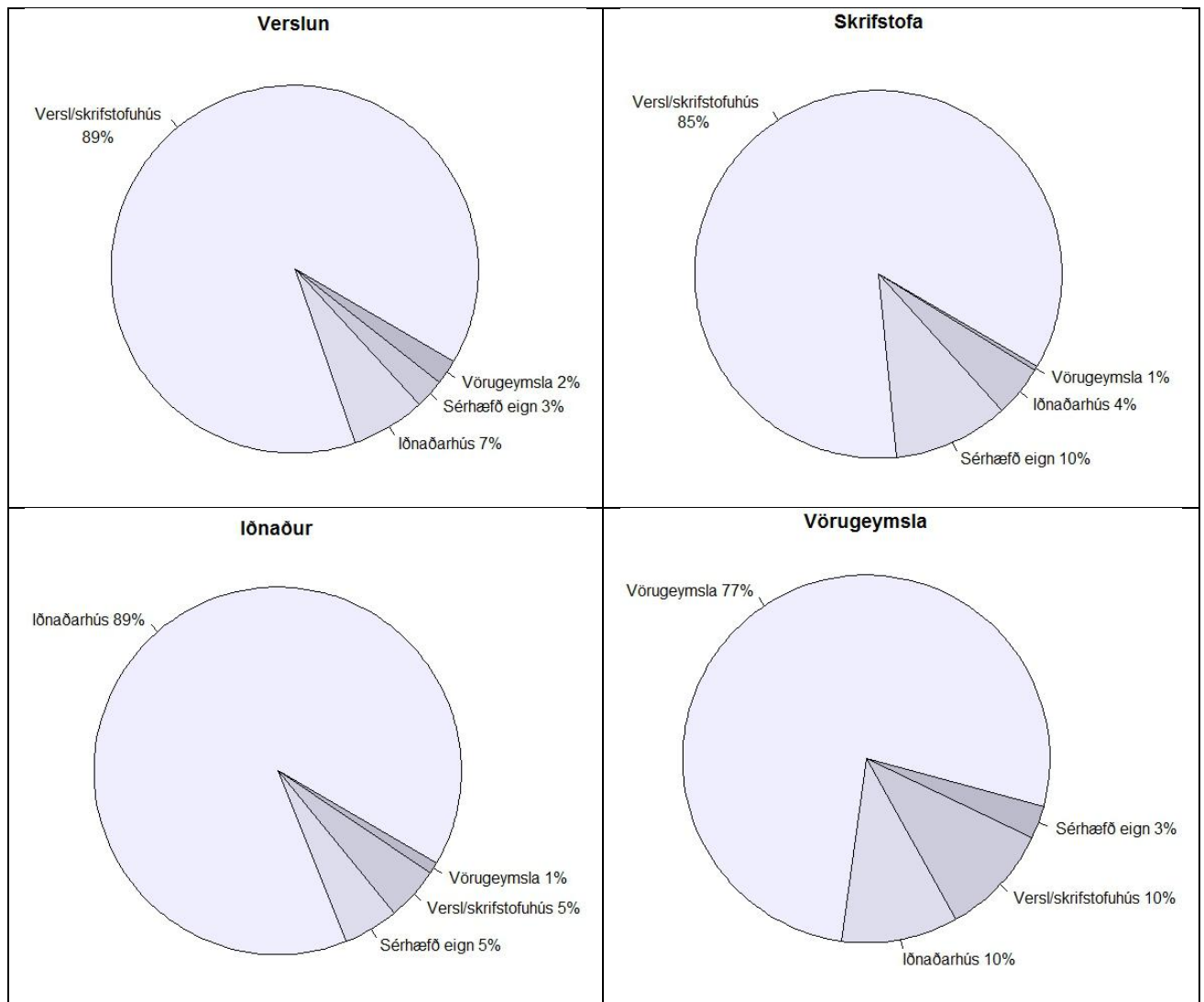
Gerð var úttekt á því hvernig samræmið milli gjaldflokka og notkunarflokka væri og því var skoðað annars vegar hvernig skiptingin í notkunarflokkum væri innan hvers gjaldflokks og hins vegar hvernig húsnaði í sömu notkunarflokkum dreifðist milli gjaldflokka. Í ljós kom talsvert misræmi þarna á milli. Mynd 6 sýnir hvernig húsnaði í hverjum gjaldflokki skiptist eftir notkun. Í gjaldflokki verslunar- og skrifstofuhúsnaðis er 18% húsnaðis með skráða aðra notkun en verslun eða skrifstofa. Í gjaldflokknunum iðnaðarhúsnaði er 77% húsnaðis skráð með notkunina iðnaður, og 8% húsnaðis í þeim gjaldflokki er skráð með notkunina verslun eða skrifstofa. 4% húsnaðis í gjaldflokknunum vöruheymslur er skráð með notkunina verslun og 4% í gjaldflokknunum sérhæft húsnaði er verslun. Ef lagt er saman magn húsnaðis í öðrum gjaldflokknunum en versl./skrifst. sem hefur skráða notkun verslun eða skrifstofa fást 225.936 m², sem er um 12% af öllu húsnaði í þessum notkunarflokkum.

Það er ljóst að þetta misræmi getur haft áhrif á útreikninga á ferðamyndun, þar sem ferðamyndunin er reiknuð út frá gjaldflokaskiptingu atvinnuhúsnaðis, ef skiptingin endurspeglar ekki raunverulega notkun húsnaðisins. Í viðauka F má sjá nánari skiptingu gjaldflokka í notkunarflokkum.



Mynd 6: Skipting atvinnuhúsnæðis í notkunarflokka innan hvers gjaldflokks.

Til samanburðar er skoðað hvernig húsnæði í sömu notkunarflokkum dreifðist milli gjaldflokka (mynd 7). 89% þess húsnæðis sem er með skráða notkun *verslun* er í gjaldflokknum *versl./skrifst.* og 85% þess húsnæðis sem skráð er með notkunina *skrifstofa*. 89% húsnæðis með skráða notkun *iðnaður* er í gjaldflokknum *iðnaðarhús* og 77% húsnæðis með skráða notkun *vöruheymsla* er í vöruheymslugjaldflokknum.



Mynd 7: Hér er sýnt hvernig atvinnuhúsnæði í fjórum stærstu notkunarflokkunum dreifist milli gjaldflokka.

Það er því ljóst að verulegt ósamræmi er á milli þessara skráninga. Samkvæmt upplýsingum frá Þjóðskrá [23] þykir þeim líklegra að notkunarflokkarnir séu réttari en gjaldflokkurinn. Notkunarflokkarnir komi frá byggingafulltrúm sveitarfélagana og eru notaðir í skattalegum tilgangi, og því líklegt að eigendur eða sveitarfélög hafi gert athugasemdir ef eign er ekki í réttum skattflokki. Þannig gæti byggingafulltrúi hafa breytt notkunarflokki án þess að gjaldflokki hafi verið breytt. Einnig séu gögnin misgömul og misjafnt hvað hafi verið skráð á hverjum tíma.

5.2 Athugun á 2005 líkani til samræmingar

Í skýrslu [1] um umferðarlíkanið var leidd út ferðamyndunarjafna út frá gögnum frá 2004. Til samræmis og samanburðar var gerð aðhvarfsgreining á gögnin á hliðstæðan hátt. Niðurstaðan er samkvæmt töflu 5-2.

Tafla 5-2: Niðurstaða úr aðhvarfsgreiningu á gögn líkansins frá 2005.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
Ibúar	1,8638	0,1546	< 2e-16	-6169,8	-756,7	91,9	1107,1	16.746,8
Versl./skrifst.	0,1421	0,0126	< 2e-16					
Annað	0,0286	0,0064	1,4e-05	Staðalvilla: 2522		Dreifni: 6.025.910		R ² : 0,695

Aðhvarfsstuðlarnir eru nánast þeir sömu og í ferðamyndunarjöfnu líkansins; stuðlarnir fyrir íbúa og versl./skrifst. eru þeir sömu þegar horft er á staðalfrávik en stuðullinn fyrir Annað er heldur lægri en verður þó að teljast innan marka.

Einnig var gerð aðhvarfsgreining þar sem fastaþátturinn er frjáls (þ.e. ekki þvingaður í núll). Niðurstaðan úr því er í töflu 5-3.

Tafla 5-3: Niðurstaða úr aðhvarfsgreiningu á gögn 2005 líkansins þar sem fastinn er frjáls.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
(Fasti)	1561	263,20	1,1e-08	-4920,1	-1406,3	-585,8	571,0	15.978,2
Ibúar	1,041	0,200	4,4e-07					
Versl./skrifst.	0,123	0,012	< 2e-16					
Annað	0,013	0,007	0,0482	Staðalvilla: 2355		Dreifni: 5.477.098		R ² : 0,379

Stuðlarnir eru allir tölfræðilega marktækir ($P < 0,05$). Út frá þessu má leiða að 95% öryggisbil fastans er 1042,7-2079,7. Ein þumalfingursregla um hvort óhætt sé að þvinga megi fastann í núll er að innihaldi öryggisbil fastans núll sé það ásættanlegt [18]. Öryggisbil þessa fasta inniheldur hins vegar ekki núll. Einnig vekur athygli að dreifni leifa og staðalvilla er mun lægri í líkaninu með fastanum þrátt fyrir að skýringarhlutfallið (R^2) sé líka mun lægra. Það staðfestir það sem áður hefur verið sagt um R^2 stuðulinn (sjá kafla 3.5.2)

5.2.1 Villur við keyrslur á 2005 líkani

Smávægilegar villur komu upp í keyrslu sem skýrast af því að hér var notuð nýrri útgáfa af TransCAD en notuð var þegar líkanið var sett fram. Villan fólst í því að í nýrri útgáfu forritsins er ekki lengur heimilt að setja AB_Beta/BA_Beta gildin jafnt og núll líkt og

leyfilegt var í eldra útgáfu. Svokölluð alpha og beta gildi eru notuð í BPR³ jöfnuna til að meta þrengsli á götum, og almennt er talað um að beta gildin stjórni seinkun á götum fyrir aðstæður sem eru í kringum eða yfir afkastagetu. Í líkaninu frá 2005 eru þessi gildi sett sem núll fyrir reitategingar sem jafnframt eru með afkastagetuna 99999 bíla. Því voru AB_Beta/BA_Beta gildin sett sem 1,10 líkt og í 2010 líkaninu. Þessi breyting gerði það verkum að líkanið keyrði eðlilega. Þessi breyting hefur smávægileg áhrif á umferðarflæðið en niðurstaða keyrslna er samt í fullu samræmi við skýrsluna.

Metin (kortlögð) umferð fyrir árið 2004

Í skýrslunni er lýst hvernig umferð var kortlögð út frá ferðavenjukönnun og umferðartalningum og búið til metið umferðarfylki. Fyrsta skrefið í þessum keyrslum var að keyra metna umferðarfylkið frá 2005 á gatnanetið til samanburðar. Niðurstaðan úr álagsreikningum fyrir metna (kortlagða umferð) var borin saman við umferðartalningar og er niðurstaða þess samkvæmt töflu 8-1. Þessar niðurstöður eru að mestu í samræmi við skýrsluna frá 2005. Meðaltalsfrávikin fyrir allar götur er reyndar aðeins hærra; 10,2% í stað 8,4%. Hins vegar er frávikin hér fyrir umferðarmeiri götur 7,5%. Hæsta prósentufrávik hér er á Njarðargötu, 139% en var 141% í skýrslunni.

Skilgreind voru fjögur tilfelli fyrir athuganir á 2005 líkaninu, líkt og lýst er í kafla 4.3. Í töflu 5-4 eru tekin saman helstu atriði hvers tilfellis og jafnframt merkt sérstaklega það tilfelli sem kemur best út í hverjum þætti. Það sem kallast hér grunntilfelli er í raun spá grunnárs líkansins, og líkt og sjá má kemur það tilfelli best út í flestum tilvikum. Grunntilfellið skilar lægstu frávikasummunni, sem og lægsta fráviksmeðaltalinu og meðalprósentufrávikinu.

Tafla 5-4: Samanburður tilfella við greiningu á 2005 líkani.

	Tilfelli a1	Tilfelli a2	Tilfelli a3	Tilfelli a4
Reiknaðar ferðir/talning	1,001	1,060	0,960	0,920
Summa frávik	1.672.430	1.773.812	1.705.261	1.755.532
Fráviksmeðaltal	1.885	2.007	1.923	1.979
Fráviksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1.669	1.623	1.562	1.607
Meðaltalsfrávik - Allar götur	45,3%	56,3%	47,7%	47,3%
Mesta frávik	13.893	15.322	13.108	12.965
Mesta prósentufrávik	704%	1185%	682%	727%
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávik	59	67	53	59
Fjöldi gatna yfir 50% frávik	254	293	292	291
Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina				
- Meðaltalsfrávik	25,2%	24,5%	25,3%	26,7%
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	54	58	48	54
- Fjöldi með yfir 50% frávik	50	43	51	53
- Mesta prósentufrávik	91,8%	92,9%	93,2%	93,3%

³ BPR (Bureau of public roads) lýsir sambandi milli ferðatíma og fjölda ökutækja á stærðfræðilegan hátt og er algengasta jafnan sem notuð er í dag til að meta þrengsli á götum [1].

Fjöldi frávíka yfir 50% og mesta prósentufrávik gatna yfir 5000 bíla umferð er jafnframt lægst fyrir grunntilfellið. Hins vegar vekur athygli að tilfelli 2 skilar aðeins í tveimur tilvikum betri niðurstöðu en grunntilfellið þó svo að líkan þess tilfellis (tafla 5-3) skili betri nálgun við talningar heldur en líkan grunntilfellis (tafla 5-2).

Hér eru nánari útskýringar á hverju tilfelli fyrir sig:

Tilfelli a1 – Grunntilfelli

Hér var keyrð spá fyrir grunnár líkansins. Tilgangur með þessu tilfelli var fyrst og fremst sá að fá sömu niðurstöðu og í skýrslunni [1]. Notaður var reiknaður ferðafjöldi (P-A gildi) úr reitaskrá og kostnaðarfylki (impedance fylki) úr 2005 líkaninu við þessa keyrslu.

Niðurstaðan er í góðu samræmi við skýrslu, en þar var meðalprósentufrávik 44,9% fyrir allar götur og 24,1% fyrir götur með umferð >5000 ÁDU í aðra hvort áttina. Fjöldi gatna yfir 50% frávíki er sá sami, fjöldi gatna með yfir 5000 bíla frávik er svipaður (59 hér á móti 50 í skýrslu). Hæstu frávik eru jafnframt nánast þau sömu.

Samanburð við umferðartalningar má sjá í töflu 8-2. í viðauka A.

Tilfelli a2 – ferðamyndunarjafna með fasta

Núverandi ferðamyndunarjafna er leidd út með aðhvarfsgreiningu. Ákveðið var að leiða út nýja jöfnu sem innihéldi fastaþátt því orka þótti tvímælis stærðfræðilega séð að setja fastaþáttinn í aðhvarfsjöfnunni jafnt og núll. Niðurstaðan úr því er í töflu 5-3 og gefur þetta ferðamyndunarjöfnuna

$$Ferðir = 1561 + 1,04*ÍBÚAR + 0,12*VERSL/SKRI + 0,013*ANNAD$$

og var hún notuð til að reikna út ferðamyndunina. Niðurstaða álagsreikninga var borin saman við umferðartalningar líkt og fram kemur í töflu 8-3.

Þegar tilfelli a1 og a2 eru borin saman má sjá að tilfelli a2 kemur verr út í öllum þáttum. Það er athyglisvert að þótt líkanið falli tölfræðilega betur að gögnunum með tilliti til leifa þá verður frávik frá talningum engu að síður hærra. Það bendir til að skipulagstölurnar endurspegli ekki ferðamyndunina nægilega vel. Því var ákveðið að fjölga flokkum og nota alla gjaldflokkan fjóra.

Tilfelli a3 – allir gjaldflokkar og tómunum reitum sleppt

Hér voru notaðir allir gjaldflokkar skv. skipulagstölum frá 2004. Í tilfelli 2 voru nokkrir allstórir einfatar og ákveðið var að fjarlægja þá og meðhöndla sérstaklega. Auk þess segir [18] að æskilegt sé að sleppa tómunum þegar aðhvarfsgreining er gerð. Hér var þremur stærstu einförum sleppt, en það eru reitir 79, 54 og 215, auk þess sem tómu reitunum var líka sleppt.

Gerð var ný ferðamyndunarjafna fyrir þetta tilfelli samkvæmt töflu 8-4 og er hún

$$Ferðir = 1,68*ÍBÚAR + 0,12*VERSL/SKRI + 0,02*ÍÐNAÐUR + 0,03*VÖRUGEY + 0,07*SÉRHÆFT$$

Niðurstaða álagsreikninga er borin saman við umferðartalningar samkvæmt töflu 8-5.

Við samanburð kom í ljós að það hafði sáralítill áhrif hér að sleppa tómu reitunum. Einfararnir hafa ráðandi áhrif. Því var ákveðið að endurgera tilfelli 3 með öllum gögnum.

Tilfelli a4 – allir gjaldflokkar og öll gögn

Öll gögn notuð, þ.e. einfarar og tómir reitir hafðir með, og gerð ný ferðamyndunarjafna án fasta skv. töflu 8-6

$$1,85*ÍBÚAR + 0,14*VERSL/SKRI + 0,03*ÍÐNAÐUR + 0,03*VÖRUGEY + 0,03*SÉRHÆFT$$

og niðurstaða álagsreikninga var borin við umferðartalningar samkvæmt töflu 8-7.

5.3 Greining á 2010 líkan

Þær aðferðir sem beitt var í kafla 5.2 sýndu sig vera í góðu samræmi við skýrslur [1] og [2]. Því var hafist handa við keyrslur með 2010 líkaninu enda var það spáhluti þess líkans sem ætlunin var að bæta.

5.3.1 Helstu niðurstöður

Í töflu 5-7 eru teknar saman helstu niðurstöður allra líkankeyrsla, en í viðauka B er að finna nánari lýsingu á hverju tilfelli fyrir sig. Í töflunni eru merkt þau tilfelli sem annars vegar koma best út í hverjum þeirra þátta sem skoðaðir voru, og hins vegar þau sem komu verst út. Þannig sést fljótt að tilfelli 5-1 kemur best út og tilfelli 6-1 verst. Önnur áhugaverð niðurstaða er að tilfelli 1, sem er keyrt út frá sömu forsendum og spá líkansins fyrir grunnárið 2010, skilar ekki í neinu tilviki bestu niðurstöðu. Auk þess má sjá að það skilar hæsta prósentufrávikinu fyrir götur með yfir 5000 bíla umferð.

Tafla 5-5: Samantekt niðurstaðna úr greiningunum á 2010 líkaninu.

	Tilfelli 1	Tilfelli 2	Tilfelli 3	Tilfelli 4-1	Tilfelli 4-2	Tilfelli 4-3	Tilfelli 4-4	Tilfelli 5-1	Tilfelli 5-2	Tilfelli 5-3	Tilfelli 6-1	Tilfelli 6-2
Summa frávika	2.279.946	2.236.565	2.219.783	2.268.614	2.255.284	2.243.875	2.273.851	2.130.287	2.146.411	2.192.876	3.852.886	2.534.384
Frávíkismeðaltal	1785	1751	1738	2647	1766	1757	1781	1672	2887	2751	6201	6150
Frávíkismeðaltal - kvaðratróttarvegið	1431,4	1401	1393	1406	1397	1383	1417	1341	1333	1363	2317	1540
Meðalprósentsfrávik - Allar götur	48,9%	48,0%	47,5%	46,2%	53,2%	45,9%	53,9%	46,5%	49,4%	45,9%	73,2%	51,1%
Mesta frávik	9914	8769	9159	12.389	10.790	12.202	11.248	10.068	10.121	11.870	34.016	17.719
Mesta prósentsfrávik	570%	588%	567%	545%	1537%	555%	1536%	694%	1079%	542%	2017%	632%
Götur yfir 5000 bíla frávik	74	75	71	67	72	65	73	56	62	58	227	93
Götur yfir 50% frávik	398	390	386	410	404	386	410	371	373	380	657	454
Götur ÁDU >5000 í aðra hvora átt												
- Meðaltalsfrávik	26,0%	25,4%	25,3%	25,8%	26,2%	25,7%	26,4%	24,7%	24,9%	25,1%	42,1%	28,4%
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	55	55	53	59	58	55	58	39	54	48	175	70
- Fjöldi með yfir 50% frávik	56	56	54	62	69	56	66	51	57	56	175	84
- Mesta prósentsfrávik	432%	403%	399%	379%	383%	347%	404%	311%	317%	324%	327%	364%

Besta tilfelli

Versta tilfelli

5.3.2 Nánari umfjöllun um einstök tilfelli

Hér verður fjallað stuttlega um einstök tilfelli greiningar á 2010 líkaninu.

Tilfelli 1 – Grunntilfelli

Hér var notaður reiknaður ferðafjöldi (P-A gildi) úr reitaskrá 2010 líkansins, og er þetta tilfelli fyrst og fremst til samanburðar, enda er það sambærilegt við spá grunnárs líkansins. Niðurstaðan úr þessari keyrslu er samkvæmt töflu 8-8.

Tilfelli 2 – „Ný“ gögn flokkuð eftir gjaldflokkum

Ný atvinnuhúsnaðisgögn úr mannvirkjaskrá, þ.e. þau gögn sem fengust fyrir þessa rannsókn, eru hér notuð í stað gagna úr reitaskrá líkansins. Flokkun gagnanna er hins vegar samkvæmt gjaldflokkum eins og gert hefur verið í líkaninu fram að þessu. Tilgangurinn var m.a. að leggja mat á gæði nýju gagnanna og til samanburðar. Notuð var núverandi ferðamyndunarjafna til að reikna út ferðamyndun. Niðurstaðan úr þeirri keyrslu er í töflu 8-9.

Tilfelli 3 – eldri flokkun byggð á notkunarflokkum

Hér eru „nýju“ gögnin úr mannvirkjaskrá notuð en búin til, út frá notkunarflokkunum, flokkun samkvæmt eldri gjaldflokkaskiptingunni. Húsnaði með skráða notkun *verslun* og *skrifstofa* var sett saman í flokkinn *versl./skrifst.* og annað húsnaði sameinað í flokkinn *Annað*, sbr. töflu

Tafla 5-6: Samanburður á heildarmagni atvinnuhúsnaðis m.v. nýja og eldri flokkun.

	Ný gögn (skv. notkunarflokkum) [m ²]	Gögn í líkani 2010 [m ²]
Versl./skrifst.	1.921.294	2.143.636
Annað	4.381.890	4.334.490
Samtals	6.303.184	6.478.126

Notuð var núverandi ferðamyndunarjafna til að reikna út ferðamyndun. Niðurstaða álagsreikninga var borin saman við umferðartalningar og eru niðurstöður þess settar fram í töflu 8-10.

Þetta tilfelli kemur í öllum þáttum örlítið betur út en grunntilfellið og þó er það eina sem hefur breyst að notuð eru gögn flokkuð eftir notkunarflokkum í stað gjaldflokka. Með því að endurgera aðhvarfsgreininguna er líklegt að lækka megi frávik enn frekar.

Tilfelli 4-1 – Aðhvarfsgreining endurgerð á upprunaleg gögn

Í þessu tilfelli eru notuð gögn samkvæmt reitaskrá, þ.e. upprunaleg gögn 2010 líkansins. Leidd var út ný ferðamyndunarjafna (tafla 8-11) sem var á forminu

$$Ferðir = 1,91*ÍBÚAR + 0,11*VERSL/SKRI + 0,03*ANNAÐ$$

Niðurstaða samanburðar við talningar er samkvæmt töflu 8-12.

Tilfelli 4-2 – tilfelli 4-1 endurgert með jöfnu sem inniheldur fasta

Hér var tilfelli 4-1 endurgert með ferðamyndunarjöfnu sem inniheldur fastaþátt. Gerð var aðhvarfsgreining samkvæmt töflu 8-13 sem gefur jöfnuna

$$Ferðir = 617 + 1.54*ÍBÚAR + 0.10*VERSL/SKRIFST + 0.02*ANNAÐ$$

Niðurstaða samanburðar við umferðartalningar er samkvæmt töflu 8-14.

Tilfelli 4-3 – aðhvarfsgreining gerð á „ný“ gögn

Hér eru notuð gögnin samkvæmt notkunarflokkum. Líkt og í tilfelli 3 er búin til tveggja flokka skipting út frá notkunarflokkum til að fá samræmi við núverandi ferðamyndunarjöfnu. Gerð var aðhvarfsgreining á þessi gögn (tafla 8-15) sem gaf ferðamyndunarjöfnuna

$$Ferðir = 1,92*ÍBÚAR + 0,12*VERSL/SKRI + 0,03*ANNAÐ$$

Niðurstöður samanburðar við umferðartalningar eru samkvæmt töflu 8-16.

Tilfelli 4-4 – tilfelli 4-3 endurgert með jöfnu sem inniheldur fasta

Hér er tilfelli 4-3 endurgert með ferðamyndunarjöfnu sem inniheldur fastaþátt. Gerð var aðhvarfsgreining (tafla 8-17) sem gaf jöfnuna

$$Ferðir = 601 + 1,56*ÍBÚAR + 0,11*VERSL/SKRI + 0,02*ANNAÐ$$

og niðurstöður samanburðar við umferðartalningar eru samkvæmt töflu 8-18.

Tilfelli 5-1 – Ný flokkun eftir notkun atvinnuhúsnaðis

Hér var ætlunin að finna ferðamyndunarjöfnu sem gæfi besta nálgun við notkunarflokka atvinnuhúsnaðis. Byrjað var með 10 stærstu atvinnuhúsnaðisflokkana og fundin með þrepaskiptri aðhvarfsgreiningu sú jafna sem féll best að gögnunum. Niðurstaðan var að eftirfarandi flokkar gáfu bestu nálgun við gögnin; Íbúar, Verslun, Skrifstofa, Sjúkrahús og Annað (tafla 8-19). Þetta gaf ferðamyndunarjöfnuna

$$FERÐIR = 545 + 1,6*ÍBÚAR + 0,08*Verslun + 0,16*SKRIFSTOFA + 0,17*SJÚKRAHÚS + 0,016*ANNAÐ$$

og niðurstöður samanburðar við umferðartalningar eru samkvæmt töflu 8-20.

Þetta tilfelli féll best að gögnum og gaf bestu nálgun við talningar. Hins vegar eru frávik ennþá veruleg og því rétt að útvíkka aðhvarfsgreininguna.

Tilfelli 5-2

Í ljósi þess að frávik voru enn töluverð var ákveðið að skoða fleiri flokka. Tilfelli 5-1 gaf bestu línulegu nálgunin fyrir 10 stærstu flokkana. Því var ákveðið að skoða 10-20 stærstu flokkana. Beitt var sömu aðferð og í tilfelli 5-1, byrjað með 20 stærstu flokkana og fundin með þrepaskiptri aðhvarfsgreiningu besta línulega nálgun við gögnin. Niðurstaða aðhvarfsgreiningar er skv. töflu 8-21 og gefur ferðamyndunarjöfnuna

$$Ferðir = 670 + 1,45*ÍBÚAR + 0,08*VERSL + 0,15*SKRI + 0,17*SJUKRA + 0,81*KIRKJA + 0,01*ANNAÐ$$

Niðurstöður fyrir samanburð við umferðartalningar er samkvæmt töflu 8-22.

Tilfelli 5-3

Til samræmis var líka skilgreint endurgert tilfelli 5-2 þar sem fastinn er þvingaður í núll. Niðurstaða aðhvarfsgreiningar (tafla 8-23) gaf ferðamyndunarjöfnuna

$$Ferðir = 1,84*ÍBÚAR + 0,16*SKRIFST + 0,10*VERSL + 0,9*KIRKJA + 0,18*SJÚKRAHUS + 0,02*ANNAÐ$$

og er niðurstaða samanburðar við umferðartalningar samkvæmt töflu 8-24.

Tilfelli 6-1 – Ferðamyndun skipt í myndaðar og aðregnar ferðir

Ákveðið var að skipta ferðamynduninni upp í tvö skref; í myndaðar ferðir og aðregnar ferðir. Til að ákvarða myndaðar ferðir var skilgreindur fasti á íbúana út frá kortlagðri umferð; 4,16 ferðir pr. íbúa. Fyrir aðregnu ferðirnar var gerð aðhvarfsgreining skipulagstölurnar. Byrjað var með 10 stærstu flokkana og fundin með þrepaskiptri aðferð sú jafna sem féll best að gögnum.

Hér er ferðamyndunin reiknuð út í tvennu lagi:

$$Myndaðar ferðir = 4,16 * ÍBÚAR$$

$$Aðregnar ferðir = 0,09*VERSLUN + 0,16*SKRIFSTOFA + 0,15*SKOLI + 0,17*SJÚKRAHÚS + 2,36*LEIKSKÓLI + 0,04*ANNAÐ$$

Niðurstöður samanburðar við umferðartalningar er samkvæmt töflu 8-25.

Þetta tilfelli verður að skoðast sem tilraun en það er varla samanburðarhæft við hin tilfelli vegna mikilla frávíka. Það sýnir hins vegar að til að raunhæft sé að skipta ferðamynduninni upp er nauðsynlegt að hafa meiri upplýsingar um heimilin og íbúana.

Tilfelli 6-2

Þar sem tilfelli 6-1 skilaði svo miklum frávikum var ákveðið að prófa að nota fjölda myndaðra ferða úr metna ferðafylkinu og aðregnu ferðirnar úr tilfelli 6-1.

Niðurstöður samanburðar við umferðartalningar eru samkvæmt töflu 8-26.

6 Samantekt niðurstaðna og umræður

Þessi kafli inniheldur samantekt á niðurstöðum, umræður um þær og æskileg næstu skref.

6.1 Helstu niðurstöður

Í þessu verkefni hefur verið fjallað um umferðarspár og skekkjur í slíkum spám og mögulegar leiðir til að minnka þær. Gerð var tilraun með að greina betur skipulagstölurnar sem spárnar byggjast á og bæta flokkun þeirra til að minnka frávik milli spár og umferðartalninga. Rannsóknarspurningu í tveimur liðum var varpað fram:

- a) Er hægt að bæta spár umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins með því að greina frekar skipulagstölurnar sem spárnar byggja á?
- b) Hversu mikið er raunhæft að lækka frávik í spám með greiningu á skipulagsgögnum?

Til að svara þessum spurningum hafa gögn um avinnuhúsnaði verið rýnd og gögn sem byggja á dýpri flokkun en áður hafa verið notuð við umferðarlíkan fengust frá mannvirkjaskrá Þjóðskrár. Fundin voru þau stærðfræðilegu líkön sem best féllu að skipulagsgögnum og gerðar keyrslur með umferðarlíkani á grunni þeirra. Niðurstöður úr keyrslum voru bornar saman við umferðartalningar og fundið það tilfelli sem gaf bestu nálgun við þær.

6.1.1 Er hægt að bæta spár umferðarlíkans höfuðborgarsvæðisins með frekari greiningu á skipulagsgögnum?

Kortlagning umferðar ársins 2010 í umferðarlíkani höfuðborgarsvæðisins (matshluta) skilaði um 8% frávik frá umferðartalningum, sem er mjög góður árangur. Spá líkansins fyrir grunnár (spáhluti) skilaði talsvert hærra frávik, eða um 24% fyrir umferðarmeiri götur. Spáhlutinn byggir á skipulagstölum, þ.e. íbúafjölda og magni atvinnuhúsnaðis. Markmið þessa verkefnis var að bæta spáhluta líkansins með greiningu á skipulagsgögnum þannig frávik frá talningum verði minna.

Sýnt hefur verið fram á að með því að greina gögnin betur og nota notkunarflokkka atvinnuhúsnæðis í stað gjaldflokka má bæta spár líkansins að nokkru leyti. Það tilfelli sem gaf besta niðurstöðu var tilfelli 5-1 þar sem summa frávíka lækkaði um 7% miðað við grunnár, fjölda gatna með yfir 5000 bíla frávíki frá talningum fækkaði um 24% og um 29% fyrir götur með yfir 5000 bíla umferð (ÁDU). Mesta prósentufrávik á götum með yfir 5000 bíla umferð lækkaði jafnframt um 28%. Meðalprósentufrávik lækkaði hins vegar einungis um 5%.

Niðurstaðan er því sú að vel er hægt að bæta spár umferðarlíkansins með frekari greiningu á skipulagsgögnum og það hefur verið gert í þessu verkefni.

6.1.2 Hversu mikið er raunhæft að lækka frávik með greiningu skipulagstalna?

Þegar gögn um atvinnuhúsnæði eru skoðuð eftir reitaskiptingu höfuðborgarsvæðisins kemur í ljós að dreifingin er mjög breytileg. Ef skoðuð er sú flokkun sem nú er notuð í umferðarlíkaninu (*versl./skrifst.* og *annað*) má sjá að gildin í *versl./skrifst.* dreifast frá núll og upp í rúmlega 100 þúsund, meðaltalið er um 6500 en staðalfrávik tæp 14 þús. Flokkurinn *annað* dreifist enn meira eða frá núll og upp í 200 þús., meðaltalið er tæp 14 þús. en staðalfrávik um 23 þús. Dreifni þessara gagna er mjög mikil og hæpið að fella línulegt líkan að þeim nema með miklum leifum líkt og sýnt hefur verið fram á.

Þegar spurt er hversu mikið lækka má frávik skiptir öllu máli hvaða mælistika er höfð til grundvallar. Ákveðin venja hefur skapast fyrir því að horfa fyrst og fremst á meðalprósentufrávik frá talningum. Meðalprósentufrávik er hins vegar ekki heppilegur mælikvarði til samanburðar því fáfarnar götur geta framkallað mjög stór frávik þó svo að tölugildi breytingarinnar sé ekki mikið og ekki þarf margar slíkar götur til að hífa upp meðaltalið. Vegna þess hversu mikil dreifni er í skipulagstölunum er óhjákvæmilegt að alltaf verði einhver fjöldi mjög stórra frávíka sem draga meðaltalið upp. Heppilegri mælikvarði er t.d. kvaðratrótarvegið meðaltal þar sem stóru frávikin fá minna vægi í meðaltalinu. Besta dæmið um þetta er tilfelli 5-2 þar sem meðalfrávik hækkar um 62% en kvaðratrótarvegna meðalfrávik lækkar hins vegar um 7%, fjölda frávíka yfir 5000 fækkum um 16% og summa frávíkana lækkar um 6%. Þarna eru nokkur stór frávik sem hækka meðalprósentufrávik um tugi prósentu.

Sýnt hefur verið fram á að hægt er að ná mun betri nálgun við umferðartalningar. Hægt var að fækka götum með yfir 5000 bíla frávik um allt að 29% og lækka mesta prósentufrávik um 28%.

6.1.3 Aðrar markverðar niðurstöður

Við greiningu á skipulagstölum kom í ljós ákveðið misræmi í gögnum úr mannvirkjaskrá. Þannig getur húsnæði í tilteknum gjaldflokki verið skráð með allt

aðra notkun. Í gjaldflokki *verslunar- og skrifstofuhúsnæðis* er einungis 82% húsnæðisins skráð með notkunina *verslun* eða *skrifstofa*. 3% húsnæðisins er með notkunina *iðnaður* og önnur 3% *vörugeymsla*. Í gjaldflokknum *iðnaðarhúsnæði* eru 77% húsnæðisins skráð með notkunina *iðnaður*, 5% með notkunina *verslun*. Hvað ræður þessu misræmi er rannsóknarefni í sjálfu sér. Gjaldflokkarnir eru notaðir af Þjóðskrá við álagningu fasteignamats en notkunarflokkarnir koma frá byggingafulltrúum sveitarfélagana og eru notaðir í skattalegum tilgangi. Hvort einhverjir sjái sér hag í því að skrá t.d. verslunarhúsnæði sem iðnaðarhúsnæði til að borga lægri gjöld skal ósagt látið, en um verðugt rannsóknarefni er engu að síður að ræða.

Önnur markverð niðurstaða er að ferðamyndunarjafna sem inniheldur fastabátt skilar bestri niðurstöðu. Þær ferðamyndunarjöfnur sem áður hafa verið notaðar í umferðarlíkönunum hér á landi hafa ekki innihaldið fasta, þ.e.a.s. fastinn er þvingaður í núll í aðhvarfsgreiningunni. Út frá tölfræði þarf þetta ekki að koma á óvart því eins og sýnt hefur verið fram á verða leifar líkansins mun stærri ef fastinn er þvingaður um núllpunkt.

6.2 Ályktanir

Sýnt hefur verið fram á að notkunarflokkar atvinnuhúsnæðis gefa betri nálgun við ferðamyndun á höfuðborgarsvæðinu heldur en gjaldflokkarnir. Jafnframt var haft eftir starfsmanni Þjóðskrár í óformlegu svari að hann teldi, eftir að hafa skoðað málið, að notkunarflokkarnir væru réttari en gjaldflokkarnir, í það minnsta fyrir þessa notkun.

Þótt ekkert annað væri gert en taka inn í líkanið skipulagstölur byggðar á notkunarflokkum og engu öðru breytt – sama ferðamyndunarjafnan notuð og sama skiptingin (*versl./skrifst.* og *annað*) – fæst samt bæting á öllum þeim þáttum sem skoðaðir voru. Mesta frávik lækkar um 8% sem og mesta prósentufrávik fyrir götur með yfir 5000 bíla umferð. Fráviksmeðaltalið lækkar um 3%. Ef hins vegar væri notuð ferðamyndunarjafnan sem leidd er út í tilfelli 5-1 næst veruleg bæting, stórum frávikum fækkar verulega ásamt því að stærsta frávik lækkar umtalsvert.

Í upphafi var sett fram markmið um að ná meðalfrávikum spáhluta umferðarlíkansins niður fyrir 15%. Þó að þetta markmið hafi ekki gengið eftir þýðir það samt ekki að árangurinn af verkefninu sé rýr. Þvert á móti er árangurinn af verkefninu góður, og ef litið er til þess að unnið er með alvöru umferðarlíkan sem hefur verið í notkun í meira en átta ár er ljóst að árangurinn er verulega góður með tilliti til þeirrar bætingar sem næst fram. Upphaflegt markmið rannsóknar var því ef til vill ekki nægjanlega vel ígrundað því að rannsóknin leiddi í ljós að meðalprósentufrávik eitt og sér er óheppilegur mælikvarði til samanburðar spátílfella. Til að útskýra það lítilla segir meðalprósentufrávik í raun að 50% frávik á götu með mjög litla umferð sé jafnslæmt og 50% frávik á umferðarmikilli götu, sem er beinlínis rangt.

Sú aðferðafræði sem umferðarlíkanið byggir á, þ.e. fjögurra þrepa líkanið, er ekki gallalaus. Aðferðin er skilgreind með það fyrir augum að spá fyrir um umferðarmagn með því að ákvarða samband milli ferðafjölda og félagshagfræðilegra breyta. Þannig er grunneiningin í svona líkani ferð milli tveggja staða. Þessi aðferðafræði útskýrir því ekki hegðun fólks. Fjögurra þrepa líkanið getur ekki útskýrt hvað liggur að baki ferðahegðun; hvers vegna einhver taki ákvörðun um að fara í tiltekna ferð til að uppfylla einhverjar þarfir eða njóta samneytis við fólk, í stað þess að ferðin sé bara fall af skipulagstölum.

Til er önnur aðferðafræði til líkangerðar sem kallast *the Activity-based Approach* eða *Activity Modelling* og mætti í slæmri þýðingu kalla athafnanálgun eða athafnalíkön. Lykilatriðið í þeirri aðferðafræði er að ferðahegðun sé stýrt af ákveðnum athöfnum (e. activities) sem mynda ramma um þátttöku einstaklingsins í samfélaginu. Ferðahegðun verði því ekki greind á grunni einstakra ferða [17]. Talsverð þróun hefur átt sér stað síðustu ár á þessu sviði og kröfur um líkön sem geta að einhverju leyti tekið tillit til athafna og hegðunarmynsturs verða æ háværar. Líkön af þessu tagi eru hins vegar mjög dýr, þau kalla á mun meiri og ítarlegri gögn en hefðbundin umferðarlíkön og krefjast mikils reikniafls. Þar að auki, og það sem er sennilega mikilvægasta atriðið, hafa athafnalíkön sjaldnast skilað niðurstöðum sambærilegum við hefðbundin umferðarlíkön.

Ljóst er að heilmikil tækifæri liggja í því að rannsaka og bæta þá aðferðafræði sem beitt er í hefðbundnum umferðarlíkönnum. Meðan svo er væri óvarlegt að vanda kvæði sínu í kross og taka upp nýja aðferðafræði í ætt við athafnalíkön.

6.3 Frekari rannsóknir

Sýnt hefur verið að ávinningur af greiningu skipulagstalna er umtalsverður. Í þessu verkefni hefur fyrst og fremst verið horft á línuleg líkön, þ.e. að fella skipulagstölurnar að línulegu líkani. Gögnin eru hins vegar þess eðlis, og dreifni þeirra það mikil, að þau falla ekki nægjanlega vel að slíku líkani. Líklegt má hins vegar telja að enn frekari árangur náist með því að beita ólínulegum aðferðum til að nálgast samband umferðar og skipulagstalna. Það ætti að verða næsta skref þessarar rannsóknar.

Annað sem liggur beint við að rannsaka eru áhrif þess að skipta ferðum upp eftir mismunandi tilgangi. Í dag gerir líkanið aðeins ráð fyrir einni tegund ferða, þ.e. ferðum milli heimilis og vinnustaðar. Það er frekar gróf einföldun á raunveruleikanum, en var á sínum tíma talin ásættanleg nálgun þar sem um sólarhingslíkan er að ræða. Ferðir eru mjög ólíkar í eðli sínu og lúta mismunandi lögmálum eftir tegundum. Til dæmis er ferðir til og frá vinnu jafnan farnar á annatímum meðan tómstundaferðir eru yfirleitt farnar utan annatíma, s.s. á kvöldin eða um helgar. Samkvæmt ferðavenjukönnun [24] sem gerð var í október 2011 skiptist heildarfjöldi ferða eftir tegundum á eftirfarandi hátt, samkvæmt töflu 6-1.

Tafla 6-1: Hlutdeild mismunandi ferðategunda í heildarferðafjölda samkvæmt ferðavenjukönnun [24].

Fara heim	32%
Fara í vinnu	21%
Fara í afþreyingu, íþróttir, heimsóknir	13%
Fara í verslun	10%
Sinna öðrum erindum, til dæmis fara í banka	8%
Keyra/sækja barn í skóla/leikskóla/til dagmömmu	7%
Skutla/sækja farþega	6%
Fara í skóla	4%
Annar	0%

Ferðir til vinnu og skóla eru þannig um 25% af heildarferðafjölda. Ef teknar eru með ferðir þar sem barn er keyrt í skóla/leikskóla er fjöldinn á pari við heimferðirnar, og samtals eru þetta um 63% ferða. Þannig eru um 37% aðrar ferðir, afþreying, verslun o.fl. Það verður því að teljast mjög líklegt að frekari greining á ferðamyndun eftir mismunandi ferðatilgangi skili bættri nálgun við umferðartalningar.

Annað atriði sem er mjög mikilvægt en hefur þó ekki verið nefnt áður í þessu verkefni, er að nota fjöldi starfa í stað fermetra atvinnuhúsnæðis við útreikning ferðamyndunar. Gerð var úttekt á þessu af VSÓ Ráðgjöf árið 2008 [25] en þar kom m.a. fram að margsýnt er að fjöldi starfa gefur betri mynd af ferðamyndun en fermetrar atvinnuhúsnæðis. Þessar upplýsingar eru ekki til í dag, yfirleitt eru starfsstöð skráð þar sem launadeild viðkomandi fyrirtækis er staðsett. Þannig eru t.d. allir ríkisstarfsmenn skráðir við Sölvhóls götu og allir starfsmenn Arion banka skráðir í Borgartúni. Vænlegast væri að safna þessum upplýsingum gegnum skattkerfið og hugsanlega þarf einhverjar lagabreytingar til að gera það mögulegt. Nauðsynlegt er að fylgja þessu máli eftir og það tekur tíma að koma þessu á þótt útfærslan sé í raun einföld.

6.4 Að lokum

Í þessu verkefni hefur augum verið beint að umferðarlíkönun og umferðarspám. Ýmsir skekkjuvaldar eru í slíkum spám og reynt hefur verið að benda á þá helstu. Megintilgangur verkefnisins er að leitað leiða til að draga úr skekkjum af völdum skipulagstalna, en þær eru stór skekkjuvaldur í umferðarlíkönun. Niðurstaða verkefnis er mjög góð þar sem hægt var að draga úr skekkjum, auk þess sem lagðar eru til breytingar á vinnubrögðum sem með lítilli fyrirhöfn og engum tilkostnaði munu strax skila bætum niðurstöðum. Það er því von og ósk höfundar að þetta verkefni megi verða til gagns og þannig agnarlítið lóð á vogarskálar betri og skilvirkari umferðarspáa.

7 Heimildir

- [1] VSÓ Ráðgjöf, „Nýtt umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins,“ Rannsóknarverkefni fyrir Vegagerðina 2005, feb. 2006.
- [2] VSÓ Ráðgjöf, „Nýtt umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins - framhaldsverkefni,“ Rannsóknarverkefni fyrir Vegagerðina 2006, apríl 2007.
- [3] C. J. Rodier and R. A. Johnston, „Uncertain socioeconomic projections used in travel demand and emissions models: could plausible errors result in air quality nonconformity?,“ *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 36, no. 7, pp. 613–631, Aug. 2002.
- [4] G. de Jong, A. Daly, M. Pieters, S. Miller, R. Plasmeijer, and F. Hofman, „Uncertainty in traffic forecasts: literature review and new results for The Netherlands,“ *Transportation*, vol. 34, no. 4, pp. 375–395, Jul. 2007.
- [5] Z. Yong and K. M. Kockelman, „The propagation of uncertainty through travel demand models: An exploratory analysis,“ *Annals Of Regional Science*, vol. 36, no. 1, pp. 145–163, 2002.
- [6] Haraldur Sigurðsson, „Um ferðamáta á höfuðborgarsvæðinu - Úrvinnsla og túlkun á ferðavenjum.“ Borgarfræðasetur Háskóla Íslands og Reykjavíkurborgar, 2004.
- [7] VSÓ Ráðgjöf, „Spálíkan suðvestursvæðis,“ Rannsóknarverkefni fyrir Vegagerðina 2008, mars 2009.
- [8] VSÓ Ráðgjöf, „Háannatímalíkan - Útreikningar fyrir árið 2007 - Framtíðarspá,“ Rannsóknarverkefni fyrir Vegagerðina 2009, sept. 2009.
- [9] Reykjavíkurborg, „Umferðarspá 2030 - Aðalskipulag Reykjavíkur 2010-2030, helstu forsendur umferðarreikninga,“ maí 2012.
- [10] „Aðalskipulag Reykjavíkur 1962-1983,“ Reykjavíkurborg, 1966.
- [11] Ásdís Hlökk Theodórsdóttir, Salvör Jónsdóttir, Davíð Þór Guðmundsson, and Grétar Mar Hreggviðsson, „Veðjað á vöxt - byggðapróun á stór-höfuðborgarsvæðinu.“ 2011
- [12] P. Parthasarathi and D. Levinson, „Post-construction evaluation of traffic forecast accuracy,“ *Transport Policy*, vol. 17, no. 6, pp. 428–443, November 2010.
- [13] B. Flyvbjerg, M. K. S. Holm, and S. L. Buhl, „How (In)accurate are Demand Forecasts in Public Works Projects? The Case of Transportation,“ *Journal of the American Planning Association*, vol. 71, no. 2, 2005.

- [14] I. O. T. Engineers, *Traffic Engineering Handbook*. General Books, 2010.
- [15] J. de D. Ortúzar and L. G. Willumsen, *Modelling transport*, 3. ed. John Wiley and Sons, 2001.
- [16] T. Litman, „Introduction to Multi-Modal Transportation Planning.“ Victoria Transport Policy Institute, 15 Apr. 2011.
- [17] D. A. Hensher and K. J. Button, *Handbook of Transport Modelling*. Emerald Group Publishing, 2000.
- [18] *Travel Demand Modelling with TransCAD 5.0*. Caliper Corporation, 2008.
- [19] P. Næss, M. S. Nicolaisen, and A. Strand, „Traffic forecasts ignoring induced demand: a shaky fundament for cost-benefit analyses.“
- [20] M. K. Skamris and B. Flyvbjerg, „Inaccuracy of traffic forecasts and cost estimates on large transport projects,“ *Transport Policy*, vol. 4, no. 3, pp. 141–146, July 1997.
- [21] J. J. Faraway, *Practical Regression and ANOVA using R*. 2002.
- [22] R. E. Walpole, R. Myers, and S. L. Myers, *Probability & statistics for engineers & scientists*. Pearson Prentice Hall, 2006.
- [23] Sólveig Kristín Sigurðardóttir, Þjóðskrá Íslands, „Spurning um atvinnuhúsnæðisgögn - tölvupóstur,“ 29. feb. 2012.
- [24] Capacent Gallup, „Ferðir íbúa höfuðborgarsvæðisins - Heildarskýrsla október-desember 2011,“ des. 2011.
- [25] VSÓ Ráðgjöf, „Störf inn í umferðarlíkan höfuðborgarsvæðisins,“ Rannsóknarverkefni fyrir Vegagerðina 2008, jan. 2008.

8 Viðaukar

A Niðurstöður úr athugun á 2005 líkani

A.1 Metin umferð

Tafla 8-1: Samanburður metinnar umferðar við umferðartalningar.

Reiknað heildarumferðarflæði	6.243.275
Summa talninga	6.106.808
Flæði/talning	1,02
Summa frávíka	491.992
Frávíksmeðaltal	555
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	469
Meðaltalsfrávik - Allar götur	10,2%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	7,5%
Mesta frávik	
- Suðurlandsbraut	4994 bílar (55% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Njarðargata	139% (4787 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	0
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	18
Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í hvora átt	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	0
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	3
- Mesta prósentufrávik	71,6% (Réttarholtsvegur)

Þessar niðurstöður eru að mestu í samræmi í skýrsluna frá 2005. Meðaltalsfrávikðið fyrir allar götur er reyndar aðeins hærra; 10,2% í stað 8,4%. Hins vegar er frávikðið hér fyrir umferðarmeiri götur 7,5%. Hæsta prósentufrávik hér er á Njarðargötu 139% en var 141% í skýrslunni.

A.2 Tilfelli a1 - Grunntilfelli

Tafla 8-2: Grunntilfelli - samanburður við umferðartalningar.

Reiknað heildarumferðarflæði	6.112.536
Summa talninga	6.106.808
Flæði/talning	1,001
Summa frávíka	1.672.430
Frávíksmeðaltal	1885
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1669
Meðaltalsfrávik - Allar götur	45,3%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	25,2%
Mesta frávik	
- Miklabraut	13.893 bílar (62% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Vættaborgir	704% (2420 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	59
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	254
Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í hvora átt	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	54
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	50
- Mesta prósentufrávik	91,8%

A.3 Tilfelli a2 - Ferðamyndunarjafna með fasta

Leidd var út ný ferðamyndunarjafna fyrir þetta tilfelli og er niðurstaðan úr því samkvæmt töflu 5-3 og gefur það jöfnuna

$$FERÐIR = 1561 + 1,04*ÍBÚAR + 0,12*VERSL/SKRI + 0,013*ANNAÐ$$

og var hún notuð til að reikna út ferðamyndunina og gerðir álagsreikningar. Niðurstaða álagsreikningana var borin við umferðartalningar líkt og fram kemur í töflu 8-3.

Tafla 8-3: Tílfelli a2 - samanburður við umferðartalningar.

Reiknað heildarumferðarflæði	6.492.837
Summa talninga	6.106.808
Flæði/talning	1,06
Summa frávíka	1.773.812
Frávíksmeðaltal	2007
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1623
Meðaltalsfrávik - Allar götur	56,3%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	24,5%
<i>Mesta frávik</i>	
- Miklabraut	15.322 bílar (69% frávik)
<i>Mesta prósentufrávik</i>	
- Úlfarsfellsvegur	1185% (1963 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	67
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	293
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í hvora átt</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávíki	58
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	43
- Mesta prósentufrávik	92,9% (Kringlumýrabraut)

A.4 Tilfelli a3 – allir gjaldflokkar og tómunum reitum sleppt

Tafla 8-4: Niðurstaða afhvarfsgreiningar fyrir tilfelli a3.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
Ibúar	1,683	0,141	< 2e-	-	-	62,2	1064,2	7714,2
Versl./Skrifst.	0,1198	0,011	< 2e-					
Iðnaður	0,0205	0,010	0,0442					
Vörugeymsl.	0,0346	0,015	0,0254					
Sérhæft húsn.	0,0688	0,012	4,4e-					
				Staðalvilla:		Dreifni:		R ² :

Niðurstaða aðhvarfsgreiningarinnar er samkvæmt töflu 8-4. Líkt og sjá má eru allir stuðlarnir tölfræðilega marktækir ($P < 0,05$). Ferðamyndunarjafna fyrir þetta tilvik er því

$$1,68*ÍBÚAR + 0,12*VERSL/SKRI + 0,02*ÍÐNAÐUR + 0,03*VÖRUGEY + 0,07*SÉRHÆFT$$

Niðurstaða álagsreikninga er borin saman við umferðartalningar samkvæmt töflu 8-5.

Tafla 8-5: Niðurstaða álagsreikninga fyrir tilfelli a3.

Reiknað heildarumferðarflæði	5.879.858
Summa talninga	6.106.808
Flæði/talning	0,96
Summa frávíka	1.705.261
Fráviksmeðaltal	1923
Fráviksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1562
Meðaltalsfrávik - Allar götur	47,7%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU > 5000	25,3%
Mesta frávik	
- Miklabraut	13.108 bílar (59% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Vættaborgir	682% (2345 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávik	53
Fjöldi gatna yfir 50% frávik	292
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	48
- Fjöldi með yfir 50% frávik	51
- Mesta prósentufrávik	93,2% (Reykjanesbraut)

A.5 Tilfelli a4 – allir gjaldflokkar og öll gögn

Leidd var út ný ferðamyndunarjafna samkvæmt töflu 8-6.

Tafla 8-6: Niðurstaða aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli a4.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
Ibuar	1,854	0,161	< 2e-	-6139,4	-768,6	87,4	1125,5	16781,1
Versl/skrifst.	0,1426	0,013	< 2e-					
Iðnaður	0,0261	0,012	0,0344					
Vörugeymsl.	0,0289	0,019	0,1220					
Sérhæft	0,0307	0,010	0,0026	Staðalvilla:		Dreifni:		R ² : 0.688

Hér er stuðullinn fyrir vörugeymslur orðin tölfræðilega ómarktækur þar sem (P>0,05). Það var hins vegar ákveðið að láta það standa þannig.

$$\text{Ferðir} = 1,85 * \text{ÍBÚAR} + 0,14 * \text{VERSL/SKRI} + 0,03 * \text{IÐNAÐUR} + 0,03 * \text{VÖRUGEY} + 0,03 * \text{SÉRHÆFT}$$

og niðurstaða álagsreikninga borin saman við talningar samkvæmt töflu 8-7.

Tafla 8-7: Niðurstaða álagsreiknina fyrir tilfelli a4.

Reiknað heildarumferðarflæði	5.627.341
Summa talninga	6.106.808
Flæði/talning	0,92
Summa frávik	1.755.532
Fráviksmeðaltal	1979
Fráviksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1607
Meðaltalsfrávik - Allar götur	47,3%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	26,7%
Mesta frávik	
- Miklabraut	12.965 bílar (43% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Vættaborgir	727% (2500 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávik	59
Fjöldi gatna yfir 50% frávik	291
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	54
- Fjöldi með yfir 50% frávik	53
- Mesta prósentufrávik	93,3% (Reykjanesbraut)

B Niðurstöður greiningar á 2010 líkani.

B.6 Tilfelli 1 – Grunntilfelli

Hér voru notaður ferðafjöldinn (P-A gildin) úr reitaskrá 2010 líkansins, og er þetta fyrst og fremst til samanburðar. Niðurstaðan úr þessari keyrslu er samkæmt töflu 8-8.

Tafla 8-8: Tilfelli 1 - samanburður við umferðartalningar.

Reiknað heildarumferðarflæði	8.074.143
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	1,045
Summa frávíka	2.279.946
Frávíksmeðaltal	1785
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1431,4
Meðaltalsfrávik - Allar götur	48,9%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	26,0%
Mesta frávik	
- Vatnsendahvarf	9914 bílar (203% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Framnesvegur	570% (3099 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	74
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	398
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	55
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	56
- Mesta prósentufrávik	432%
	Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr. norðan R.br.)

B.7 Tilfelli 2 – ný gögn flokkuð eftir gjaldflokkum

Ný atvinnuhúsnaðisgögn úr mannvirkjaskrá notuð í stað gagna í reitaskrá líkansins, og flokkun gagnanna samkvæmt gjaldflokkum eins og gert hefur verið í líkaninu fram að þessu. Notuð var núverandi ferðamyndunarjafna til að reikna út ferðamyndun.

Tafla 8-9: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 2.

Reiknað heildarumferðarflæði	8.004.600
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	1,036
Summa frávíka	2.236.565
Frávíksmeðaltal	1751
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1401
Meðaltalsfrávik - Allar götur	48,0%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	25,4%
Mesta frávik	
- Breiðholtsbraut	8769 bílar (66,3% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Framnesvegur	588% (3198 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	75
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	390
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	55
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	56
- Mesta prósentufrávik	403%
	(Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr.)

B.8 Tilfelli 3 – eldri flokkun byggð á notkunarflokkum

Ný gögn úr mannvirkjaskrá notuð en búin til flokkun samkvæmt eldri gjaldflokkaskiptingu byggð á notkunarflokkunum. Húsnæði með skráða notkun *verslun* og *skrifstofa* var sett saman í flokkinn *versl./skrifst.* og annað húsnæði sameinað í flokkinn *Annað*.

Notuð var núverandi ferðamyndunarjafna til að reikna út ferðamyndun. Niðurstaða álagsreikninga er sem hér segir:

Tafla 8-10: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 3.

Reiknað heildarumferðarflæði	7.934.898
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	1,027
Summa frávíka	2.219.783
Frávíksmeðaltal	1738
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1393
Meðaltalsfrávik - Allar götur	47,5%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	25,3%
Mesta frávik	
- Miklabraut	9159 bílar (30,7% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Framnesvegur	567% (3087 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	71
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	386
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	53
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	54
- Mesta prósentufrávik	399% (4348 bílar)
	Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr.

B.9 Tilfelli 4-1 – Aðhvarfsgreining endurgerð á upprunaleg gögn

Í þessu tilfelli eru notuð gögn samkvæmt reitaskrá, þ.e. upprunaleg gögn 2010 líkansins. Leidd var út ný ferðamyndunarjafna (tafla 8-11.)

Tafla 8-11: Niðurstaða aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 4-1

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
Ibúar	1,907	0,133	< 2e-16	-7489,2	-702,9	-1,3	971,4	12114,0
Versl./skrifst.	0,1099	0,009	< 2e-16					
Annað	0,0268	0,005	< 1,39e-06	Staðalvilla: 2179		Dreifni: 4.638.346		R ² : 0.654

Gaf jöfnuna

$$\text{Ferðir} = 1,91 \cdot \text{ÍBÚAR} + 0,11 \cdot \text{VERSLSKRI} + 0,03 \cdot \text{ANNAÐ}$$

Niðurstaða samanburðar við álagsreikninga er samkvæmt töflu 8-12.

Tafla 8-12: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 4-1.

Reiknað heildarumferðarflæði	7.117.350
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	0,921
Summa frávik	2.268.614
Fráviksmeðaltal	2647
Fráviksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1406
Meðaltalsfrávik - Allar götur	46,2%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	25,8%
Mesta frávik	
- Miklabraut	12.389 bílar (41,5% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Framnesvegur	545% (2963 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávik	67
Fjöldi gatna yfir 50% frávik	410
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	59
- Fjöldi með yfir 50% frávik	62
- Mesta prósentufrávik	379% (4031 bílar)
	Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr.

B.10 Tilfelli 4-2 – tilfelli 4-1 endurgert með fastajöfnu

Hér var tilfelli 4-1 endurgert með ferðamyndunarjöfnu sem inniheldur fastaþátt.

Tafla 8-13: Niðurstaða afhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 4-2.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
(fasti)	616,50	169,40	0,0032	-6580,2	-979,1	-616,5	746,4	11766,8
Ibuar	1,5410	0,165	< 2e-16					
Versl./skrifst.	0,1026	0,008	< 2e-16					
Annað	0,0206	0,006	0,0003	Staðalvilla: 2141		Dreifni: 4.638.346		R ² : 0.432

Gaf jöfnuna

$$\text{Ferðir} = 617 + 1.54 \cdot \text{ÍBÚAR} + 0.10 \cdot \text{VERSLSKRI} + 0.02 \cdot \text{ANNAÐ}$$

Niðurstaða samanburðar við umferðartalningar var samkvæmt töflu 8-14.

Tafla 8-14: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 4-2.

Reiknað heildarumferðarflæði	7.726.852
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	1,000
Summa frávika	2.255.284
Fráviksmeðaltal	1766
Fráviksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1397
Meðaltalsfrávik - Allar götur	53,2%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	26,2%
Mesta frávik	
- Vesturlandsvegur	10.790 bílar (58% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Framnesvegur	1537% (2383 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávik	72
Fjöldi gatna yfir 50% frávik	404
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	58
- Fjöldi með yfir 50% frávik	69
- Mesta prósentufrávik	383% (4367 bílar)
	Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr.

B.11 Tilfelli 4-3 – afhvarfsgreining gerð ný gögn

Gögn samkvæmt notkunarflokkum.

Tafla 8-15: Niðurstöður aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 4-3.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
Íbúar	1,9228	0,133	< 2e-16	-7836,9	-687,9	0,0	958,4	11900,7
Versl./skr	0,1217	0,010	< 2e-16					
Annað	0,0262	0,006	2,0e-06	Staðalvilla: 2172 Dreifni: 4.607.355 R ² : 0.649				

Gefur ferðamyndunarjöfnuna

$$Ferðir = 1,92 * ÍBÚAR + 0,12 * VERSL/SKRI + 0,03 * ANNAÐ$$

Samanburður við umferðartalningar er samkvæmt töflu 8-16.

Tafla 8-16: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 4-3.

Reiknað heildarumferðarflæði	7.232.887
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	0,936
Summa frávíka	2.243.875
Frávíksmeðaltal	1757
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1383
Meðaltalsfrávik - Allar götur	45,9%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	25,7%
Mesta frávik	
- Miklabraut	12.202 bílar (41% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Framnesvegur	555% (3017 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	65
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	386
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	55
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	56
- Mesta prósentufrávik	347% (3782 bílar)
	Rampi Fífuhammsv. - Reykjanesbr.

B.12 Tilfelli 4-4

Gögn samkvæmt notkunarflokkum.

Tafla 8-17: Niðurstöður aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 4-4.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
(fasti)	600,70	163,70	0,0028	-6898,5	-980,5	-600,7	724,1	11589,5
Ibuar	1,565	0,163	< 2e-16					
Versl/Skri	0,1127	0,010	< 2e-16					
Annað	0,0209	0,005	0,0002	Staðalvilla: 2138		Dreifni: 4.517.104		R ² : 0.423

Gefur jöfnuna

$$Ferðir = 601 + 1,56 * \acute{I}B\acute{U}AR + 0,11 * VERSL/SKRI + 0,02 * ANNA\acute{D}$$

Tafla 8-18: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 4-4.

Reiknað heildarumferðarflæði	7.926.239
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	1,026
Summa frávíka	2.273.851
Frávíksmeðaltal	1781
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1417
Meðaltalsfrávik - Allar götur	53,9%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	26,4%
Mesta frávik	
- Vesturlandsvegur	11.248 bílar (61% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Hafravatnsvegur	1536% (2536 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	73
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	410
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	58
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	66
- Mesta prósentufrávik	404% (4400 bílar) Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr.

B.13 Tilfelli 5-1 – Ný flokkun eftir notkun

Fundin ný ferðamyndunarjafna út frá 10 stærstu notkunarflokkunum með þrepaskiptri aðhvarfsgreiningu.

Tafla 8-19: Niðurstöður aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 5-1.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
(Fasti)	544,63	161,656	0,00084	-6749,4	-950,8	-544,6	754,2	11868,5
Ibúar	1,600	0,1589	< 2e-16					
Verslun	0,0825	0,01629	6,69e-07					
Skrifstofa	0,1557	0,01745	< 2e-16					
Sjúkrahús	0,1659	0,03393	1,56e-06					
Annad	0,0157	0,00546	0.0438	Staðalvilla: 2059	Dreifni: 4.189.431	R ² : 0.472		

Stuðlarnir eru allir tölfræðilega marktækir ($P < 0,05$) og líkanið jafnframt marktækt í heild sinni. Þetta gefur ferðamyndunarjöfnuna

$$FERÐIR = 545 + 1,6 \cdot IBÚAR + 0,08 \cdot Verslun + 0,16 \cdot SKRIFSTOFA + 0,17 \cdot SJÚKRAHÚS + 0,016 \cdot ANNAD$$

og samanburður vil talningar er skv. töflu 8-20.

Tafla 8-20: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 5-1.

Reiknað heildarumferðarflæði	7767826
Summa talninga	7728177
Flæði/talning	1,005
Summa frávika	2140171
Fráviksmeðaltal	1672
Fráviksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1341
Meðaltalsfrávik - Allar götur	46,5%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU > 5000	24,7%
Mesta frávik	
- Miklabraut	10068 bílar (33,8% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Heiðmerkursvegur	693,7% (1306 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla fráviki	56
Fjöldi gatna yfir 50% fráviki	371
Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	48
- Fjöldi með yfir 50% frávik	51
- Mesta prósentufrávik	311,3% Stórhöfði

B.14 Tilfelli 5-2

Fundin var með þrepaskiptri aðhvarfsgreiningu besta línulega nálgun við gögnin. Niðurstaða er skv. töflu 8-21.

Tafla 8-21: Niðurstaða aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 5-2.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
(Fasti)	669,70	161,656	0,0007	-6798,4	-1110,1	-558,8	845,3	11833,9
Ibúar	1,447	0,1781	< 1,2e-14					
Verslun	0,0822	0,0173	3,0e-06					
Skrifstofa	0,1475	0,0186	4,0e-14					
Sjúkrahús	0,1656	0,0357	5,3e-06					
Kirkja	0,8101	0,3378	0,0170					
Annad	0,0141	0,0058	0,0154	Staðalvilla: 2165		Dreifni: 4.596.624		R ² : 0.437

Þetta gefur ferðamyndunarjöfnuna

$$Ferðir = 670 + 1,45*ÍBÚAR + 0,08*VERSL + 0,15*SKRI + 0,17*SJUKRA + 0,81*KIRKJA + 0,01*ANNAÐ$$

Niðurstaða samanburðar við umferðartalningar er samkvæmt töflu 8-22.

Tafla 8-22: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 5-2.

Reiknað heildarumferðarflæði	7.752.501
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	1,003
Summa frávik	2.146.411
Fráviksmeðaltal	2887
Fráviksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1333
Meðaltalsfrávik - Allar götur	49,4%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	24,9%
Mesta frávik	
- Miklabraut	10.121 bílar (33,9% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Hafravatnsvegur	1079% (1673 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávik	62
Fjöldi gatna yfir 50% frávik	373
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	54
- Fjöldi með yfir 50% frávik	57
- Mesta prósentufrávik	317%
	Rampi Fífuhammsv. - Reykjanesbr

B.15 Tilfelli 5-3

Tafla 8-23: Niðurstaða aðhvarfsgreiningar fyrir tilfelli 5-3.

	Aðhvarfsstuðlar			Leifar				
	Metin stuðull	Staðalfrávik	P gildi	Min	1Q	Miðgildi	3Q	Max
Íbúar	1,8361	0,1431	< 2e-16	-6798,4	-1110,1	-558,8	845,3	11.833,9
Verslun	0,1033	0,0170	3,3e-09					
Skrifstofa	0,1594	0,0188	< 2e-16					
Sjúkrahús	0,1777	0,0365	1,8e-06					
Kirkja	0,9022	0,3447	0,0093					
Annad	0,0208	0,0073	0,0049	Staðalvilla: 2219			Dreifni: 4.760.504 R ² : 0.679	

$$Ferðir = 1,84*ÍBÚAR + 0,16*SKRIFST + 0,10*VERSL + 0,9*KIRKJA + 0,18*SJÚKRAHUS + 0,02*ANNAÐ$$

Niðurstaða samanburðar við umferðartalningar er samkvæmt töflu 8-24.

Tafla 8-24: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 5-3.

Reiknað heildarumferðarflæði	7.395.431
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	0,957
Summa frávíka	2.192.876
Frávíksmeðaltal	2751
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1363
Meðaltalsfrávik - Allar götur	45,9%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	25,1%
Mesta frávik	
- Miklabraut	11.870 bílar (39,8% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Framnesvegur	542% (2568 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	58
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	380
Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra hvora áttina	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	48
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	56
- Mesta prósentufrávik	324% (3526 bílar)
	Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr

B.16 Tilfelli 6-1 – Ferðamyndun skipt í tvo hluta

Tafla 8-25: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 6-1.

Reiknað heildarumferðarflæði	8.445.119
Summa talninga	7.728.177
Flæði/talning	1,093
Summa frávíka	3.852.886
Frávíksmeðaltal	6201
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	2317
Meðaltalsfrávik - Allar götur	73,2%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	42,1%
Mesta frávik	
- Kringlumýrarbraut	34.016 bílar (97,6% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Framnesvegur	2017% (3127 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	227
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	657
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	175
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	175
- Mesta prósentufrávik	327% (3563 bílar) Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr

B.17 Tilfelli 6-2

Tafla 8-26: Samanburður við umferðartalningar fyrir tilfelli 6-2.

Reiknað heildarumferðarflæði	8376337
Summa talninga	7728177
Flæði/talning	1,084
Summa frávíka	2534384
Frávíksmeðaltal	6150
Frávíksmeðaltal - kvaðratrótarvegið	1540
Meðaltalsfrávik - Allar götur	51,1%
Meðaltalsfrávik - Götur með ÁDU>5000	28,4%
Mesta frávik	
- Kringlumýrarbraut	17719 bílar (43,2% frávik)
Mesta prósentufrávik	
- Rampi við Hringbr. – Snorrabr.	632% (2542 bílar)
Fjöldi gatna yfir 5000 bíla frávíki	93
Fjöldi gatna yfir 50% frávíki	454
<i>Götur með umferð yfir 5000 ÁDU í aðra áttina</i>	
- Fjöldi með yfir 5000 bíla frávik	70
- Fjöldi með yfir 50% frávíki	84
- Mesta prósentufrávik	364% (3969 bílar) Rampi Fífuhvammsv. - Reykjanesbr

C Yfirlit yfir handleiðréttar hnitsetningar

Um 110 þús. m² (um 1,7%) af atvinnuhúsnæðinu sem fékkst úr mannvirkjaskrá var óhnitsett. Farið var yfir óhnitsetta húsnæðið og upplýsingar fyrir matshluta stærri en 1000 m² sóttar skv. lóðarnúmeri á vef Þjóðskrár. Þannig var hægt að reitatengja um 85 þús. m². Einnig var að nokkrum stöðum þar sem hnitapunktur húsnæðis við strandlengjuna lá rétt utan reitamarka. Slíkt húsnæðis var handvirkt sett í viðkomandi reit.

Tafla 8-27: Þeir matshlutar sem vantaði hnitsetningu eða fellu utan reitaskiptingar voru handvirkt leiðréttir.

HNUM	GJLDFL	NTKFL	FLM	X	Y	ATHS
1114622	Iðnaðarhús	Iðnaður	3974	356683	404819	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 141
1111871	Iðnaðarhús	Iðnaður	1518	356769	404819	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 141
1130949	Sérhæfð eign	Veiðihús	379	357528	404653	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 141
1124486	Versl/skrifst.	Þjónustumiðstöð	313	360653	409044	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 80
1124486	Versl/skrifst.	Spennistöð	49	360653	409044	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 80
1124565	Iðnaðarhús	Verksmiðjuhús	5802	360657	408922	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 80
1125523	Vörugeymsla	Vörugeymsla	15609	360714	408834	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 80
1106057	Sérhæfð eign	Dæluhús	396	362657	408476	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 123
1100008	Sérhæfð eign	Geymsla	10	371820	410197	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 519
1099967	Sérhæfð eign	Geymsla	3	371835	410217	Liggur rétt utan reitamarka. Sett í reit 519
1004325	Sérhæfð eign	Sjúkrahús	45357	Hnitsetningu vantar		Landspítali, Hringbraut. Sett í reit 38
1090731	Sérhæfð eign	Skóli	6518	Hnitsetningu vantar		Vogaskóli. Sett í reit 94
1090732	Sérhæfð eign	Skóli	5263	Hnitsetningu vantar		Vogaskóli. Sett í reit 94
1124679	Sérhæfð eign	Svínahús	5100	Hnitsetningu vantar		Svínabúið Brautarholt, Kjalarnesi. Sett í reit 243
1126149	Vörugeymsla	Vörugeymsla	4464	Hnitsetningu vantar		Þórðarhöfði 4. Sett í reit 97
1122691	Versl/skrifst.	Geymsla	3798	Hnitsetningu vantar		Vínlandsleið 12-14. Sett í reit 341
1133684	Sérhæfð eign	Svínahús	2478	Hnitsetningu vantar		Spilda úr Vallá, Kjalarnesi. Svínabú. Sett í reit 243
1127848	Sérhæfð eign	Reiðskemman	2430	Hnitsetningu vantar		Varmárbakkar, Mosfellsbæ. Sett í reit 506
1098432	Sérhæfð eign	Veitingahús	2380	Hnitsetningu vantar		Þjóðhildarstígur 2-6, Grafarholt. Sett í reit 342
1122691	Versl/skrifst.	Skrifstofa Vinnslusalur/gróðurh	2323	Hnitsetningu vantar		Vínlandsleið 12-14. Sett í reit 341
1120766	Iðnaðarhús		2294	Hnitsetningu vantar		Kistumelur 20, Rvk. Sett í reit 242
1121484	Sérhæfð eign	Dæluhús	1311	Hnitsetningu vantar		Hraunavíkurvegur 2, Hfj. Sett í reit 213
1122691	Versl/skrifst.	Verslun	1077	Hnitsetningu vantar		Vínlandsleið 12-14. Sett í reit 341

D Notkunarflokkar

Tafla 8-28: Notkunarflokkar atvinnuhúsnaðis í raða eftir stærð. Gögn miðast við lok árs 2010

Notkunarflokkur	Flatarmál	Hlutfall			
Iðnaður	1.191.323	18,90%	Eldsneytistankur	11.439	0,18%
Verslun	990.060	15,71%	Leikhús	11.405	0,18%
Skrifstofa	931.234	14,77%	Slökkvistöð	11.116	0,18%
Skóli	616.992	9,79%	Bílastæðahús	11.067	0,18%
Vörugeymsla	568.954	9,03%	Líkamsræktarstöð	10.943	0,17%
Sérhæfð bygging	228.322	3,62%	Læknastofa	10.827	0,17%
Íþróttahús	198.674	3,15%	Vatnsgeymir/vatnspró	10.539	0,17%
Hótel	115.035	1,83%	Skrifstofa - bílskúr	10.388	0,16%
Sjúkrahús	112.354	1,78%	Svínahús	10.198	0,16%
Leikskóli	65.665	1,04%	Sorpgeymsla	9.679	0,15%
Hesthús	56.722	0,90%	Dvalar/hjúkrunarheimil	9.382	0,15%
Vistheimili	54.835	0,87%	Fiskverkunarhús	8.603	0,14%
Hjúkrunarheimili	53.440	0,85%	Bensinstöð	8.558	0,14%
Félagsheimili	50.279	0,80%	Tannlæknastofa	8.301	0,13%
Veitingahús	47.542	0,75%	Símstöð/póstur	7.725	0,12%
Sundlaug	44.729	0,71%	Reiðskemman	7.589	0,12%
Safn	37.668	0,60%	Þvottahús	7.313	0,12%
Geymsla	36.947	0,59%	Lögreglustöð	6.912	0,11%
Kirkja	35.674	0,57%	Rafstöð/stífla	6.672	0,11%
Banki	33.863	0,54%	Starfsmannahús	6.548	0,10%
Rannsóknarstofa	25.476	0,40%	Véla/verkfærageymsla	6.321	0,10%
Prentsmiðja	25.158	0,40%	Alifuglahús	6.223	0,10%
Þjónustumiðstöð	24.630	0,39%	Verbúð	6.000	0,10%
Vélaverkstæði	24.529	0,39%	Matstaður	5.878	0,09%
Bókasafn	24.035	0,38%	Fiskverkun	5.875	0,09%
Bílskúr	22.375	0,35%	Tónlistarskóli	5.848	0,09%
Bifreiðaverkstæði	22.081	0,35%	Hótelíbúð	5.575	0,09%
Kvikmyndahús	20.536	0,33%	Gistihús	4.908	0,08%
Heilsugæsla	19.537	0,31%	Aðstöðuhús	4.791	0,08%
Flugskýli	18.710	0,30%	Verkfræðistofa	4.766	0,08%
Dæluhús	18.520	0,29%	Mannvirki	4.499	0,07%
Barnagæsla	18.507	0,29%	Apótek	4.398	0,07%
Gistiheimili	17.932	0,28%	Safnaðarheimili	4.322	0,07%
Íbúð á hæð	17.766	0,28%	Hárgreiðslustofa	4.321	0,07%
Sjónvarpshús	17.482	0,28%	Óráðstafað	4.264	0,07%
Aðveitustöð	16.924	0,27%	Baðhús	4.177	0,07%
Heilsurækt	16.715	0,27%	Geymir	4.172	0,07%
Samkomuhús	16.621	0,26%	Heimavist	4.015	0,06%
Gróðurhús	15.126	0,24%	Afgreiðsla	3.964	0,06%
Verksmiðjuhús	14.807	0,23%	Fjárhús	3.829	0,06%
Samkomustaður	14.573	0,23%	Bakarí	3.639	0,06%
Spennistöð	13.337	0,21%	Frystiklefi	3.462	0,05%
Vinnustofa	12.821	0,20%	Skemmtistaður	3.368	0,05%
Frystigeymsla	11.460	0,18%	Sýningarsalur	3.259	0,05%

Sóluskáli	3.134	0,05%	Bílskýli	689	0,01%
Stæði í bílageymslu	3.122	0,05%	Snyrting	618	0,01%
Vinnslusalur/gróðurh	2.980	0,05%	Pökkunarhús	609	0,01%
Snyrtistofa	2.703	0,04%	Ketilhús/kyndiklefi.	609	0,01%
Eldisker	2.622	0,04%	Sendiráð	601	0,01%
Dómhús	2.597	0,04%	Orkustöð	597	0,01%
Kaffistofa	2.566	0,04%	Gallerí	583	0,01%
Búningsklefar	2.511	0,04%	Íbúðarherb á hæð	528	0,01%
Uppeldishús	2.491	0,04%	Einkaskóli	516	0,01%
Birgðageymir	2.330	0,04%	Veiðihús	466	0,01%
Skemma	2.297	0,04%	Sambýlishús	442	0,01%
Járnsmiðaverkstæði	2.181	0,03%	Íbúðarherb í kjall	436	0,01%
Stöðvarhús	2.138	0,03%	Slysavarnaskýli	429	0,01%
Bátaskýli	2.075	0,03%	Safnpró	423	0,01%
Farfuglaheimili	2.036	0,03%	Íbúð í kjallara	419	0,01%
Sláturhús	1.847	0,03%	Teiknistofa	403	0,01%
Nuddstofa	1.783	0,03%	Fjós með áburðarkj	350	0,01%
Eldishús lax/silung.	1.745	0,03%	Íbúð í risi	312	0,00%
Áhaldahús	1.701	0,03%	Þvottahús - atvinnu	298	0,00%
Rými	1.689	0,03%	Bílskúr - vörugelym	292	0,00%
Auglýsingastofa	1.673	0,03%	Smiðja	280	0,00%
Dýralæknisaðstaða	1.649	0,03%	Haughús	272	0,00%
Sólbaðsstofa	1.573	0,02%	Anddyri	226	0,00%
Efnalaug	1.500	0,02%	Bílskúr - iðnaður	195	0,00%
Hársnyrtistofa	1.474	0,02%	Björstofa	172	0,00%
Þvotta- / bónstöð	1.429	0,02%	Kjötvinnsla	158	0,00%
Ljósmyndastofa	1.228	0,02%	Bílskúr og geymsla	150	0,00%
Gripahús	1.227	0,02%	Sameiginlegt rými	128	0,00%
Garðskáli	1.175	0,02%	Klakhús lax/silungur	112	0,00%
Íbúð	1.155	0,02%	Votheysturn	110	0,00%
Kyndistöð	1.134	0,02%	Fjós	100	0,00%
Tækjahús	1.088	0,02%	Verslun - bílskúr	83	0,00%
Rafmagnsverkstæði	1.041	0,02%	Varðskýli	81	0,00%
Einbýlishús	1.012	0,02%	Sumarbústaður	55	0,00%
Hlaða	998	0,02%	Þró	52	0,00%
Fangelsi	927	0,01%	Hundahreinsunarhús	50	0,00%
Sólstofa	912	0,01%	Vörugelym - bílskúr	36	0,00%
Fjarskiptamannvirki	905	0,01%	Hreinlætisaðstaða	27	0,00%
Trésmiðaverkstæði	867	0,01%	Sumarhús	22	0,00%
Steypustöð	821	0,01%	Hjallur	21	0,00%
Skúr	807	0,01%	Viti	17	0,00%
Vigtarhús	784	0,01%	Móttökuhús	14	0,00%
Saumastofa	767	0,01%	Samtals	6.303.184	100,00%
Golfskáli	747	0,01%			
Bílskúr - atvinnu	720	0,01%			

E Notkunarflokkar – skipting í gjaldflokka

Tafla 8-29: 10 stærstu notkunarflokkar atvinnuhúsnæðis og dreifing þeirra milli gjaldflokka.

Notkunarflokkur	Gjaldflokkur	Hlutfall	Flatarmál
Iðnaður	Iðnaðarhús	89,4%	1.064.951
	Sérhæfð eign	4,9%	58.256
	Versl/skrifstofuhús	4,7%	56.063
	Vörugeymsla	1,0%	12.053
Iðnaður - hluti af heildarflatarmáli		18,9%	1.191.323
Verslun	Versl/skrifstofuhús	88,8%	878.940
	Iðnaðarhús	6,5%	63.977
	Sérhæfð eign	2,6%	25.470
	Vörugeymsla	2,2%	21.672
Verslun - hluti af heildarflatarmáli		15,7%	990.060
Skrifstofa	Versl/skrifstofuhús	84,9%	790.947
	Sérhæfð eign	10,2%	94.995
	Iðnaðarhús	4,5%	41.917
	Vörugeymsla	0,4%	3.375
Skrifstofa - hluti af heildarflatarmáli		14,8%	931.234
Skóli	Sérhæfð eign	98,1%	605.175
	Versl/skrifstofuhús	1,5%	9.363
	Iðnaðarhús	0,4%	2.455
Skóli - hluti af heildarflatarmáli		9,8%	616.992
Vörugeymsla	Vörugeymsla	77,0%	438.152
	Iðnaðarhús	10,3%	58.332
	Versl/skrifstofuhús	9,8%	55.919
	Sérhæfð eign	2,9%	16.552
Vörugeymsla - hluti af heildarflatarmáli		9,0%	568.954
Sérhæfð bygging	Sérhæfð eign	97,5%	222.559
	Versl/skrifstofuhús	1,8%	4.097
	Iðnaðarhús	0,5%	1.115
	Vörugeymsla	0,2%	551
Sérhæfð bygging - hluti af heildarflatarmáli		3,6%	228.322
Íþróttahús	Sérhæfð eign	96,8%	192.342
	Versl/skrifstofuhús	3,2%	6.332
Íþróttahús - hluti af heildarflatarmáli		3,2%	198.674
Hótel	Sérhæfð eign	85,5%	98.326
	Versl/skrifstofuhús	13,9%	16.018
	Iðnaðarhús	0,6%	691
Hótel - hluti af heildarflatarmáli		1,8%	115.035
Sjúkrahús	Sérhæfð eign	98,8%	111.016
	Iðnaðarhús	1,0%	1.170
	Vörugeymsla	0,1%	168
Sjúkrahús - hluti af heildarflatarmáli		1,8%	112.354
Leikskóli	Sérhæfð eign	98,9%	64.975
	Iðnaðarhús	0,4%	253
	Vörugeymsla	0,4%	246
	Versl/skrifstofuhús	0,3%	192
Leikskóli - hluti af heildarflatarmáli		1,0%	65.665

F Gjaldflokkar – skipting í notkunarflokka

Tafla 8-30: Skipting hvers gjaldflokks atvinnuhúsnæðis í notkunarflokka.

Gjaldflokkur	Notkunarflokkur	Hlutfall	Flatarmál
Versl/skrifstofuhús	Verslun	43,5%	878.940
	Skrifstofa	39,1%	790.947
	Iðnaður	2,8%	56.063
	Vöruheymsla	2,8%	55.919
	Veitingahús	1,1%	22.453
	Hótel	0,8%	16.018
	Banki	0,6%	13.124
	Geymsla	0,6%	13.095
	Aðrir flokkar	8,7%	175.825
Versl/skrifstofuhús - hluti af heildarflatarmáli		32,1%	2.022.383
Iðnaðarhús	Iðnaður	77,2%	1.064.951
	Verslun	4,6%	63.977
	Vöruheymsla	4,2%	58.332
	Skrifstofa	3,0%	41.917
	Prentsmiðja	1,7%	22.934
	Verksmiðjuhús	1,1%	14.807
	Vélaverkstæði	0,8%	11.582
	Bífreiðaverkstæði	0,7%	10.054
	Aðrir flokkar	6,6%	90.900
Iðnaðarhús - hluti af heildarflatarmáli		21,9%	1.379.453
Vöruheymsla	Vöruheymsla	87,4%	438.152
	Verslun	4,3%	21.672
	Iðnaður	2,4%	12.053
	Geymsla	2,2%	10.917
	Frustigeymsla	1,4%	7.006
	Skrifstofa	0,7%	3.375
	Frustiklefi	0,6%	3.112
	Bókasafn	0,2%	786
	Aðrir flokkar	0,9%	4.469
Vöruheymsla - hluti af heildarflatarmáli		8,0%	501.542
Sérhæfð eign	Skóli	25,2%	605.175
	Sérhæfð bygging	9,3%	222.559
	Íþróttahús	8,0%	192.342
	Sjúkrahús	4,6%	111.016
	Hótel	4,1%	98.326
	Skrifstofa	4,0%	94.995
	Leikskóli	2,7%	64.975
	Iðnaður	2,4%	58.256
	Aðrir flokkar	39,7%	952.162
Sérhæfð eign - hluti af heildarflatarmáli		38,1%	2.399.805