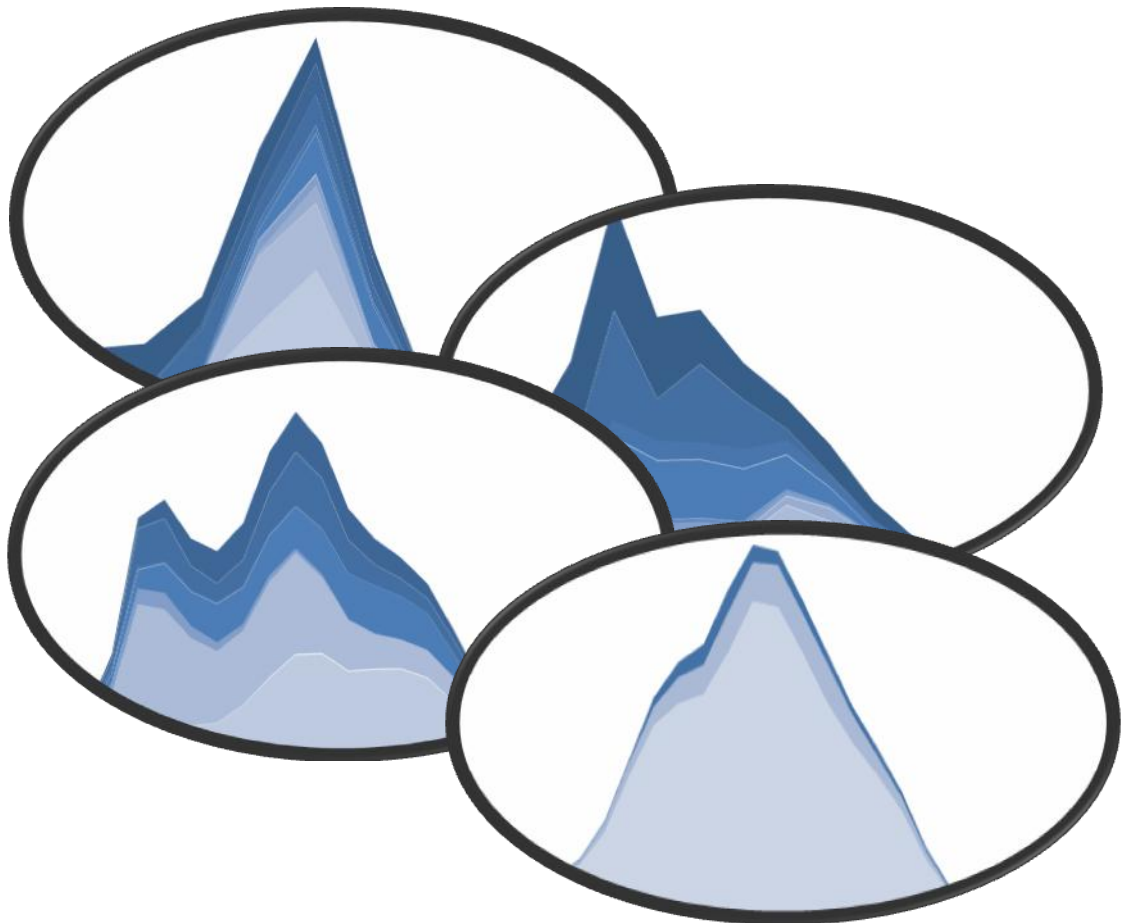


ÖXULRÓF

METIÐ ÚT FRÁ GÖGNUM WIM UMFERÐARGREINIS



VERKNÚMÉR: 86038-005	DREIFING:
SKÝRSLA NR:	<input checked="" type="checkbox"/> Opin
DAGS: 2011-11-16	<input type="checkbox"/> Lokuð til
BLAÐSÍÐUR:	<input type="checkbox"/> Háð leyfi verkkaupa
UPPLAG:	

HEITI SKÝRSLU:

Öxulróf metið út frá gögnum WIM umferðargreinis

HÖFUNDAR:

Jóhannes Loftsson, Sigurður Erlingsson

VERKEFNISSTJÓRI:

Jóhannes Loftsson

UNNIÐ FYRIR: VEGAGERÐINA

UMSJÓN: NICOLAI JÓNASON

SAMSTARFSADILAR:

Sigurður Erlingsson, Háskóla Íslands

GERÐ SKÝRSLU/VERKSTIG:

ÚTDRÁTTUR:

Nýjar hönnunaraðferðir fyrir vegsnið sem byggja á aflfræðilegri greiningu hafa verið að ryðja sér til rúms víða um heim á undanförunum árum. Forsenda fyrir slíkri greiningu er öxulróf fyrir mælda umferð.

Í skýrslunni er birt öxulróf (axle load spectra) fyrir íslenska þungaumferð byggt á leiðréttum umferðarmælingum þyngdargreinis (WIM) við Esjumela yfir heilt ár. Skoðað er hvernig öxulróf breytist innan hvers þungaflokks og hvernig það breytist innan árstíma.

Upplýsingarnar má nota við nálgun öxulrófs annars staðar á landinu.

LYKILORÐ ÍSLENSK:

Öxulróf, Umferðargreinar, EUR13
Ökutækjaflokkun, gögn fyrir aflfræðileg
greining þversniðs

LYKILORÐ ENSK:

Axle load spectra, EUR13 Traffic
Classification, mechanistic pavement design
data

UNDIRSKRIFT VERKEFNISSTJÓRA:

Jóhannes Loftsson

YFIRFARIÐ AF:

Sigurði Erlingssyni
Hrafnhildi Brynjólfsdóttur Verkís

Samantekt

Nýjar hönnunaraðferðir fyrir vegsnið sem byggja á aflfræðilegri greiningu hafa verið að ryðja sér til rúms víða um heim á undanförunum árum. Forsenda fyrir slíkri greiningu er öxulróf fyrir mælda umferð.

Í skýrslunni er birt öxulróf (axle load spectra) fyrir íslenska þungaumferð byggð á leiðréttum umferðarmælingum þyngdargreinis (WIM) við Esjumela yfir heilt ár. Skoðað er hvernig öxulróf breytist innan hvers þungaflokks og hvernig það breytist innan árstíma.

Upplýsingarnar má nota við nálgun öxulrófs annars staðar á landinu.

Efnisyfirlit

Samantekt	i
Efnisyfirlit	iii
1 Formáli	1
2 Forsendur útreikninga	1
2.1 Þungaálag	1
2.2 Tegundir öxla í öxulrófi	2
2.3 Gerð öxulrófs	3
2.3.1 Mælingar þyngdargreinis (WIM)	3
2.3.2 Aðskilnaður þungra ökutækja	3
2.3.3 Grunn gögn fyrir Öxulróf	3
2.3.4 Aðskilnaður öxla	3
3 Öxulróf við Esjumela	4
3.1 Öxulróf sundurliðað á ökutækjaflokka	4
3.1.1 Stýriöxull	4
3.1.2 Stakur öxull	6
3.1.3 Tvíöxull	6
3.1.4 Þríöxull	8
3.2 Dreifing umferðar yfir árstíðir	10
3.2.1 Stýriöxull	10
3.2.2 Stakur öxull	11
3.2.3 Tvíöxull	12
3.2.4 Þríöxull	13
4 Umfjöllun um niðurstöður	14
5 Frekari vinna	14
6 Heimildir	14

1 Formáli



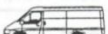


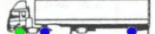


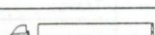


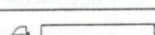






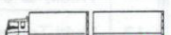


Nýjar hönnunaraðferðir í vegagerð, sem víða er verið að vinna að, byggja á aflfræðilegri greiningu (mechanistic pavement design methods). Þær ákvarða hrönnun vegsniða sem fall af tíma. Til að hægt sé að framkvæma slíka greiningu þarf umferðin, veðurfarsþættir og efniseiginleikar að vera þekktir með öðrum hætti en áður hefur verið krafist vegna veghönnunar. Einn af lykilmáttum slíkra greininga er það umferðarálág sem um vegsniðið fer. Umferðarálagið er þar sett fram sem öxulróf (axle load spectrum) sem byggir á mældum öxulþyngdum umferðar.

Markmið þessa verkefnis er að útbúa öxulróf fyrir íslenska umferð með því að greina öxul- og þyngdarmælingar þyngdargreinis (WIM), sem staðsettur er við Esjumela.

2 Forsendur útreikninga

2.1 Þungaálág

Frá árinu 2001 hefur Vegagerðin rekið þyngdargreini (WIM) við Esjumela, sem m.a. mælir öxulþyngdir og öxulgerðir allra ökutækja sem um hann fara og flokkar þær samkvæmt EUR13 flokkunarkerfinu sem sundurgreindir helstu flokka þungaumferðar:

Vehicle Classification Table			GR03-EUR13			
1	Car, Light Van		6	Rigid 3-Axle HGV & 2-Axle Drawbar Trailer		
	Light Goods Vehicle (LGV)			Rigid 3-Axle HGV & 3-Axle Drawbar Trailer		
	Car/LGV & 1-Axle Caravan/Trailer			7	Artic, 2-Axle Tractor & 1-Axle Semi-Trailer	
	Car/LGV & 2-Axle Caravan/Trailer				8	Artic, 2-Axle Tractor & 2-Axle Semi-Trailer
2	Rigid 2-Axle Truck (HGV)		9	Artic, 2-Axle Tractor & 3-Axle Semi-Trailer		
	3	Rigid 3-Axle Truck (HGV)			10	Artic, 3-Axle Tractor & 1-Axle Semi-Trailer
	Rigid 3-Axle Truck (HGV)		11	Artic, 3-Axle Tractor & 2-Axle Semi-Trailer		
4	Rigid 4-Axle Truck (HGV)			12	Bus or Coach 2-Axle	
	Rigid 4-Axle Truck (HGV)		Bus or Coach 3-Axle			
5	Rigid 2-Axle Truck & 2-Axle Drawbar Trailer		13	Vehicle with 7 or more Axles		
	Rigid 2-Axle Truck & 3-Axle Drawbar Trailer			Vehicle not classified above		
	Rigid 2-Axle Truck & 1-Axle Caravan/Trailer					
	Rigid 2-Axle Truck & 2-Axle Trailer/Caravan					

Mynd 1. EUR13 ökutækjaflokkun með öxulgerðum merktum inn: stýriöxlar (grænir), stakir öxlar (bláir), tvíöxlar (bleikir) og þríöxlar (rauðir). (Golden River Traffic Ltd, 1998)

Með rétttri úrvinnslu mælinga gefa þessi umferðargögn mjög ítarlegar upplýsingar um þungaumferðina (Loftsson, 2009b) (Loftsson, 2009a).

Hefðbundin úrvinnsla umferðargreinisgagna, felst í að umreikna uppsafnað mælt þungaálag yfir í jafngildisálag staks öxuls (ESAL – Equivalent Single Axle Loads) með fjórðaveldis umreikningum. Gallinn við þá aðferð er að hún er ekki nægjanlega nákvæm fyrir aflfræðilega greiningu, þar sem m.a. er tekið tillit til samverkandi áhrifa aðliggjandi öxla. Fyrir aflfræðilega greiningu er því betra að nota öxulrófsgreiningu (Buchanan, 2004).

2.2 Tegundir öxla í öxulrófi





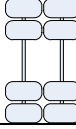
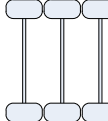
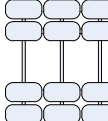
Niðurbrot vegsniðs er margbreytilegt. Yfirborðsmalbikslag skemmist einkum vegna smærri ökutækja. Slíkar skemmdir eru yfirleitt vel viðráðanlegar og má laga með einfaldri viðgerð.

Þegar neðar dregur í vegsniðinu hverfa niðurbrotsáhrif léttra ökutækja og hrörnunin ræðst af álagsþunga og álagsfleti þungra ökutækja. Skemmdir í burðarlögum eru að jafnaði mun erfiðari viðureignar, því viðgerð á þeim kallar á að endurbyggja þarf allt vegsniðið, sem er mun kostnaðarsamara. Þess vegna er álag þungaflutninga greint sérstaklega þegar álag á vegsnið er kannað.

Í þungaflutningum er álaginu dreift á fleiri hjólbarða og samliggjandi öxla sem minnkar punktálag í efstu burðarlögum. Þegar neðar dregur í þversniðið, koma hins vegar samverkandi áhrif álagsflatanna fram. Í efra burðarlagi gætir áhrifa tvöfalds hjólabúnaðs og í neðra burðarlaginu fara áhrif tvöfaldrö öxla og þrefaldrö öxla að verða ráðandi. Nákvæm afstaða hjólbarða hefur þannig mikil áhrif á hvernig niðurbrot vegsniðsins verður, því er hún lykilþáttur í úrvinnslu öxulrófs.

Í eftirfarandi töflu eru helstu öxulgerðir sem teknar eru inn í öxulróf skilgreindar:

Tafla 1. Öxulgerðir öxulrófs.

Þungaöxulgerð	Einfaldur hjólabúnaður	Tvöfaldur hjólabúnaður	Athugasemdir
Stýriöxull (steering)			Fremsti öxull allra ökutækja er stýriöxull. Fremsti öxull er aldrei með tvöfalddan hjólabúnað.
Einfaldur öxull (single)			Einfaldir öxlar eru allir stakir öxlar aftan við stýriöxul.
Tvöfaldur öxull (tandem)			Tvöfaldir öxlar eru aðliggjandi öxlar, sem hafa samverkandi áhrif niður í neðra burðarlag.
Þrefaldur öxull (tridem)			Þrefaldir öxlar hafa áhrif dýpra í þversniðið.

Í aflfræðigreininu þversniðs er sérhver öxulflokkur skoðaður sérstaklega. Það er gert með öxulrófi, sem sýnir þyngdardreifingu innan hvers flokks og gefur þannig betri nálgun á niðurbrotsvirkni neðar í vegsniðið. Aðrir þættir eins og veðurfar eru einnig teknir með, sem gerir aðgengi að mælingum sem sýna breytingu þungaumferðar eftir árstíma þeim mun mikilvægari (Erlingsson, 2010a) (Erlingsson, 2010b).

2.3 Gerð öxulrófs

2.3.1 Mælingar þyngdargreinis (WIM)

Í grunninn er notast er við mælingar þyngdargreinis við Esjumela frá 2006 sem er stuttu eftir endurkvörðun mælis (2005). Mælingarnar eru síðan leiðréttar frekar með tölfræðilegri leiðréttingaaðferð sem þróuð hefur verið (Loftsson, 2009a)

Leiðréttingin er nauðsynleg vegna brenglunar sem verður í mælinum með tíma vegna niðurbrotsáhrifa umferðarlags.

Heildarfjöldi skráðra mælinga 2006 var 2.658.527 ökutæki, þar af mældust 173.108 ökutæki í þungaflokkum samkvæmt skilgreiningu þessarar skýrslu.

2.3.2 Aðskilnaður þungra ökutækja

Þar sem áhrif léttu-umferðar á vegniðurbrot niðri í vegsniði er hverfandi, er hún að jafnaði ekki tekin inn í greiningu öxulrófs. Í þessari greiningu er miðað við að telja ökutæki sem þung ef þau eru 3,5 tonn eða þyngri og flokkast í þungaflokk samkvæmt aðlöguðu EUR13 flokkunarkerfi. Þessi þyngdarmörk samræmast sænskri skilgreiningu sem tekur tillit til léttari þyngri ökutækja.

Núverandi stillingu á þyngdarflokkun öxulgreina Vegagerðarinnar er ekki hægt að nota hráa því það þarf að laga hana hérlendri umferð. Fyrir það hefur verið þróuð leiðrétting, sem skilgreinir EUR13 þyngdarflokkana á mun markvissari hátt (Loftsson, 2009b).

Hluti flokks 13 (óflokkanleg) ökutæki eru þungaflutningsökutæki. Taka þarf tillit til þess við úrvinnslu öxulrófs, sem eingöngu inniheldur mælingar úr flokkum 2-12. Miðað við núverandi stillingar umferðargreina lenda um 19% allra þungaflutningsbíla í flokki 13 (Loftsson, 2009b). Þetta kemur nokkuð saman við það sem fæst þegar þyngdargreinisgögn eru skoðuð¹.

Þetta má leiðrétta með því að skala mæld öxulrófsgildi samkvæmt eftirfarandi aðferð:

Stýriöxlar: $heildarfjöldi = n_{stýriöxlar} + 19\% \cdot n_{stýriöxlar}$

Stakir öxlar: $heildarfjöldi = n_{stakir\ öxlar} + 19\% \cdot \frac{n_{stakir}}{n_{stýrt}}$

Tvöfaldir öxlar: $heildarfjöldi = n_{tvöfaldir\ öxlar} + 19\% \cdot \frac{n_{tvöfaldir}}{n_{stýrt}}$

Prefaldir öxlar: $heildarfjöldi = n_{prefaldir\ öxlar} + 19\% \cdot \frac{n_{prefaldir}}{n_{stýrt}}$

Þessari leiðréttingu er bætt við sem viðbótardálki í samantektartöflum.

2.3.3 Grunnkögn fyrir Öxulróf

Heildarfjöldi ökutækja sem fóru um umferðargreininn við Esjumela árið 2006 var 2.658.527 ökutæki. Af þeim uppfylltu 173.108 ökutæki skilyrði um að heildarþyngd væri meiri en 3,5 tonn og að vera í þungaflokki (fl. 2-12).

2.3.4 Aðskilnaður öxla

Við mat á aðskilnaði öxla var ákveðið að miða við bandarískt regluverk (23CFR470, Bureau of Transportation Statistics Dictionary) þar sem öxull er talinn sem tvíöxull ef bil milli öxla er minna en 96 tommur, eða 2,44 m. Í þessari öxulrófgreiningu er þetta mál notað til grundvallar aðskilnaði samverkandi öxla (tví- og þríöxla) frá stökum öxlum.

Út frá viðauka B í skýrslu (Loftsson, 2009b) mætti áætla aðeins lægri viðmið, >2,2 m sem bil milli stakra öxla.

¹ 30.375 ökutækja í 13. flokki árið 2006 voru bæði þyngri en 10 tonn og höfðu þyngsta öxul þyngri en 3,5 tonn. 43.997 ökutæki í 13. flokki árið 2006 voru bæði þyngri en 10 tonn og höfðu þyngsta öxul þyngri en 3 tonn.

Þetta er um 18-25% af þungaumferðinni (173.108), sem samsvarar nokkurn veginn því hlutfalli sem vettvangsmælingar gáfu.

Meta má hversu mikið viðmið sem miðar við bandarískt regluverk (>2,44) er frábrugðið hinu lægra viðmiði (>2,2m), með því að beita þeim á umferðargögn frá Esjumelum frá júní 2006, sem voru grunn gögn fyrir greiningu í viðauka B í skýrslu (Loftsson, 2009b).

Tafla 2. Áhrif mismunandi skilgreiningar á aðliggjandi öxlum.

Pungaflokkur	Lýsing á áhrifum þungaflokka m.v. viðauka B í skýrslu (Loftsson, 2009b) þegar notuð er skilgreining á stökum öxli sem miðar við bandarískt regluverk	Lýsing á áhrifum þungaflokka m.v. viðauka B í skýrslu (Loftsson, 2009b) þegar notuð er skilgreining á stökum öxli sem hentar best mælingum í viðauka B
Öxulbil	2,44m	2,2m
Flokkur 2	Full samsvörun	Full samsvörun
Flokkur 3	Full samsvörun	Full samsvörun
Flokkur 4	Góð samsvörun. 159 tvíöxla-ökutæki lenda í þríöxul flokk vegna aðeins of stutts 2. öxulbils. (10%)	Nánast full samsvörun. 27 tvíöxul-ökutæki lenda í þríöxul flokk vegna aðeins of stutts 2. öxulbils.
Flokkur 5	Full samsvörun	Full samsvörun.
Flokkur 6	Full samsvörun.	49 ökutæki í flokkast með stakan 6. öxul.
Flokkur 7	Full samsvörun	Full samsvörun
Flokkur 8	Full samsvörun	Full samsvörun
Flokkur 9	Full samsvörun.	Full samsvörun
Flokkur 10	Full samsvörun	Full samsvörun
Flokkur 11	Góð samsvörun. 41 ökutækja hafa 5 aðliggjandi öxla.	Nánast full samsvörun. 7 ökutæki hafa 5 aðliggjandi öxla.
Flokkur 12	Full samsvörun	Full samsvörun

210 „rangar“ öxulflokkarnir

83 „rangar“ öxulflokkarnir

Í ljósi þess að í júní 2006 flokkast um 20 þúsund ökutæki sem þungaökutæki er rangflokkunin upp á um eða undir 1% af þungaflutnings ökutækjum. Þetta er vel ásættanleg nákvæmni. Óhætt er því að nota bandaríska skilgreiningu á tvíöxli (<2,44m), þó aðlöguð skilgreining gefi aðeins betri niðurstöðu.

3 Öxulróf við Esjumela

Framangreinda umfjöllun má taka saman í eftirfarandi skilgreiningu á öxulrófi fyrir þungaumferð: Til þungaumferðar teljast öll ökutæki í þungaflokkum 2-12 sem eru þyngri en 3,5 tonn. Öxlar eru taldir samverkandi ef fjarlægð milli þeirra er minni en 2,44 m (8 fet).

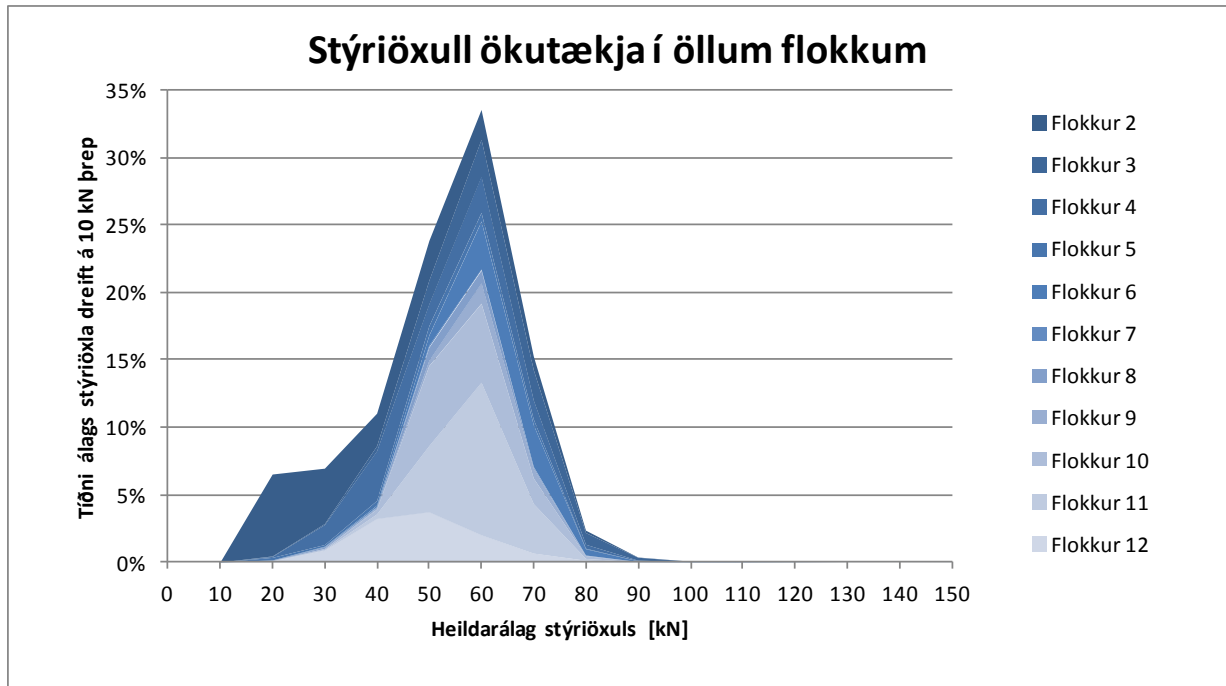
Þung ökutæki í 13. flokk hafa engin áhrif á öxulrófið sjálft. Unnt er að taka tillit til þessara ökutækja með því að skala upp heildarfjöld mæligilda.

3.1 Öxulróf sundurliðað á ökutækjaflokka

Við úrvinnslu var ákveðið sundurgreina áhrif sérhvers ökutækjaflokks á umferðaralag, sem auðveldar rýni gagna og gerir mögulegt að yfirfæra mælingar þyngdargreinis við Esjumela yfir á öxulgreina Vegagerðarinnar.

3.1.1 Stýriöxull

Stýriöxull er fremsti öxull ökutækis og er ávallt með einfalda hjólbarða. Uppsafnað öxulróf allra þungaflokka má sjá á eftirfarandi mynd og töflu. Dreifnin samsvarar tíðni álagspúlisa ± 5kN frá uppgefnum þrepum, þannig að t.d. undir 10 kN þrepið falla allir álagspúlisar á bilinu 5-15kN.


Mynd 2. Þungaflokks samsetning öxulrófs stýriöxuls.

Álagsþrep	Flokkur 2	Flokkur 3	Flokkur 4	Flokkur 5	Flokkur 6	Flokkur 7	Flokkur 8	Flokkur 9	Flokkur 10	Flokkur 11	Flokkur 12	Heildarfjöldi	Heildarfjöld með 19% leiðr.	Hlutfall af heild
0 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
20 kN	10.505	65	123	326	12	7	38	10	35	24	142	11.287	13.431	7%
30 kN	7.102	147	2.552	207	35	68	171	29	135	92	1.499	12.037	14.324	7%
40 kN	4.173	666	6.367	585	181	80	142	106	613	594	5.585	19.092	22.719	11%
50 kN	5.098	3.063	2.827	1.178	1.251	244	1.677	701	10.262	8.498	6.441	41.240	49.076	24%
60 kN	3.837	4.799	4.676	1.075	6.096	106	1.626	2.656	10.113	19.584	3.490	58.058	69.089	34%
70 kN	1.761	3.916	2.453	708	5.346	3	229	1.250	3.270	6.355	1.144	26.435	31.458	15%
80 kN	311	1.507	500	72	800	0	40	37	356	235	230	4.088	4.865	2%
90 kN	35	371	61	17	90	1	8	11	30	7	13	644	766	0%
100 kN	8	46	34	2	6	0	3	8	3	4	0	114	136	0%
110 kN	1	10	32	0	1	0	0	11	3	1	0	59	70	0%
120 kN	1	2	25	1	0	0	0	4	1	0	0	34	40	0%
130 kN	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	1	6	7	0%
140 kN	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0%
150 kN	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	10	12	0%
Heildarfjöldi í flokk	32.833	14.599	19.659	4.172	13.818	509	3.934	4.823	24.821	35.394	18.546	173.108	205.998	100%
Hlutfall í þungaflokk	19%	8%	11%	2%	8%	0%	2%	3%	14%	20%	11%	100%		

Tafla 3. Þungaflokks samsetning öxulrófs stýriöxuls. Tekið er tillit til að um 19% af allri þungaumferð mælist í 13. flokk í dálki fyrir leiðréttu heildarsummu.

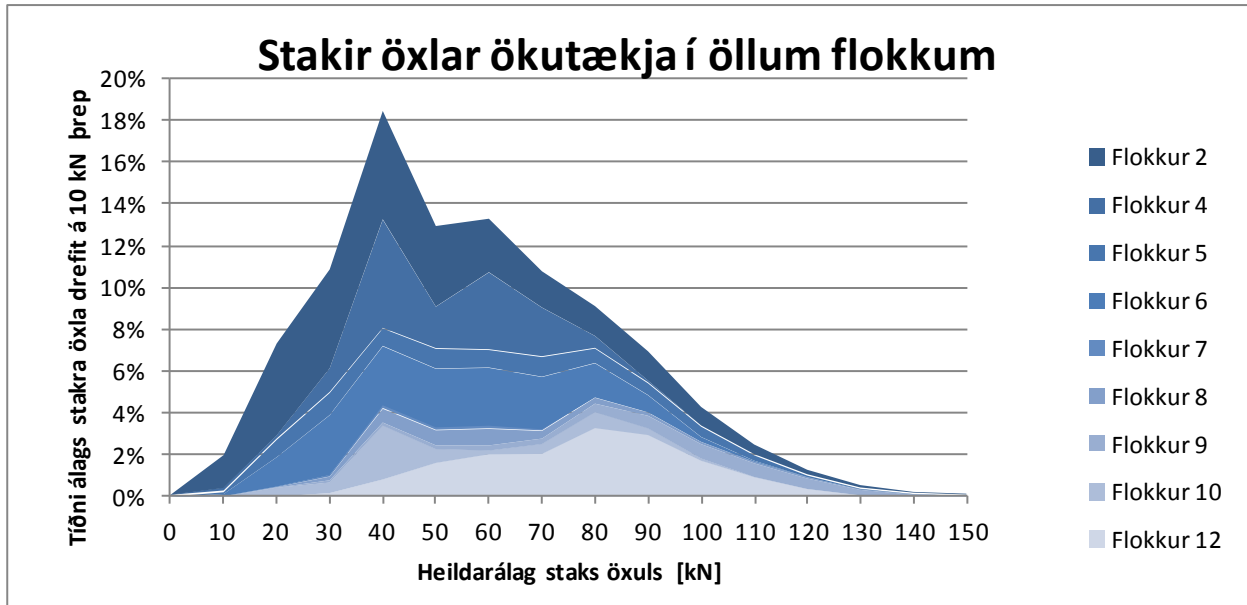
Þegar róf er skoðað sést hvernig öll léttustu ökutækjin eru í 2. flokki. Toppurinn við 20 kN segir þó ekki endilega alla söguna, því töluvert af ökutækjum með öxulþunga 20 kN eða léttari teljast ekki til þungaumferðar eins og hún hefur verið skilgreind og hafa því verið aðskilin. Þessi aðskilnaður skiptir ekki máli fyrir öxulrófsgreininguna, sem notuð er við að skoða niðurbrot dýpra í vegsniðinu, þar sem álagskraftar eru meiri.

Meginhluti þungaálagsins er við 40kN og 70 kN

Helstu þungaflokkar á þessu bili eru flokkar 10 og 11 (dráttarvagnar). (sjá mynd 2). Einnig eru áberandi flokkur 12 (rútur) og flokkar 2-4 (2-4ra öxla flutningabílar) og flokkur 6 (flutningabíll með dráttarvagni).

3.1.2 Stakur öxull

Stakur öxull kallast sérhver öxull fyrir aftan við stýriöxul sem ekki er með aðliggjandi samverkandi öxul. Öxulróf fyrir staka öxla allra flokka er sýnt á eftirfarandi mynd.



Mynd 3. Þungaflokks samsetning öxulrófs staks öxuls.

Álagsþrep	Flokkur 2	Flokkur 3	Flokkur 4	Flokkur 5	Flokkur 6	Flokkur 7	Flokkur 8	Flokkur 9	Flokkur 10	Flokkur 11	Flokkur 12	Heildarfjöldi	Heildarfjöldi með leiðr.	Hlutfall af heild
0 kN	0	0	24	8	1	4	0	0	1	0	0	38	43	0%
10 kN	1.805	0	162	94	122	7	5	3	19	0	0	2.217	2.496	2%
20 kN	5.049	0	182	945	1.607	39	25	11	485	0	6	8.349	9.401	7%
30 kN	5.435	0	1.300	1.204	3.287	97	200	124	575	0	202	12.424	13.988	11%
40 kN	5.951	0	5.959	946	3.240	223	748	166	2.953	0	942	21.128	23.789	18%
50 kN	4.424	0	2.276	1.069	3.217	185	818	204	769	0	1.841	14.803	16.667	13%
60 kN	2.936	0	4.228	953	3.176	200	901	279	222	0	2.309	15.204	17.119	13%
70 kN	1.987	0	2.676	1.070	2.869	119	413	296	557	0	2.330	12.317	13.868	11%
80 kN	1.637	0	649	781	1.872	51	319	464	895	0	3.736	10.404	11.714	9%
90 kN	1.608	0	96	636	930	46	170	687	388	0	3.358	7.919	8.916	7%
100 kN	1.018	0	4	559	255	28	120	784	139	0	1.957	4.864	5.477	4%
110 kN	525	0	2	290	52	11	91	743	19	0	1.066	2.799	3.152	2%
120 kN	244	0	3	83	11	7	67	571	2	0	423	1.411	1.589	1%
130 kN	129	0	0	34	0	1	29	297	0	0	79	569	641	0%
140 kN	41	0	1	14	1	0	19	104	0	0	15	195	220	0%
150 kN	44	0	0	10	0	0	11	29	0	0	4	98	110	0%
Heildarfjöldi í flokk	32.833	0	17.562	8.696	20.640	1.018	3.936	4.762	7.024	0	18.268	114.739	129.189	100%
Hlutfall í þungaflokk	29%	0%	15%	8%	18%	1%	3%	4%	6%	0%	16%	100%		

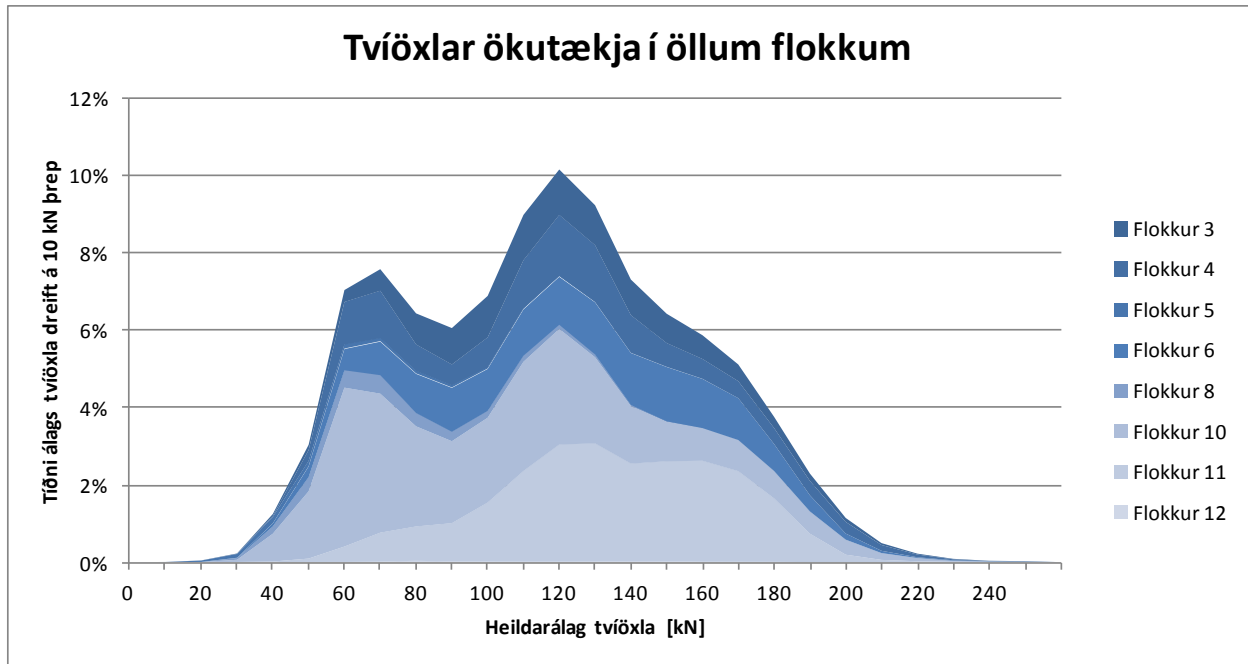
Tafla 4. Þungaflokks samsetning öxulrófs staks öxuls. Tekið er tillit til að um 19% af allri þungaumferð mælist í 13. flokk í dálki fyrir leiðréttu heildarsummu.

Öxulróf stakra öxla er mun dreifðara og nær hærri þyngdum en öxulróf stýriöxla. Stakir öxlar bera hlass og hafa því of tvöfalda hjólbarða til að dreifa álaginu og geta borið meira álag.

Mesta tíðni öxulrófs er við 40 kN, en einnig eru ákveðnir flokkar að mælast með mestu tíðni við meiri þyngdir. Einkum er áberandi að flokkur 12 (Rútur) er að mælast sem lang mesti álagsvaldur við álag stakra öxla ≥ 80 kN.

3.1.3 Tvíöxull

Tvíöxull kallast tveir aðliggjandi samverkandi öxlar. Öxulróf fyrir tvíöxla allra flokka er sýnt á eftirfarandi mynd.


Mynd 4. Þungaflokks samsetning öxulrófs tvíöxla.

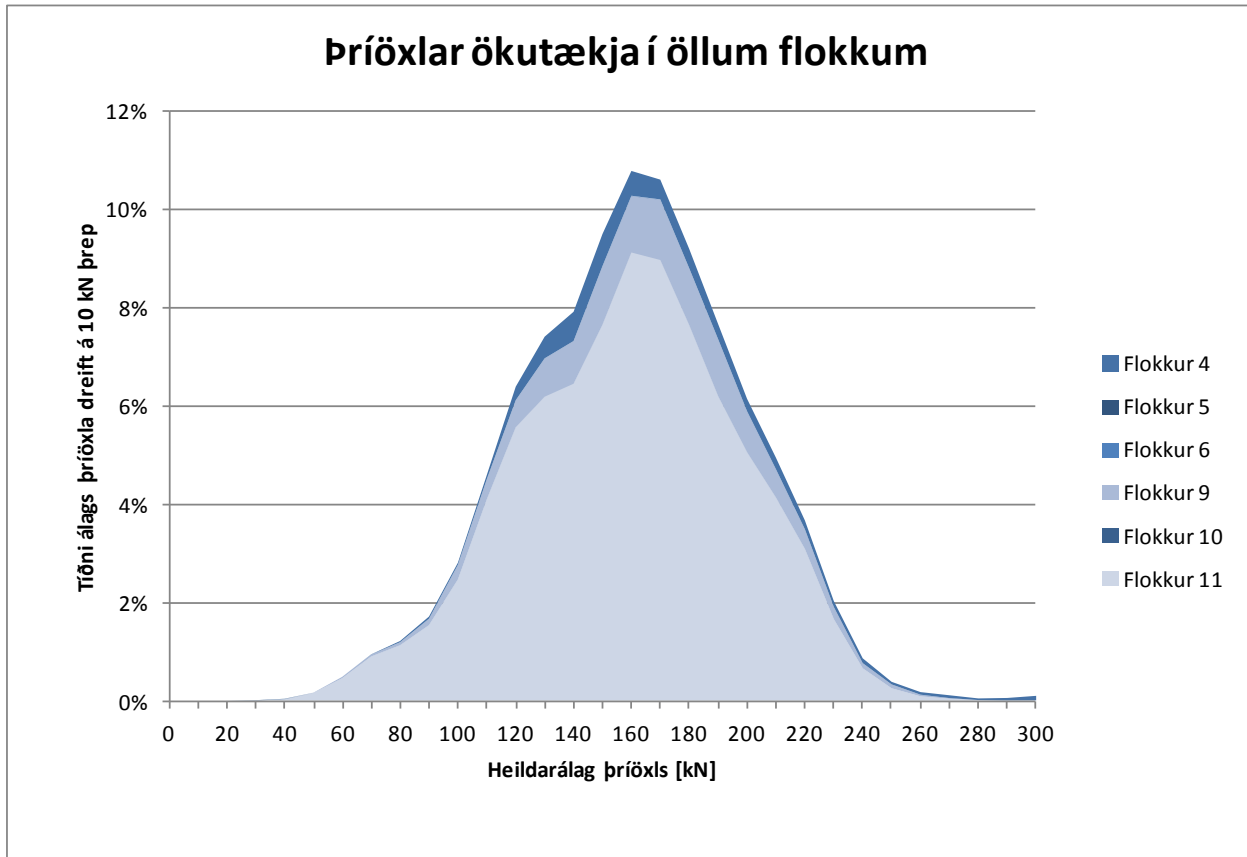
	Flokkur 2	Flokkur 3	Flokkur 4	Flokkur 5	Flokkur 6	Flokkur 7	Flokkur 8	Flokkur 9	Flokkur 10	Flokkur 11	Flokkur 12	Heildarfjöldi	Heildarfjöldi með leiðr.	Heild	Hlutfall af
Meðalöxubíll:	Á ekki við	1.36 m	1.37 m	1.20 m	1.48 m	Á ekki við	1.43 m	Á ekki við	1.36 m	1.37 m	1.19 m	1.39 m	1.39 m	Á ekki við	
Álagsþrep:															
0 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10 kN	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	2	6	7	0%	
20 kN	0	5	0	49	0	0	2	0	4	0	1	61	70	0%	
30 kN	0	14	5	133	11	0	60	0	77	3	3	306	352	0%	
40 kN	0	64	48	223	106	0	260	0	979	16	5	1,701	1,955	1%	
50 kN	0	188	387	194	376	0	510	0	2,365	119	6	4,145	4,764	3%	
60 kN	0	423	1,509	159	749	0	636	0	5,586	540	7	9,609	11,044	7%	
70 kN	0	763	1,680	124	1,182	0	675	0	4,886	1,020	15	10,345	11,890	8%	
80 kN	0	1,100	937	106	1,380	0	489	0	3,520	1,205	48	8,785	10,097	6%	
90 kN	0	1,288	739	91	1,549	0	349	0	2,882	1,347	21	8,266	9,501	6%	
100 kN	0	1,467	1,066	54	1,477	0	262	0	2,982	2,074	19	9,401	10,805	7%	
110 kN	0	1,604	1,700	43	1,633	0	240	0	3,839	3,187	16	12,262	14,094	9%	
120 kN	0	1,607	2,161	33	1,690	0	179	0	4,064	4,117	15	13,866	15,937	10%	
130 kN	0	1,413	2,009	16	1,839	0	128	0	3,026	4,155	18	12,604	14,486	9%	
140 kN	0	1,259	1,331	11	1,831	0	65	0	2,020	3,434	28	9,979	11,470	7%	
150 kN	0	1,037	841	9	1,918	0	33	0	1,390	3,516	27	8,771	10,081	6%	
160 kN	0	841	701	7	1,735	0	20	0	1,147	3,548	14	8,013	9,210	6%	
170 kN	0	591	603	0	1,477	0	14	0	1,098	3,185	12	6,980	8,023	5%	
180 kN	0	397	567	1	951	0	8	0	969	2,229	10	5,132	5,899	4%	
190 kN	0	261	508	2	568	0	1	0	789	997	3	3,129	3,596	2%	
200 kN	0	141	411	0	215	0	1	0	531	259	2	1,560	1,793	1%	
210 kN	0	67	205	0	81	0	1	0	239	77	2	672	772	0%	
220 kN	0	31	97	0	27	0	0	0	115	29	1	300	345	0%	
230 kN	0	17	33	0	20	0	0	0	36	10	1	117	134	0%	
240 kN	0	10	11	0	6	0	0	0	13	6	2	48	55	0%	
250 kN	0	8	13	1	3	0	0	0	5	4	0	34	39	0%	
Heildarfjöldi í flokk	0	14,599	17,562	1,257	20,824	0	3,933	0	42,562	35,077	278	136,092	156,420	100%	
Hlutfall í þungaflokk	0%	11%	13%	1%	15%	0%	3%	0%	31%	26%	0.2%	100%			

Tafla 5 Þungaflokks samsetning öxulrófs tvíöxla. 13. flokkur sem inniheldur um 19% af allri þungaumferð er undanskilin.

Öxulróf tvíöxla dreifist nokkuð jafnt á bilinu 60 kN til 180kN. Þetta stemmir vel við það að hámarks leyfileg mörk eru um 190 kN. Helstu tvíöxla ökutæki eru flutningavagnar úr flokkum 10 og 11. Þar á eftir koma flokkur 6, flokkur 4 og flokkur 3.

3.1.4 Þríöxull

Þríöxull kallast þrjú aðliggjandi samverkandi öxlar. Öxulróf fyrir staka öxla allra flokka er sýnt á eftirfarandi mynd.



Mynd 5. Þungaflokks samsetning öxulrófs þríöxla.

	Flokkur 2	Flokkur 3	Flokkur 4	Flokkur 5	Flokkur 6	Flokkur 7	Flokkur 8	Flokkur 9	Flokkur 10	Flokkur 11	Flokkur 12	Heildarfjöldi	Heildarfjöldi með leiðr.	Hlutfall af heild
Meðalöxubíl:	Á ekki við	Á ekki við	1.86 m	1.80 m	1.60 m	Á ekki við	Á ekki við	1.34 m	1.81 m	1.34 m	Á ekki við	1.37 m	1.37 m	Á ekki við
Álagsþrep:														
0 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
20 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
30 kN	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3	3	0%
40 kN	0	0	0	1	1	0	0	1	1	11	0	15	16	0%
50 kN	0	0	0	0	0	0	0	3	0	64	0	67	70	0%
60 kN	0	0	0	0	0	0	0	12	0	191	0	203	212	0%
70 kN	0	0	2	0	0	0	0	16	0	377	0	395	413	1%
80 kN	0	0	10	0	0	0	0	26	0	473	0	509	532	1%
90 kN	0	0	18	0	1	0	0	54	0	645	0	718	751	2%
100 kN	0	0	18	0	1	0	0	124	0	1,036	0	1,179	1,233	3%
110 kN	0	0	36	0	0	0	0	172	0	1,721	0	1,929	2,018	5%
120 kN	0	0	116	0	0	0	0	231	0	2,337	0	2,684	2,808	6%
130 kN	0	0	185	0	1	0	0	327	0	2,598	0	3,111	3,254	7%
140 kN	0	0	250	0	0	0	0	365	0	2,709	0	3,324	3,477	8%
150 kN	0	0	274	0	1	0	0	500	0	3,214	0	3,989	4,173	10%
160 kN	0	0	212	0	2	0	0	483	0	3,831	0	4,528	4,737	11%
170 kN	0	0	169	0	1	0	0	517	0	3,767	0	4,454	4,659	11%
180 kN	0	0	165	0	0	0	0	486	0	3,210	0	3,861	4,039	9%
190 kN	0	0	129	0	1	0	0	486	0	2,603	0	3,219	3,367	8%
200 kN	0	0	106	0	1	0	0	349	0	2,124	0	2,580	2,699	6%
210 kN	0	0	98	0	1	0	0	241	0	1,736	0	2,076	2,172	5%
220 kN	0	0	75	0	1	0	0	167	0	1,297	0	1,540	1,611	4%
230 kN	0	0	50	0	0	0	0	104	0	697	0	851	890	2%
240 kN	0	0	41	0	0	0	0	44	0	276	0	361	378	1%
250 kN	0	0	22	0	0	0	0	33	0	105	0	160	167	0%
260 kN	0	0	22	0	1	0	0	13	0	36	0	72	75	0%
270 kN	0	0	24	0	0	0	0	6	0	15	0	45	47	0%
280 kN	0	0	14	0	0	0	0	2	0	2	0	18	19	0%
290 kN	0	0	21	0	0	0	0	0	0	1	0	22	23	0%
300 kN	0	0	38	0	0	0	0	1	0	1	0	40	42	0%
Heildarfjöldi í flokk	0	0	2,096	2	13	0	0	4,763	2	35,077	0	41,953	43,885	100%
Hlutfall í þungaflokk	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	11%	0%	84%	0%	100%		

Tafla 6. Þungaflokks samsetning öxulrófs þríöxla. 13. flokkur sem inniheldur um 19% af allri þungaumferð er undanskilin.

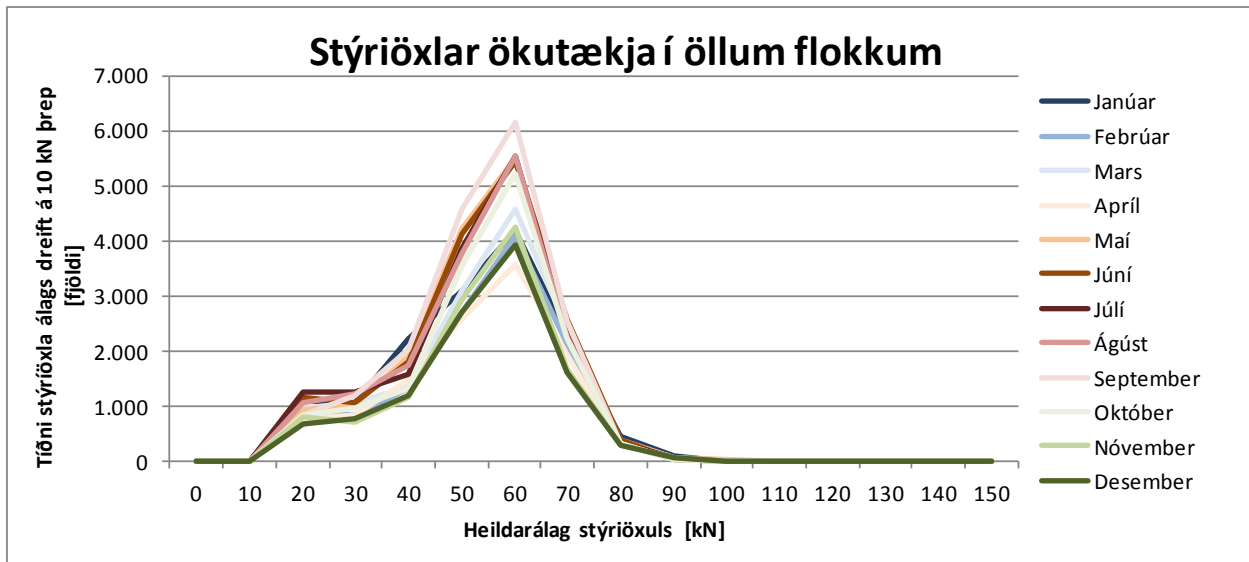
Öxulróf þríöxla er mjög samþjappað og samanstendur af flutningavögnum í flokki 11 og flokki 9 og flutningabílum í flokki 4.

Athyglisvert er að sjá að mjög lítið er að mælast af léttum þríöxlum (~70kN). Skýringin liggur í því að flutningavagnar með þríöxul lyfta upp aftasta ás þegar ekki er ekið með hlass og mælast því sem tvíöxull.

3.2 Dreifing umferðar yfir árstíðir

Þungaumferð á þjóðvegum er ekki eins árstíðabundin og umferð léttara ökutækja (Loftsson, 2009a). Vegna frost þýðu verkunar hefur dreifing umferðar yfir árið töluverð áhrif. Kortlagning á öxulrófi þessarar umferðar yfir árstíðir er því mikilvæg tæki fyrir aflfræðilega hönnun vegsniðsins.

3.2.1 Stýriöxull



Mynd 6. Árstíðarbundið öxulróf stýriöxuls.

	Janúar	Febrúar	Mars	Apríl	Maí	Júní	Júlí	Ágúst	September	Oktober	Nóvember	Desember	Allt árið 2006	Hlutfall af heild
Álagsþrep														
0 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
20 kN	1,088	902	966	789	940	1,154	1,248	1,057	832	828	818	665	11,287	7%
30 kN	1,057	838	1,051	851	1,043	1,067	1,250	1,216	1,207	978	712	767	12,037	7%
40 kN	2,221	1,337	1,350	1,484	1,892	1,792	1,575	1,743	2,042	1,322	1,157	1,177	19,092	11%
50 kN	3,078	2,706	3,094	2,576	4,231	4,122	3,878	3,775	4,578	3,559	2,937	2,706	41,240	24%
60 kN	4,182	4,103	4,567	3,588	5,496	5,457	5,537	5,552	6,169	5,223	4,263	3,921	58,058	34%
70 kN	2,292	2,117	2,413	1,939	2,536	2,564	2,279	2,249	2,540	2,222	1,686	1,598	26,435	15%
80 kN	459	328	353	294	389	388	317	329	329	318	289	295	4,088	2%
90 kN	87	53	71	59	57	41	50	30	41	39	65	51	644	0%
100 kN	8	9	9	5	20	6	12	10	10	12	8	5	114	0%
110 kN	9	5	2	2	6	5	4	6	11	7	1	1	59	0%
120 kN	4	0	1	4	1	1	3	4	1	2	10	3	34	0%
130 kN	2	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	6	0%
140 kN	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	4	0%
150 kN	0	0	2	0	1	2	1	0	1	2	1	0	10	0%

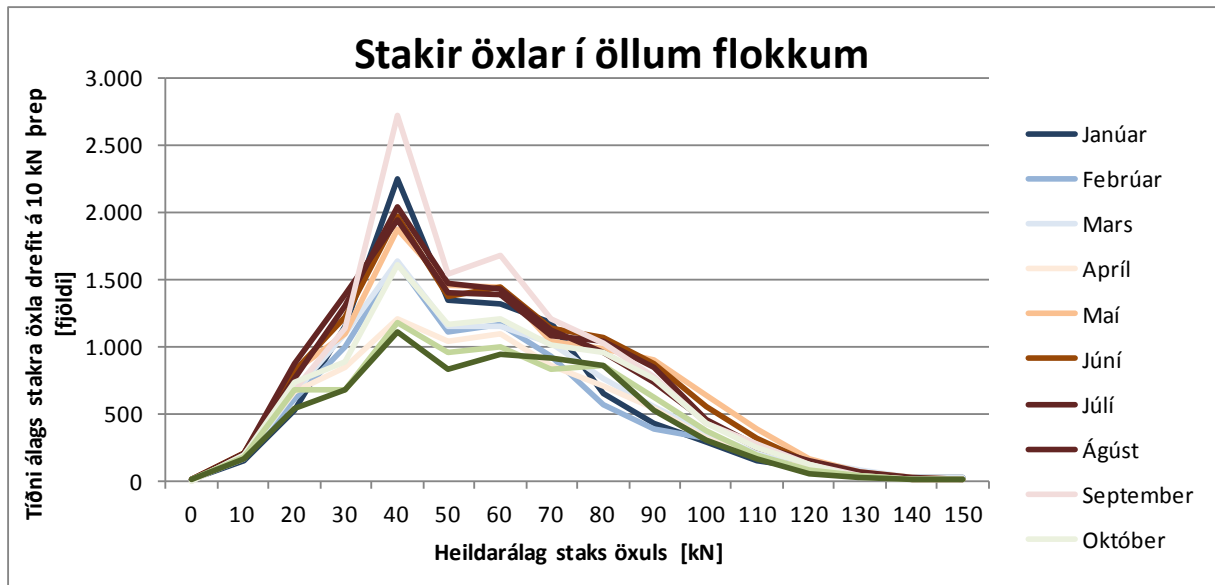
Heildarfjöldi í flokk 14,487 12,401 13,879 11,591 16,614 16,600 16,154 15,971 17,762 14,513 11,947 11,189 173,107 100%
 Hlutfall í mánuði 8% 7% 8% 7% 10% 10% 9% 9% 10% 8% 7% 6% 100%

Tafla 7. Árstíðarbundið öxulróf stýriöxuls. 13. flokkur sem inniheldur um 19% af allri þungaumferð er undanskilin.

Stýriöxlar eru jafn margir og þungaflutningsökutæki eru mörg þannig að öxulróf stýriöxla endurspeglar alla þungaumferð.

Á mynd 6 sést hvernig öxulrófið breytist yfir árið þar sem mestir þungaflutningar eru yfir sumartímann með hágildi í september.

3.2.2 Stakur öxull



Mynd 7. Árstíðabundið öxulróf staks öxuls.

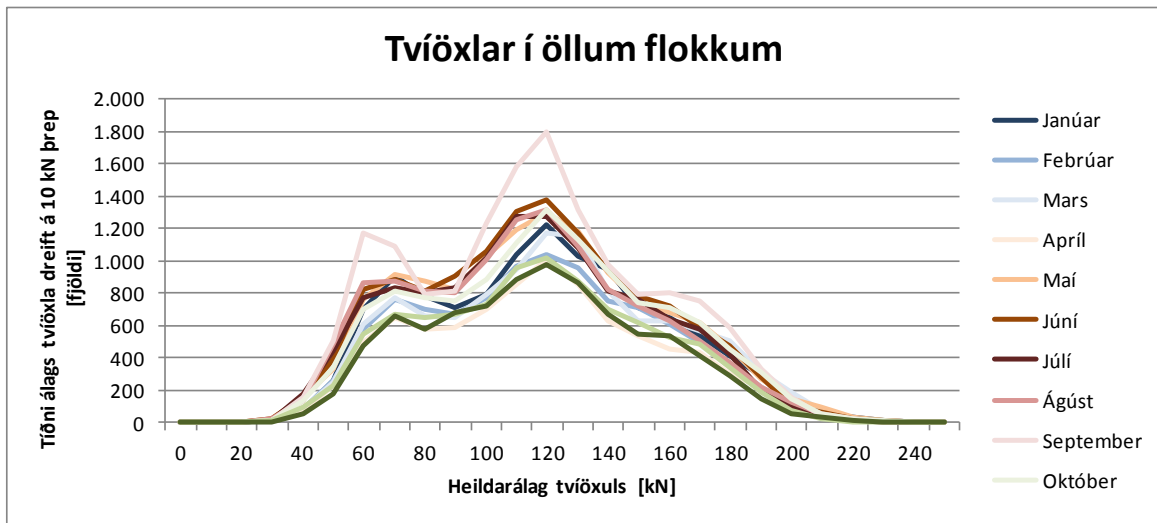
Álagsþrep	Janúar	Febrúar	Mars	Apríl	Mai	Júní	Júlí	Ágúst	September	Október	Nóvember	Desember	Allt árið 2006	Hlutfall af heild
0 kN	4	4	5	2	3	2	2	2	0	1	4	9	38	0%
10 kN	146	169	167	209	201	205	202	192	194	192	177	163	2,217	2%
20 kN	522	609	664	666	811	818	875	761	674	736	676	537	8,349	7%
30 kN	1,145	993	1,089	839	1,090	1,213	1,384	1,298	1,131	880	680	682	12,424	11%
40 kN	2,241	1,617	1,639	1,206	1,866	1,976	1,936	2,033	2,725	1,606	1,175	1,108	21,128	18%
50 kN	1,338	1,111	1,145	1,033	1,453	1,368	1,394	1,469	1,544	1,161	957	830	14,803	13%
60 kN	1,309	1,158	1,145	1,087	1,444	1,434	1,383	1,420	1,683	1,208	993	940	15,204	13%
70 kN	1,179	921	1,027	862	1,031	1,136	1,085	1,123	1,199	1,012	829	913	12,317	11%
80 kN	651	571	758	703	981	1,064	1,037	949	1,023	954	851	862	10,404	9%
90 kN	432	380	548	541	904	864	847	730	771	758	621	523	7,919	7%
100 kN	283	308	359	312	636	556	450	434	428	431	373	294	4,864	4%
110 kN	146	195	208	175	377	318	254	249	278	244	193	162	2,799	2%
120 kN	93	125	142	96	167	139	151	131	119	115	77	56	1,411	1%
130 kN	35	61	76	60	70	54	58	49	35	20	34	17	569	0%
140 kN	21	22	25	24	20	10	20	13	10	11	12	7	195	0%
150 kN	17	4	16	11	10	9	2	9	6	4	6	4	98	0%

Heildarfjöldi í flokki 9,562 8,248 9,013 7,826 11,064 11,166 11,080 10,862 11,820 9,333 7,658 7,107 114,739 100%
 Hlutfall í mánuði 8% 7% 8% 7% 10% 10% 10% 9% 10% 8% 7% 6% 100%

Tafla 8. Árstíðabundið öxulróf staks öxuls. 13. flokkur sem inniheldur um 19% af allri þungaumferð er undanskilin.

Öxulróf stakra öxla sýnir meiri þungaflutninga yfir sumartímann. Janúarmánuður sker sig þó úr öðrum vetrarmánuðum með töluvert af þungaflutningum. Einnig er áberandi að á öxulróf vetrarmánaða hefur annað form en sumaröxulrófið, þar eð þyngstu ökutækin eru mun sjaldgæfari að vetrarlagi.

3.2.3 Tvíöxull



Mynd 8. Árstíðabundið öxulróf tvíöxuls.

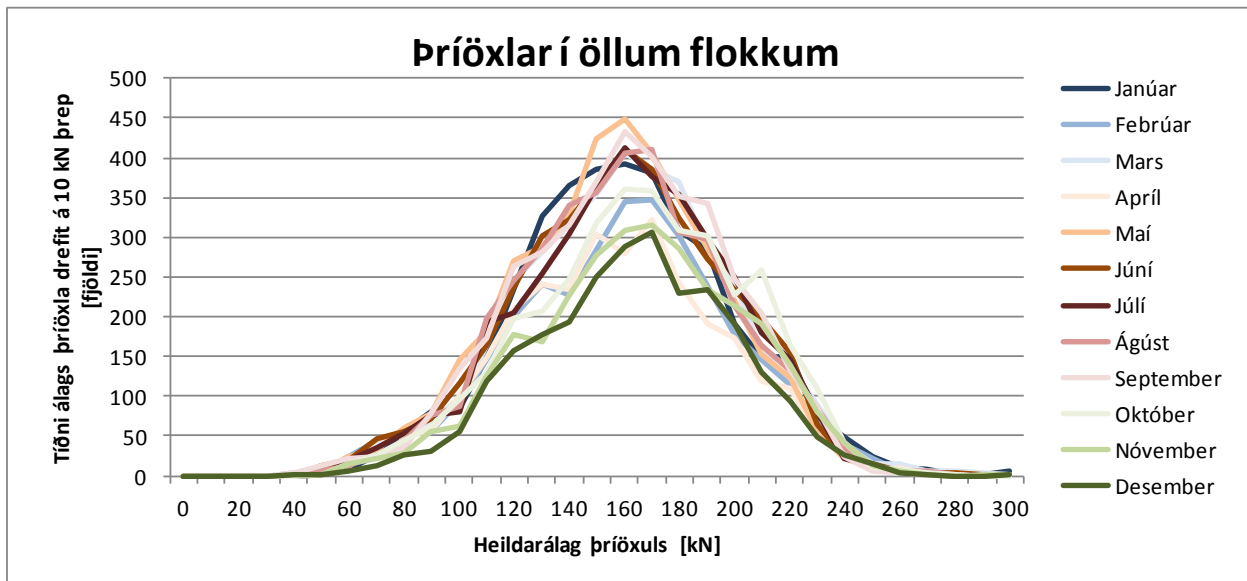
Álagsþrep	Janúar	Febrúar	Mars	Apríl	Mai	Júní	Júlí	Ágúst	September	Október	Nóvember	Desember	Allt árið 2006	Hlutfall af heild
0 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
20 kN	0	1	0	3	2	1	3	4	1	1	1	1	18	0%
30 kN	10	11	13	19	27	21	19	26	14	13	11	8	192	0%
40 kN	77	81	88	72	154	159	173	142	158	138	95	52	1,389	1%
50 kN	264	256	248	227	335	389	446	490	510	345	234	183	3,927	3%
60 kN	698	575	612	498	758	819	774	869	1,171	699	543	474	8,490	6%
70 kN	902	763	776	653	920	883	838	874	1,092	817	673	658	9,849	7%
80 kN	778	701	655	576	879	813	805	810	795	768	648	580	8,808	6%
90 kN	709	670	654	591	827	908	839	800	816	755	667	678	8,914	7%
100 kN	795	772	791	702	1,031	1,059	1,023	1,004	1,234	883	727	725	10,746	8%
110 kN	1,043	967	947	854	1,193	1,302	1,270	1,254	1,586	1,115	955	882	13,368	10%
120 kN	1,227	1,037	1,176	1,007	1,292	1,377	1,277	1,313	1,794	1,316	1,021	978	14,815	11%
130 kN	1,025	956	1,149	853	1,184	1,174	1,082	1,095	1,315	1,128	870	860	12,691	9%
140 kN	948	756	814	633	925	936	809	827	975	937	697	673	9,930	7%
150 kN	715	711	625	534	756	782	760	726	791	742	621	552	8,315	6%
160 kN	646	606	631	459	684	720	635	630	808	712	522	538	7,591	6%
170 kN	539	494	565	435	619	585	576	510	748	620	487	415	6,593	5%
180 kN	417	359	507	303	465	474	427	373	590	456	341	286	4,998	4%
190 kN	290	223	316	217	275	279	196	218	334	310	184	144	2,986	2%
200 kN	129	105	184	82	147	109	97	131	153	144	80	58	1,419	1%
210 kN	69	62	73	48	93	63	32	54	46	57	21	30	648	0%
220 kN	31	18	23	29	37	20	9	22	21	27	4	9	250	0%
230 kN	9	13	12	14	17	11	2	7	7	10	2	4	108	0%
240 kN	2	2	4	4	5	2	1	3	1	3	0	1	28	0%
250 kN	3	3	2	3	1	4	2	0	0	1	0	0	19	0%

Heildarfjöldi í flokk 11,326 10,142 10,865 8,816 12,626 12,890 12,095 12,182 14,960 11,997 9,404 8,789 136,092 100%
 Hlutfall í mánuði 8% 7% 8% 6% 9% 9% 9% 9% 11% 9% 6.9% 6.5% 100%

Tafla 9. Árstíðabundið öxulróf tvíöxla. 13. flokkur sem inniheldur um 19% af allri þungaumferð er undanskilin.

Árstíðarsveiflur sjást nokkuð vel á tvíöxla öxulrófinu, með meira sumarálagi og minna álagi á vetrum. Þó er ekki að sjást merki um hliðrun þyngstu þyngda vegna þungaálags eins og er áberandi fyrir staka öxla.

3.2.4 Þröxull



Mynd 9. Árstíðabundið öxulróf þröxla.

Álagsþr	Janúar	Febrúar	Mars	Apríl	Mai	Júní	Júlí	Ágúst	September	Október	November	Desember	Allt árið 2006	Hlutfall af heild
0 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
20 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
30 kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
40 kN	1	3	0	3	1	0	0	1	4	0	1	2	16	0%
50 kN	4	6	3	3	6	13	2	5	12	1	1	1	57	0%
60 kN	8	24	21	11	23	20	20	13	21	15	14	7	197	0%
70 kN	26	44	40	46	33	46	35	26	24	26	22	13	381	1%
80 kN	56	51	55	50	59	56	54	45	35	45	29	27	562	1%
90 kN	81	56	66	56	79	72	75	75	78	62	56	31	787	2%
100 kN	86	94	99	101	147	116	81	88	135	97	63	56	1,163	3%
110 kN	149	146	165	149	181	163	193	198	173	130	126	118	1,891	5%
120 kN	234	200	245	210	270	237	205	245	263	199	178	157	2,643	6%
130 kN	326	241	281	240	289	302	255	286	282	207	169	178	3,056	7%
140 kN	365	227	321	233	329	322	303	340	315	247	228	194	3,424	8%
150 kN	386	284	353	304	424	366	363	355	370	317	276	250	4,048	10%
160 kN	393	345	405	280	448	410	413	406	433	361	309	289	4,492	11%
170 kN	380	348	385	322	406	386	377	410	401	359	315	307	4,396	10%
180 kN	309	301	369	242	346	325	353	307	352	308	287	229	3,728	9%
190 kN	283	239	287	191	287	273	298	297	342	301	235	235	3,268	8%
200 kN	191	178	243	172	221	233	249	214	247	227	214	190	2,579	6%
210 kN	148	146	158	118	153	197	179	163	205	258	192	131	2,048	5%
220 kN	151	114	138	110	124	154	146	132	133	164	139	95	1,600	4%
230 kN	74	68	89	53	56	64	80	85	84	109	81	48	891	2%
240 kN	48	39	39	24	22	25	21	36	24	42	43	27	390	1%
250 kN	23	22	14	6	11	15	12	9	6	10	13	14	155	0%
260 kN	10	5	16	11	5	7	6	7	4	9	5	4	89	0%
270 kN	8	3	6	1	2	3	4	5	1	3	1	1	38	0%
280 kN	2	1	7	3	3	3	0	2	2	2	0	0	25	0%
290 kN	1	0	4	2	1	1	1	0	0	0	1	0	11	0%
300 kN	5	2	2	2	0	1	2	2	0	0	1	1	18	0%

Heildarfjöldi í flokk 3,748 3,187 3,811 2,943 3,926 3,810 3,727 3,752 3,946 3,499 2,999 2,605 41,953 100%
 Hlutfall í mánuði 9% 8% 9% 7% 9% 9% 9% 9% 9% 8% 7% 6% 100%

Tafla 10. Árstíðabundið öxulróf þröxla. 13. flokkur sem inniheldur um 19% af allri þungaumferð er undanskilin.

Öxulróf þríöxla ökutækja er nokkra árstíðarsveiflu. Áberandi er að í janúar og mars er umferð jafnmikil og mestu sumarmánuði en dettur síðan niður í apríl. Hugsanlega er það vegna þungatakmarkana.

4 Umfjöllun um niðurstöður

Í þessu verkefni hefur nú í fyrsta sinn verið byggt öxulróf fyrir íslenskt umferðarmynstur. Þar með er komið öflugt tæki sem nota má við aflfræðilega hönnun íslenskra vega, og getur bætt hönnun vegsniða. Niðurstöður hafa verið settar fram á töfluformi, og má því nota skýrsluna beint við aflfræðilega greiningu.

Þegar öxulrófið er skoðað m.t.t. flokka sést greinilega hvernig mismunandi öxulflokkar eru að hafa áhrif á mismunandi dýpi. T.d. eru rútur (flokkur 12) að gefa mesta þyngdarálag á staka öxla, meðan flutningavagnar (flokkur 10 og flokkur 11) standa fyrir meginþorra álags tvíöxla og þríöxla hafa því mest áhrif dýpst í vegsniðinu.

Þegar árstíðarsveifla öxulrófsins var skoðuð kom í ljós að þótt að meiri umferð væri yfir sumarmánuðina, þá er umferðin í janúar-mars oft töluverð. Fyrir staka öxla sést greinileg fækkun er í þyngstu öxlunum allan vetrartímann.

5 Frekari vinna

Mjög áhugavert framhald af þessar vinnu væri að nota niðurstöðurnar við hönnun vegsniðs og kanna hversu vel núverandi vegsnið sem Vegagerðin notar henta miðað við aflfræðilega greiningu.

Þar sem öxulrófið er sundurliðað á þungaflokka verður hægt að yfirfæra niðurstöðurnar hvert sem er á landið þar sem umferðarmynstur er þekkt. Þetta væri dæmigert hægt við aðra umferðargreina en einnig á stöðum þar sem umferðarmynstur hefur verið greint með sjónmælingu.

Sundurgreining öxulrófsins eftir árstíðum, gerir einnig kleift að meta hvernig þungaálag breytist, m. t. t. þungatakmarkana á vetrartíma. Þetta gerir kleift að tengja betur saman veðurgögn, hitatölur og frostþíðuverkanir við raunverulegt staðbundið þungaálag.

6 Heimildir

Buchanan Shane Traffic load spectra development for the 2002 AASHTO pavement design guide. Mississippi State University, 2004.

Erlingsson S. Characterization of heavy traffic on the Swedish road network. Proceedings of the 11th international conference on asphalt pavements. - Nagoya, Japan, 01 - 06 August, 2010a. - B. CD-ROM.

Erlingsson S., Winnerhol, T. og Persson, L. Axle Load Spectra Characterization of the Swedish Road Network Proceedings of the Transport Research Arena Europe Conference 2010. - Brussels, 7-10 June, 2010b. - B. CD-ROM.

Golden River Traffic Ltd Marksman 660 traffic counter and classifier. User and reference documentation set. 560248 Issue 5. - 1998.

Loftsson Jóhannes Nýting umferðargreina við mat á þungaálagi, ásamt leiðréttingu gagna. Skýrsla unnin fyrir Vegagerðina, 2009a.

Loftsson Jóhannes Bestun á öxulflokkun umferðargreina, byggt á samþættri greiningu vettvangsmælinga og þyngdargreinisgagna. Skýrsla unnin fyrir Vegagerðin, útgáfa 2, 2009b.