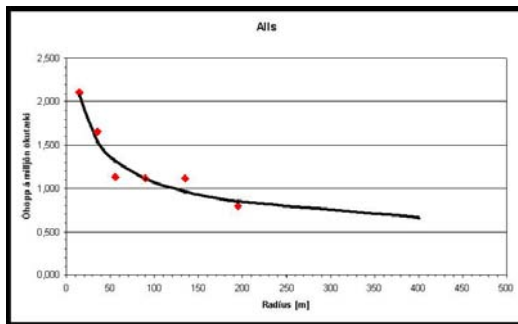




Óhappatiðni í beygjum og langhalla

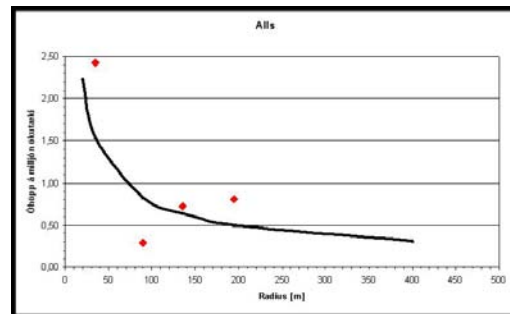
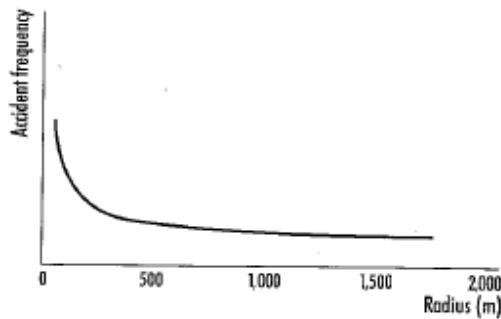


Haraldur Sigbórsson

Einar Pálsson

Desember 2007

Figure HA-5 Accident frequency and curve radius



Efnisyfirlit

Inngangur	1
Beygjur	2
Niðurstaða	5
Langhalli	11
Breidd vega	12
Heimildir.....	13

Inngangur

Samband hönnunar og umferðaröryggis er einn mikilvægasti þátturinn til að taka tillit til við ákvörðun á legu vega. Hingað til hafa einungis legið fyrir erlendar reynslutölur og línurit til að meta áhrif einstakra hönnunarstærða. Engu að síður hefur í mörgum tilfellum verið reynt að bera saman mismunandi veglínur milli sömu upphafs- og endapunkta m.t.t. umferðaröryggis.

Í þessu verkefni lagt upp með, að finna línurit byggt á íslenskum gögnum fyrir fjölda óhappa og óhappatíðni sem fall af radíus beygju í metrum.

Verkefni var styrkt af Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar.

Verkið unnu Haraldur Sigbórsson og Rósa Guðmundsdóttir hjá Línuhönnun og Einar Pálsson hjá Vegagerðinni.

Beygjur

Beygjugreining á þjóðvegum var unnin fyrir leiðbeinandi hraðamerkingar á þjóðvegum. Tilgangurinn var að áætla og greina fjölda beygjukafla og finna leiðbeinandi umferðarhraða fyrir sérhvern beygjukafla. Leitast var við að finna þá vegakafla, sem kröfðust lægri umferðarhraða en 80 km/klst.

Sambandið milli hraða, beyguradíuss og þverhalla er að finna í vegstaðli. Þverhalli vegar var hins vegar ekki þekktur, en fyrir beygjugreininguna var stuðst við töflu í handbók um umferðarmerki um sambandið milli hraða og beyguradíuss til að grunda eftirfarandi skilyrði fyrir leiðbeinandi hraðaflokka:

Tafla 1: Rádíusflokkar eftir leiðbeinandi hraða¹.

Hraði [km/klst]	Rádíus
20	$r < 30$ m
30	$30 \text{ m} \leq r < 40$ m
40	$40 \text{ m} \leq r < 70$ m
50	$70 \text{ m} < r < 110$ m
60	$110 \text{ m} \leq r < 160$ m
70	$160 \text{ m} \leq r < 230$ m
80-90	$r \geq 230$ m

Miðlínugrind þjóðvega er varðveitt í veggagnasafni Vegagerðarinnar og grundvallast hún af GPS-leiðréttum mælipunktum (hnitum) með þéttleika á bilinu 10-20 metrar. Mælipunktarnir eru í réttthyrndu hnitakerfi ÍSNET93. Til að draga úr skekkju, þar sem þéttni mælipunkta er mikil, var mælipunktum fækkað þ.a. ávallt væru a.m.k. 50 metrar milli mælipunkta. Grundvöllur útreikninga voru þrjú mælipunktar á ferli. Reiknuð voru horn og rádíus fyrir sérhverja þrjá punkta, þ.e. punkt 1-3, 2-4, 3-5 o.s.frv. með Pýþagóras og cosinusreglu.

Beygjukaflar eru reiknaðir þ.a. við skemmri vegalengd en 200 metra á milli tveggja beygjukafla eru þeir sameinaðir í einn. 200 metra vegalengdin er áætluð út frá hraðabreytingu og er sú vegalengd, sem þarf til að auka hraðann úr 50 í 90 km/klst. og síðan draga úr honum aftur, úr 90 í 50 km/klst. fyrir næsta beygjukafla.

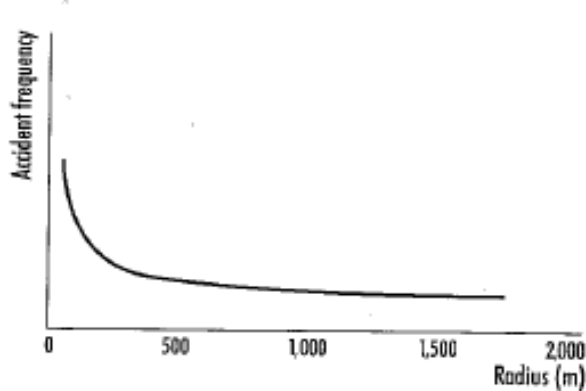
Lokagreining leiðbeinandi hraða fór síðan fram á vettvangi. Í flestum tilvikum voru reiknuð gildi notuð óbreytt, en við sérstakar aðstæður á malarvegum með halla niður brekku voru útreiknuð gildi lækkuð um 10 til 20 km/klst.

Vegagerðin á stafræna og hnitaða skrá yfir slys fyrir árin 2000 – 2005. Í þessu verkefni var þeirri skrá spyrt saman við ofangreinda beygjugreiningu fyrir leiðbeinandi hraða til að kanna, hvort samband væri milli krappa í beygju og slysa með verkfærum landupplýsingatækni, LUK.

¹ *Beygjugreiningar á stofnvegum. Vegagerðin. 2005.*

Um nokkurt skeið hafa erlendar heimildir um óhappatíðni í beygjum verið notaðar hér á landi við að meta nýjar veglínur þjóðvega m.t.t. umferðaröryggis.

Figure HA-5 Accident frequency and curve radius



Heimildum ber nokkuð vel saman um útlit línurita með óhappafjölda eða óhappatíðni sem fall af radius beygju, sjá mynd 1.

Markmið þessarar rannsóknar var að athuga, hvort íslensk gögn gæfu sömu niðurstöðu.

Um leið fengist mat á það, hversu auðveld slík vinnsla er með nýjustu tækni og hvernig leysa mætti tengsl annarra hönnunarþátta og öryggis.

Mynd 1: Úr Road Safety Manual frá PIARC 2003

Hjá Vegagerðinni voru keyrð saman kort með upplýsingum um beygjur og slysakort frá árunum 2000 til 2005. Slysakortin aðgreina slys og óhöpp í fjóra flokka eftir alvarleika. Flokkarnir eru: banaslys, mikil meiðsli, lítil meiðsli og eignatjón. Við keyrsluna voru skilgreind fjögur fjarlægðarmörk til að ákvarða nálægð slysa við beygju. Mörkin voru 80 m, 100 m, 120 m og 140 m. Eftir úrvinnslu á niðurstöðum keyrslunnar fengust upplýsingar um fjölda óhappa innan fjarlægðarmarka frá beygju eftir alvarleika. Þær má sjá í töflu 2:

Tafla 2: Fjöldi óhappa eftir alvarleika og radíus.

Alvarleiki óhapps	Fjarlægðarmörk	Fjöldi óhappa
Banaslys	80	11
Banaslys	100	13
Banaslys	120	14
Banaslys	140	15
Mikil meiðsli	80	54
Mikil meiðsli	100	63
Mikil meiðsli	120	69
Mikil meiðsli	140	74
Lítill meiðsli	80	265
Lítill meiðsli	100	305
Lítill meiðsli	120	337
Lítill meiðsli	140	369
Eignatjón	80	1673
Eignatjón	100	1898
Eignatjón	120	2099
Eignatjón	140	2306

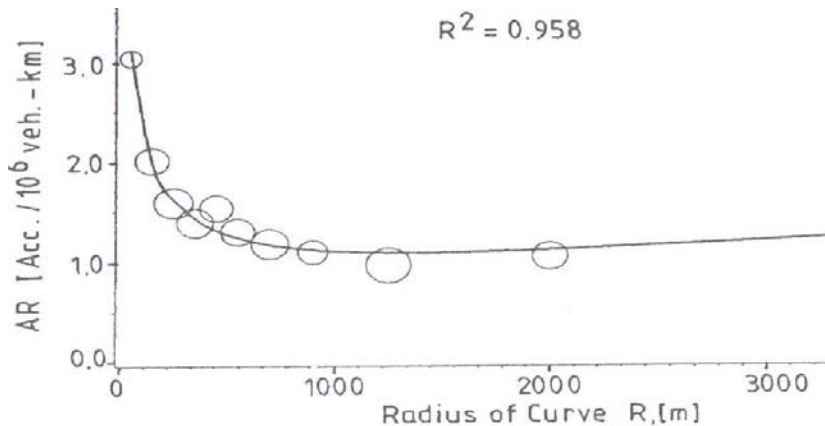


FIGURE 9.7 Accident rate with regard to the radius of curve for all accident types.⁴⁷⁶

Mynd 2: Samband óhappatíðni og radiúss í beygju²

Að þessum upplýsingum athuguðum var ákveðið að gera frekari greiningu á slysum, sem féllu innan 100 m fjarlægðar frá beygju. Hún fól í sér að ákvarða fjölda slysa eftir alvarleika og minnsta leiðbeinandi hraða. Niðurstöðurnar voru teiknaðar upp á gröf þar sem y-ásinn sýnir fjölda óhappa á beygju og x-ásinn beygjuradíusflokka. Radíusflokkarnir fylgja leiðbeinandi hraða eins og sýnt var í töflu 1.

Fjöldi beygja (beygjukafla) í hverjum leiðbeinandi hraðaflokki fékkst með úrvinnslu á gögnum frá Vegagerðinni. Ef fjarlægð milli beygja er minni en 120 m eru þær teknar saman og litið á þær sem eitt svæði. Þannig er lengd beygju í raun lengd beygjusvæðis og krappinn, sem notaður er, minnsti radíus kaflans. Jafnframt fengust gögn um ársdagsumferð, ÁDU, árin 2002 og 2003 og voru þau notuð til að reikna óhappatíðni fyrir hvern leiðbeinandi hraðaflokk. Óhappatíðni (á milljón ekna kílómetra eða á milljón ökutæki), ÓT, var reiknuð út frá eftirfarandi jöfnum³:

$$ÓT = \frac{10^6 \cdot (\sum ÓH_i / T_i)}{365 \cdot (\sum ÁDU_i \cdot L_i)}$$

ÓH_i er fjöldi óhappa,
 T_i er tími í árum sem slysaögn ná yfir (þ.e. 6 ár),
 ÁDU_i er meðaltal ársdagsumferðar 2002 og 2003 fyrir hverja beygju
 og L_i er lengd beygju (beygjusvæðis).

$$ÓT = \frac{10^6 \cdot (\sum ÓH_i / T_i)}{365 \cdot (\sum ÁDU_i)}$$

ÓH_i er fjöldi óhappa,
 T_i er tími í árum sem slysaögn ná yfir (þ.e. 6 ár),
 og ÁDU_i er meðaltal ársdagsumferðar 2002 og 2003 fyrir hverja beygju

Hafa ber í huga, að báðar jöfnurnar eru réttar, en sú fyrri miðast við vegkafla, en sú seinni við staði. Í erlendum heimildum er oftast notuð tíðni fyrir kafla, en tíðni fyrir staði sést líka. Ef beygjukaflar eru mjög misjafnlega langir hentar fyrri jafnan, en sú síðari, ef lengd er svipuð, eða menn álykta sem svo, að krappasta beygjan á vegkafla hafi mest áhrif og því sé um stað að ræða.

² Highway Design and Traffic Engineering Handbook, Lamm et.al., 1999

³ Hægri réttur og biðskylda. Samanburður á óhappatíðni. Skýrsla unnin fyrir Garðabæ. Línuhönnun hf. 2006.

Niðurstaða

Niðurstaða greiningar á íslenskum gögnum var sú, að svipuð línurit fengust og í erlendum heimildum. Jafna sambands radíusa og óhappafjölda eða –tíðni er á sama formi og venjan er, en stuðlar hennar eru þó breytilegir eftir alvarleika og hvort allir þjóðvegir voru skoðaðir eða einungis Hringvegurinn. Sambandið var greinilegra fyrir Hringveginn.

Tafla 3: Hlutfall óhappa í beygjum á hringvegi á móti óhöppum í beygjum á öllum vegum

	Óhöpp á öllum vegum	Óhöpp á Hringvegi	Hlutfall [%]
Banaslys	13	4	31
Mikil meiðsli	63	8	13
Lítill meiðsli	306	52	17
Eignatjón	1907	327	17
Alls	2289	391	17

Tafla 4: Fjöldi beygjukafla eftir hraðaflokkum

Leiðbeinandi hraði	Fjöldi beygjukafla á öllum vegum	Fjöldi beygjukafla á Hringvegi
20	58	1
30	196	5
40	850	9
50	1245	15
60	1463	25
70	1924	54
Alls	5736	109

Útreikningar á jöfnu bestu línu fyrir öll tilfelli fór fram með hefðbundinni regressionsanalýsu, en þó þannig, að gera þurfti ólínulega bestun.

Jafna bestu línu er á forminu:

$$ÓT = a \frac{1}{\text{radíus}^b}$$

til að reikna fylgni er tekinn logaritmi:

$$\ln(ÓT) = \ln(a) - b \ln(\text{radíus})$$

Nú fást stuðlar á venjulegan hátt og fylgnistuðull vörpuðu gildanna er mælikvarði á gæði nálgunar, en ekki réttur fræðilega.

Fyrir óhöpp á beygju allra vega, sem fall af radíusaflokkum, kom mismunandi alvarleiki svipað út, en banaslysín voru þó einna lengst frá fræðilegu formi línunnar.

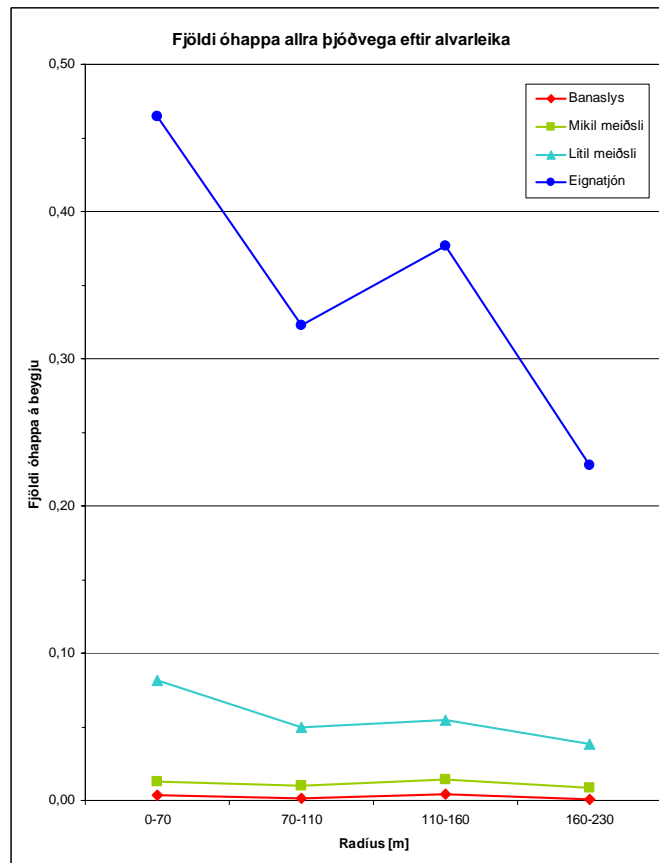
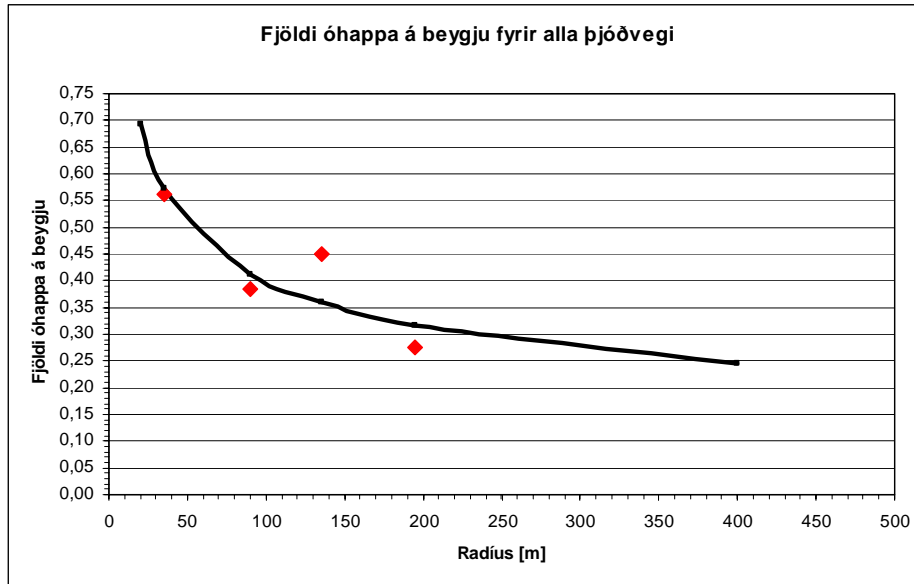
Fyrir óhappatíðni allra vega, sem fall radíusaflokka, kom mismunandi alvarleiki svipað út, nema banaslysín voru færri fyrir kröppustu beygjurnar. Þá var form línunnar fyrir alvarleg slys áberandi skýrast.

Svipuð mynd sést fyrir fjölda óhappa á beygju á Hringveginum. Öll form voru svipuð óháð alvarleika, banaslysín þó óskýrust, en mikil meiðsli einna skýrust.

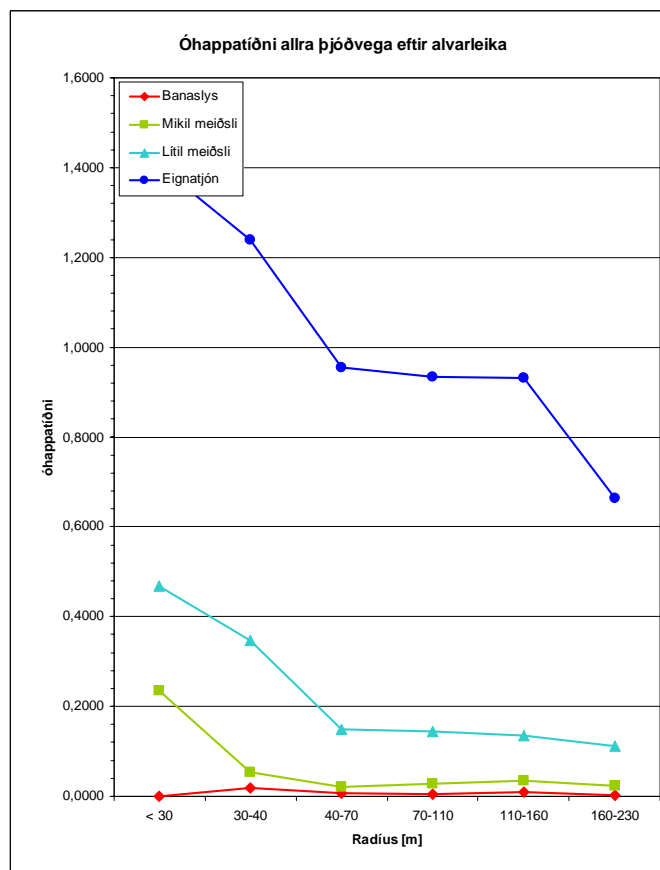
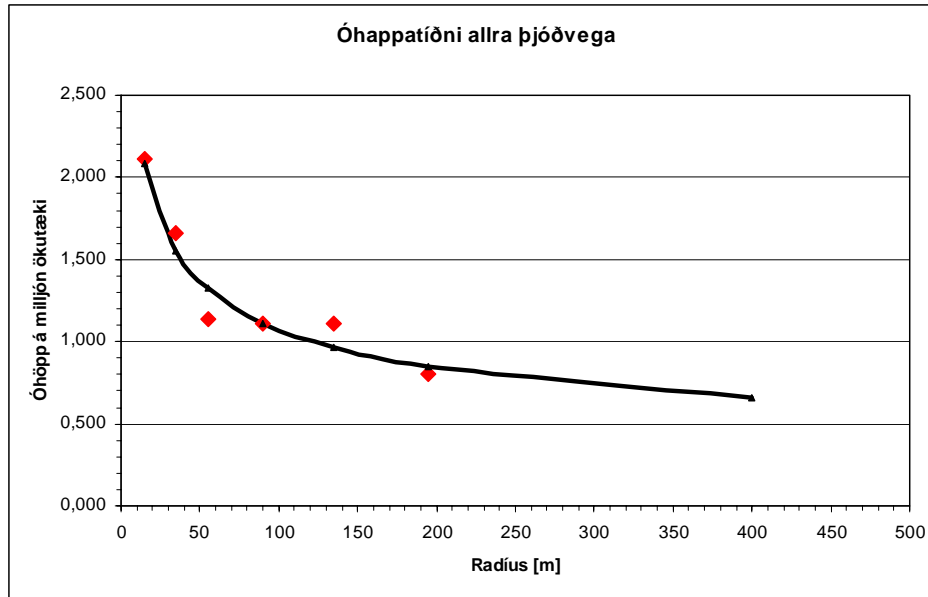
Form lína fyrir óhappatíðni, sem fall af radíusaflokkum, fyrir Hringveginn er óskýrast, eins og sjá má á fylgnistuðli. Þetta gildir um mismunandi alvarleika og er það sérstaklega radíusaflokkur milli 70 og 110 m, sem sker sig úr, þ.e. er of lágur.

Sjá nánar hér á eftir:

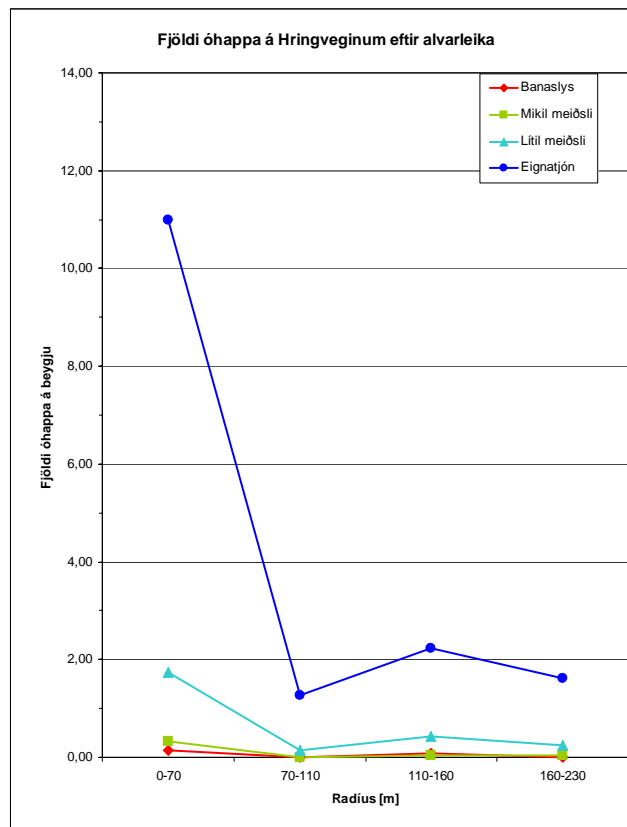
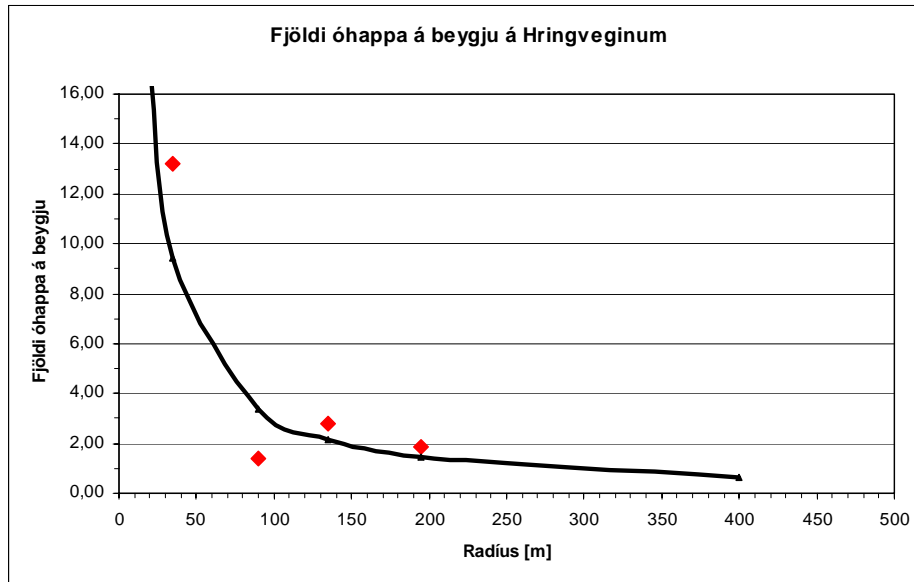
Myndir 3: Allir þjóðvegir 2000-2005, 6 ár, óhöpp á beygju: $Y = 1,9523X^{-0,3454}$ $R^2 = 0,72$



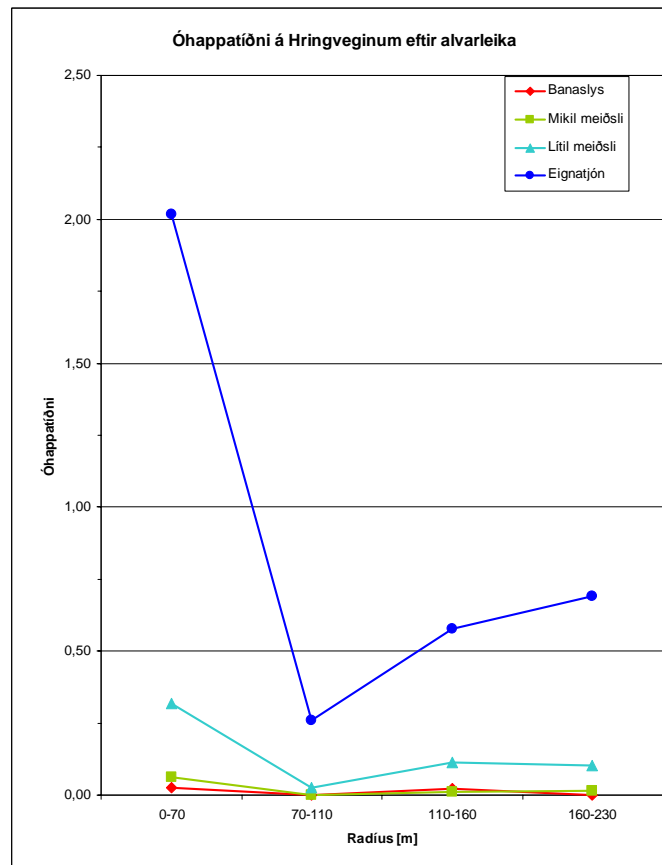
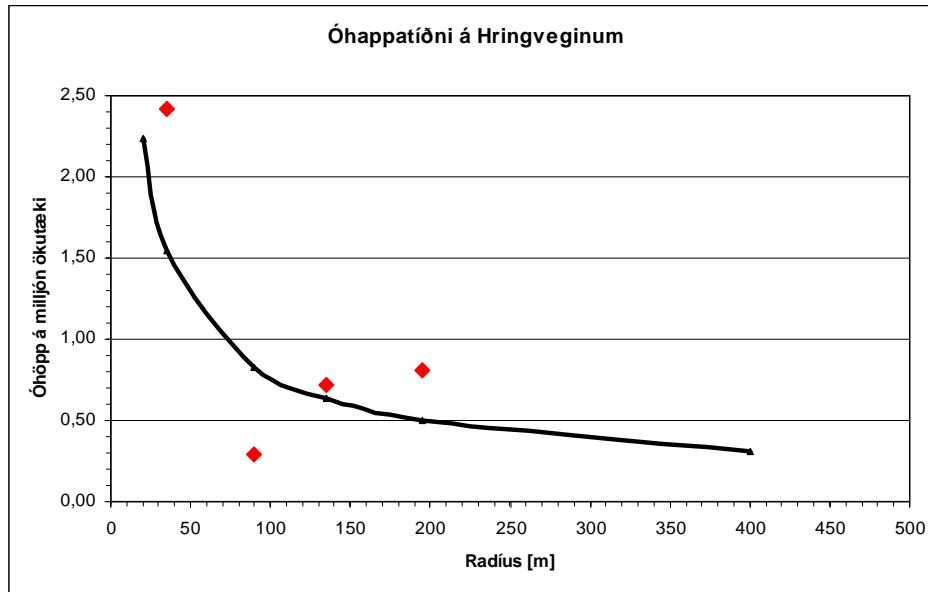
Myndir 4: Allir þjóðvegir 2000-2005, 6 ár, óhöpp á ökutæki: $Y = 5,3661X^{-0,3494}$ $R^2 = 0,91$



Myndir 5: Hringvegur 2000-2005, 6 ár, óhöpp á beygju $Y = 462,155X^{-1,0948}$ $R^2 = 0,66$



Myndir 6: Allir þjóðvegir 2000-2005, 6 ár, óhöpp á ökutæki: $Y = 16,040X^{-0,6582}$ $R^2 = 0,31$



Langhalli

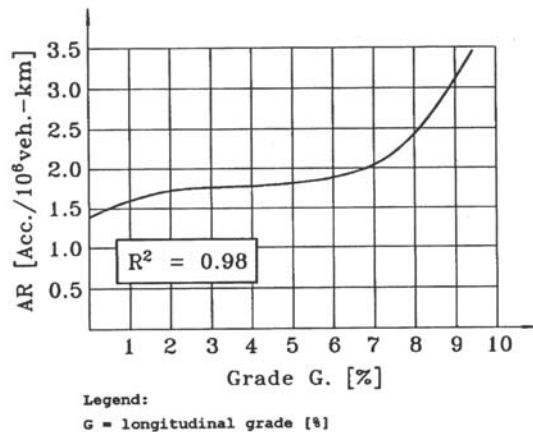


FIGURE 13.14 Accident rate with respect to the longitudinal grade for all accident types.³⁶⁸

Mynd 7: Óhappatiðni eftir langhalla. Úr bók Ruediger Lamm:
 Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook 1999

Byrjað hefur verið á svipaðri greiningu fyrir langhalla og hér hefur verið lýst fyrir beygjur.

Dæmi um óhappatiðni, sem fall af langhalla, úr erlendum heimildum má sjá á mynd 7.

Verið er að mynda aðferð til að lesa langhallann beint út frá mæligildum, en í ljós hefur komið, að gögnin virðast nægjanlega nákvæm til að fá fram lausn.

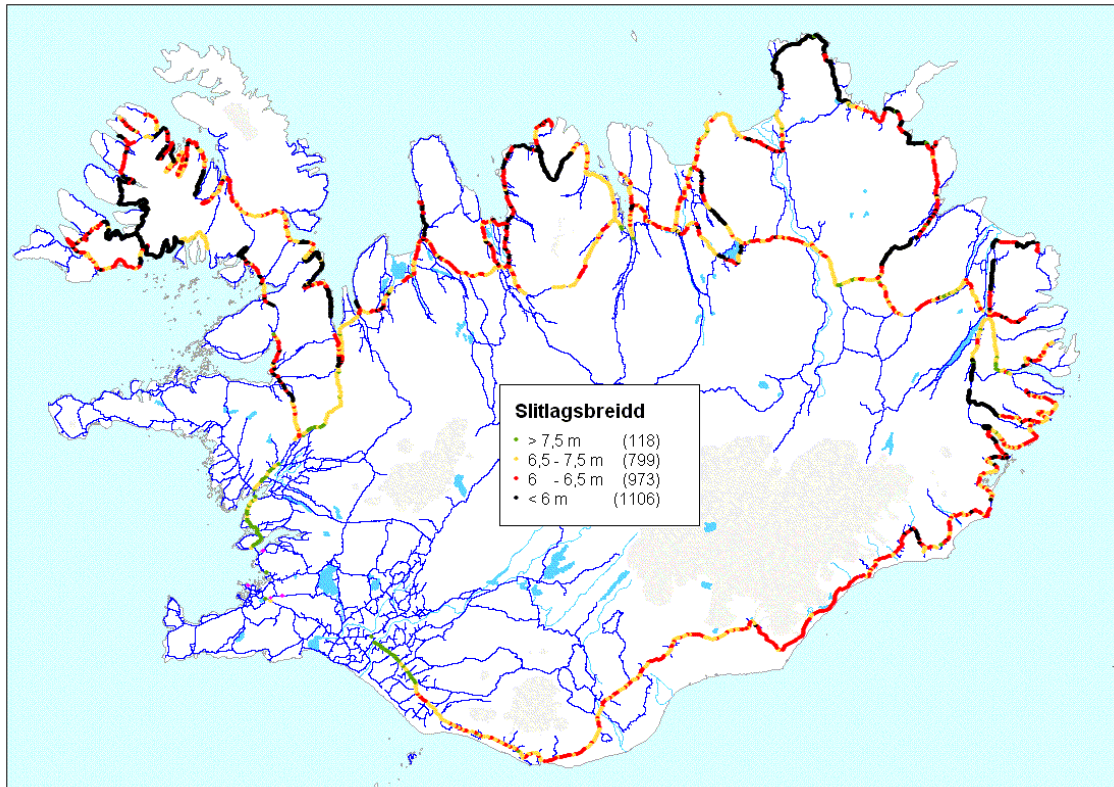
Þá kemur sterklega til greina, að athuga nánar tengsl umferðaröryggis við uppsafnað horn stefnubreytingar, breidd vega og sjónlengdir. Sjá m.a. næsta kafla, sem dæmi.

Af þessum hönnunarpáttum, þá e langhallinn sérstaklega mikilvægur og vegur efalítið þungt hér á landi. Erlendis hætta t.d. línuritinn yfirleitt við um 9%, en hérlendis þarf að meta mun meiri langhalla. Þá eru tengsl við hálfku, t.d. á fjallvegum, umhugsunarefni.

Ekki er alveg öruggt, að gæði GPS-gagna leyfi mat á langhalla alls staðar. Ákveðnar upplýsingar eru þó til um langhalla, t.d. staðsetning skilta, sem sýna mikinn langhalla, og mætti út frá því meta áreiðanleikann og skoða síðan ákveðna vegkafla.

Breidd vega

Á síðasta ári voru breiddir vega á þjóðvegakerfinu færðar inn í tölvutækt kort. Næstu skref ættu að fela í sér upplýsingasöfnun um umferðaröryggi fyrir breiddarflokkana, t.d. skv. eftirfarandi mynd.



Mynd 8: Slitlagsbreidd þjóðvegakerfisins⁴

Huga þarf að því, hvort miða skal við vegbreiddir með öxlum, slitlagabreiddir, eða breiddir akreina. Erlendis er það síðarnefnda venjulega valið.

Það er von höfunda að áframhald verði á þessu verki, svo að hægt verði að nota íslenskar reynslutölur í stað erlendra um tengsl umferðaröryggis við alla helstu þætti hönnunar.

⁴ Slitlagsbreidd skv. Þjónustudeild Vegagerðarinnar 2007.

Heimildir

C.Caliendo, R.Lamberti: *Relationships between Accidents and Geometric Characteristics for Four Lane Median separated Roads*, Universities of Salerno and Naples, in Traffic Safety on three Continents, Sweden 2001.

Einar Pálsson: *Beygjugreiningar á stofnvegum*. Þjónustudeild, tækniþróun, Vegagerðin. 2005.

Einar Pálsson: *Vettvangsskrá - Þekjur*. Þjónustudeild, Vegagerðin. 2006.

Haraldur Sigþórsson: *Umferðaröryggi mismunandi lausna Borgarfjarðarbrautar á milli Varmalækjar og Kleppsjárnsreykja*. Vegagerðin 1996.

Haraldur Sigþórsson: *Umferðaröryggi endurbætts vegar gegnum Kerlingarskarð*. Línuhönnun, 1999.

Haraldur Sigþórsson: *Umferðaröryggi Kerlingarskarðsvegar (nr. 56) og nýs vegar um Vatnaheiði*. Línuhönnun 1999

Haraldur Sigþórsson: *Umferðaröryggi tveggja leiða Borgarfjarðarvegar um Vatnsskarð eystra*. Línuhönnun 2000.

Haraldur Sigþórsson: *Umferðaröryggi á tveimur leiðum milli Reyðarfjarðar og Fáskrúðsfjarðar*. Línuhönnun 2001.

Haraldur Sigþórsson, Þórólfur Nielsen. *Gjábakkavegur (365), Laugarvatn-Þingvellir, samanburður á leið 1 og leið 3+7 m.t.t. umferðaröryggis*. Línuhönnun 2005.

Haraldur Sigþórsson, Sóley Ósk Sigurgeirsdóttir: *Vestfjarðavegur um Gufudalssveit, umferðaröryggi tveggja leiða*, Línuhönnun 2006.

Haraldur Sigþórsson, Sveinbjörn Jónsson: *Hægri réttur og biðskylda. Samanburður á óhappiðni*. Skýrsla unnin fyrir Garðabæ, Línuhönnun hf. 2006.

Haraldur Sigþórsson, Þórólfur Nielsen: *Óhappa- og slysatíðni eftir gerð vega*. Skýrsla unnin fyrir Rannsóknarsjóð Vegagerðarinnar, Línuhönnun hf. 2006.

Lamm, R. et.al.: *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. MacGraw-Hill, USA, 1999.

Matthias Zimmermann: *Quantitative Methoden zur Beurteilung räumlicher Linienführung von Strassen*, Universitaet Karlsruhe, Þýskaland,.2001.

Sérstakar þakkir fá Rósa Guðmundsdóttir hjá Línuhönnun fyrir útreikninga og uppsetningu gagnagrunns og Ásbjörn Ólafsson hjá Þjónustudeild Vegagerðarinnar fyrir úrvinnslu á tölvutækum gögnum.