



## ÁHRIF VINDS Á FARARTÆKI – ÞRÓUN REIKNILÍKANS

Rannsóknarverkefni styrkt af rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar

08.09.2020





## SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

### SKJALALYKILL

2970-316-SKY-002-V01

### SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

02/39

### VERKEFNISSTJÓRI / FULLTRÚI VERKKAUPA

Bjarni Már Gauksson

### VERKEFNISSTJÓRI EFLA

Magnús Arason

### LYKILORÐ

Vindur, vindhviða, farartæki, slys, öryggi, vegaðstæður, líkan, vefviðmót, fólksbílar

### STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
- Drög til yfirlstrar
- Lokið

### DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

### TITILL SKÝRSLU

Áhrif vinds á farartæki – Þróun reiknilíkans

### VERKHEITI

Áhrif vinds á farartæki – Þróun reiknilíkans

### VERKKAUPI

Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar

### HÖFUNDUR

Erla Hrafnkelsdóttir

### ÚTDRÁTTUR

Á hverju ári verða slys og óhöpp í umferðinni sem rekja má til mikilla vindhæðar. Vegna þessarar hættu er mikilvægt að geta ákveðið hvenær veður er orðið svo slæmt að loka þurfi vegum. Verkefni þetta er framhald hins samnefnda verkefnis *Áhrif vinds á farartæki* sem unnið var veturinn 2019-2020 og fólst í uppsetningu reiknilíkans sem metur hvers lags vindaðstæður eru hættulegar ökutækjum. Í þessum seinni áfanga er unnið að frekari þróun líkansins sem var afurð fyrri áfangans.

Lokaútgáfa vefviðmóts líkansins er kynnt og birt lýsing á notkun þess fyrir daglegt starf Vegagerðarinnar. Fjallað verður um tilraun höfunda til þess að bæta í líkanið möguleikanum á mati á áhrifum vinds á fólksbíla. Niðurstaða þeirrar vinnu reyndist sú að ekki er unnt að lýsa áhrifum vinds á fólksbíla með nægilega nákvæmum hætti til að sér flokkur fyrir þá sé réttlætanlegur í líkaninu. Þetta helgast af því að mjög fáar vindgangatilaunir sem nýta má sem grunn að vindstuðlum fyrir fólksbíla hafa verið birtar. Einnig er líkanið borið saman við eldri vindaviðmið Vegagerðarinnar, og það notað til greiningar á þekktum slysatilfellum til þess að kanna getu þess til að herma raunveruleikann. Stutta samantekt og umfjöllun má svo finna í lok skýrslunnar.

**ÚTGÁFUSAGA**

---

<u>NR.</u>	<u>HÖFUNDUR</u>	<u>DAGS.</u>	<u>RÝNT</u>	<u>DAGS.</u>	<u>SAMÞYKKT</u>	<u>DAGS.</u>
01	Erla Hrafnkelsdóttir Lokaskýrsla	21.08.20	Magnús Arason	31.08.20	Magnús Arason	08.09.20

---

## SAMANTEKT

Á hverju ári verða slys og óhöpp í umferðinni sem rekja má til mikilla vindhæðar. Vegna þessarar hættu er mikilvægt að geta ákveðið hvenær veður er orðið svo slæmt að loka þurfi vegum. Verkefni þetta er framhald hins samnefnda verkefnis *Áhrif vinds á farartæki* sem unnið var veturinn 2019-2020 og fólst í uppsetningu reiknilíkans sem metur hvers lags vindaðstæður eru hættulegar ökutækjum. Í þessum seinni áfanga er unnið að frekari þróun líkansins sem var afurð fyrri áfangans.

Lokaútgáfa vefviðmóts líkansins er kynnt og birt lýsing á notkun þess fyrir daglegt starf Vegagerðarinnar. Fjallað verður um tilraun höfunda til þess að bæta í líkanið möguleikanum á mati á áhrifum vinds á fólksbíla. Niðurstaða þeirrar vinnu reyndist sú að ekki er unnt að lýsa áhrifum vinds á fólksbíla með nægilega nákvæmum hætti til að sér flokkur fyrir þá sé réttlætanlegur í líkaninu. Þetta helgast af því að mjög fáar vindgangatilraunir sem nýta má sem grunn að vindstuðlum fyrir fólksbíla hafa verið birtar. Einnig er líkanið borið saman við eldri vindaviðmið Vegagerðarinnar, og það notað til greiningar á þekktum slysatilfellum til þess að kanna getu þess til að herma raunveruleikann. Stutta samantekt og umfjöllun má svo finna í lok skýrslunnar.



## EFNISYFIRLIT

<b>SAMANTEKT</b>	<b>5</b>
<b>1 INNGANGUR</b>	<b>9</b>
<b>2 LÍKANIÐ</b>	<b>10</b>
2.1 Frekari þróun	11
2.2 Nýr farartækjaflokkur	12
2.3 Lokaútgáfa vefviðmóts	12
<b>3 SAMANBURÐUR LÍKANS VIÐ ELDRI VINDAVIÐMIÐ</b>	<b>15</b>
<b>4 FÓLKSÍLAR</b>	<b>19</b>
4.1 „Meðalbíllinn“	19
4.2 Loftaflfræðilegir formstuðlar	20
4.3 Niðurstöður – Vindáhrif á fólksbíla reiknuð með smárútuformstuðlum	21
<b>5 GREINING ÞEKKTRA SLYSATILFELLA MEÐ LÍKANI</b>	<b>23</b>
<b>5.1 Fólksbílar</b>	<b>23</b>
5.1.1 Slys 1	24
5.1.2 Slys 2	25
5.1.3 Slys 3	26
5.1.4 Umfjöllun niðurstaðna	27
<b>5.2 Stærri farartæki</b>	<b>27</b>
5.2.1 Slys 1	28
5.2.2 Slys 2	29
5.2.3 Slys 3	30
5.2.4 Slys 4	31
5.2.5 Slys 5	32
5.2.6 Slys 6	33
5.2.7 Slys 7	34
5.2.8 Umfjöllun niðurstaðna	35
<b>6 UMFJÖLLUN OG ÁLYKTANIR</b>	<b>36</b>
<b>7 HEIMILDASKRÁ</b>	<b>37</b>

## MYNDASKRÁ

<b>MYND 1</b>	Breytingar á niðurstöðugrafi líkansins (hér er tekið dæmi um keyrslu fyrir flokk 2). Í stað þess að hafa allar sex tegundir óhappa á grafinu eru þau sameinuð í þau tvö sem alltaf gefa hættulegustu (þ.e. lægstu) hviðurnar. Bláa línan á seinna grafinu samsvarar þeirri appelsínugulu á fyrri myndinni og sú bleika á seinni myndinni þeirri fjólubláu á fyrri. _____	11
<b>MYND 2</b>	Dæmi um stefnumyndir. Farartækið á myndinni snýr alltaf þannig að vindhviðan stefnir á fremri hluta þess, þ.e. ekki í bak farartækisins, því þær aðstæður skapa meiri hættu – líkanið byggir á því. Á myndinni lengst til vinstri kemur vindhviðan úr suðri, á þeirri í miðjunni úr NA og þeirri lengst til hægri úr SSV. _____	12
<b>MYND 3</b>	Upphafssíða vefviðmótsins. Þar má sjá val um inntakspætti, texta með upplýsingum og leiðbeiningum fyrir líkanið og tóm gröf fyrir hvern farartækjaflokk. _____	13
<b>MYND 4</b>	Niðurstöðusíða vefviðmótsins. Dæmið hér sýnir niðurstöður líkansins, sem birtast á gröfunum, miðað við þá inntakspætti sem notandi valdi. Einnig birtist mynd í efra, hægra horni sem sýnir hvernig vegur og vindátt liggja. _____	13
<b>MYND 5</b>	Hér má sjá einfalt flæðirit sem lýsir ferlinu að baki vefviðmóttinu. _____	14
<b>MYND 6</b>	Núverandi vindaviðmið Vegagerðarinnar [2]. _____	15
<b>MYND 7</b>	*Niðurstöður líkansins fyrir farartækjaflokk 3 við blautar vegaðstæður, bílhraða 50 km/klst og vindhviðu 35 m/s. Eldri vindaviðmið Vegagerðarinnar flokka þessar aðstæður í stig 3, þ.e. aðstæður sem valda umtalsverðri hættu fyrir öll ökutæki. Það má því sjá hérna að þó líkanið reikni aðstæðurnar inni á græna, örugga svæðinu munar aðeins örlitlu á því að þær lendi á því rauða og varasama. _____	18
<b>MYND 8</b>	Lengdir notaðar í útreikningum líkansins. _____	19
<b>MYND 9</b>	Reiknilíkan prufukeyrt fyrir fólksbíla og borið saman við sömu aðstæður fyrir smárútur. Hér er vegur þurr og bílhraði 90 km/klst. Lægsta gildi vindhviðu fyrir hvora tegund óhapps er stjörnumerkt. _____	21
<b>MYND 10</b>	Reiknilíkan prufukeyrt fyrir fólksbíla og borið saman við sömu aðstæður fyrir smárútur. Hér er þjappaður snjór á vegi og bílhraði 90 km/klst. Lægsta gildi vindhviðu fyrir hvora tegund óhapps er stjörnumerkt. _____	21

## TÖFLUSKRÁ

<b>TAFLA 1</b>	Dæmi um flokkun hættustigs fyrir ökutæki vegna vinds og færðar úr rannsóknarskýrslunni <i>Umferðarslys og vindafar: Áfangaskýrsla I</i> [3]. _____	16
<b>TAFLA 2</b>	Samanburður á niðurstöðum líkans þessa verkefnis (Áhrif vinds á farartæki) og eldri vindaviðmiða frá Vegagerðinni (Umferðarslys og vindafar). Í þessari töflu miðast niðurstöðurnar í flokkum 2 og 3 við bílhraða <b>50 km/klst.</b> _____	17
<b>TAFLA 3</b>	Samanburður á niðurstöðum líkans þessa verkefnis (Áhrif vinds á farartæki) og eldri vindaviðmiða frá Vegagerðinni (Umferðarslys og vindafar). Í þessari töflu miðast niðurstöðurnar í flokkum 2 og 3 við bílhraða <b>80 km/klst.</b> _____	17
<b>TAFLA 4</b>	Áætlaðar stærðir fyrir „meðalbílinn“ til notkunar í útreikningum fyrir fólksbíla í líkaninu. _____	20



## 1 INNGANGUR

Á hverju ári verða slys og óhöpp í umferðinni sem rekja má til mikilla vindhæðar. Samspils hvass vinds og slæmrar færðar leiðir til hættulegra aðstæðna á vegum. Vegna þessa er mikilvægt að geta ákvarðað hvenær aðstæður eru orðnar það slæmar að loka beri vegum. Við slíka ákvörðun takast þó á tvö sjónarmið – þau hvað öryggi varðar og svo efnahagsleg áhrif. Öll tæki sem gera mönnum kleift að meta öryggi aðstæðna hverju sinni eru þar af leiðandi nytsamleg sem aðstoð við þessa ákvarðanatöku.

Þetta verkefni er framhald hins samnefnda verkefnis *Áhrif vinds á farartæki* sem unnið var veturinn 2019-2020. Það er meginundirstaða vinnunnar sem lögð var í þennan seinni áfanga. Bæði verkefni eru styrkt af rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar. Markmið þessa áfanga er áframhaldandi mat á hverslags vindaðstæður eru hættulegar farartækjum og er það best gert með áframhaldandi þróun og prófun líkansins sem er afurð fyrri áfangans. Líkanið var byggt upp í verkefninu með því að vinna úr alþjóðlegum rannsóknum á viðfangsefninu, hagnýta þær í útreikningum og setja niðurstöður fram í notendaviðmóti.

Hér er sagt frá vinnu áfangans. Líkanið er þróað áfram og borið saman við eldri vindaviðmið og raunveruleg slysatilfelli eru greind með því til þess að sýna fram á hagnýtingu þess við raunverulegar aðstæður.

Verkefnið styður með beinum hætti við það hlutverk Vegagerðarinnar að stuðla að öruggum og hagkvæmum samgöngum. Afurð verkefnisins getur nýst þjónustudeild Vegagerðarinnar með beinum hætti í ákvarðanatöku um lokun vega í varhugaverðum vindaðstæðum.

Skýrslan er unnin af Erlu Hrafnkelsdóttur hjá EFLU og er Magnús Arason verkefnisstjóri EFLU. Bjarni Már Gauksson er fulltrúi Vegagerðarinnar í þessu verkefni.

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

## 2 LÍKANID

Líkanið sem er afurð þessa verkefnis var að mestu leyti þróað í fyrri áfanga verkefnisins. Þá var unnið úr heimildum og útreikningum fyrri rannsókna á þessu sviði til þess að setja saman líkan sem reiknar út hættulegar aðstæður fyrir farartæki á vegi í miklum vindi. Í útreikningum sem þessum eru ótalmargir óvissuþættir og þarf þess vegna að gera margar nálganir og einfaldanir svo hægt sé að skila niðurstöðu.

Í stuttu máli eru útreikningar líkansins framkvæmdir á stöðufræðilegan hátt (*e. static*) til einföldunar á mjög flókinni atburðarás. Reiknað er með vindhviðhraða, vindátt, vegátt, hraða farartækis, veg-aðstæðum, loftaflfræðilegum formstuðlum (kröftum og vægi vegna vinds), lögun og massa farartækis og öðrum föstum stærðum. Niðurstöður útreikninganna gefa hversu hvassa vindhviðu þarf til að farartæki verði óstöðugt á vegi og er skipt upp í sex slysatilvik þar sem farartæki lyftist, veltur eða rennur. Slysatilvikin eru eftirfarandi:

1. Annað fremra hjól farartækis lyftist frá vegi
2. Annað aftara hjól farartækis lyftist frá vegi
3. Farartæki veltur á hliðina
4. Fremri hjól farartækis renna á vegi
5. Aftari hjól farartækis renna á vegi
6. Öll hjól farartækis renna á vegi

Einnig er farartækjum skipt upp í þrjá flokka þar sem massi og lögun hafa töluverð áhrif á hversu hættulegar slæmar aðstæður eru fyrir hvert ökutæki. Flokkarnir eru eftirfarandi:

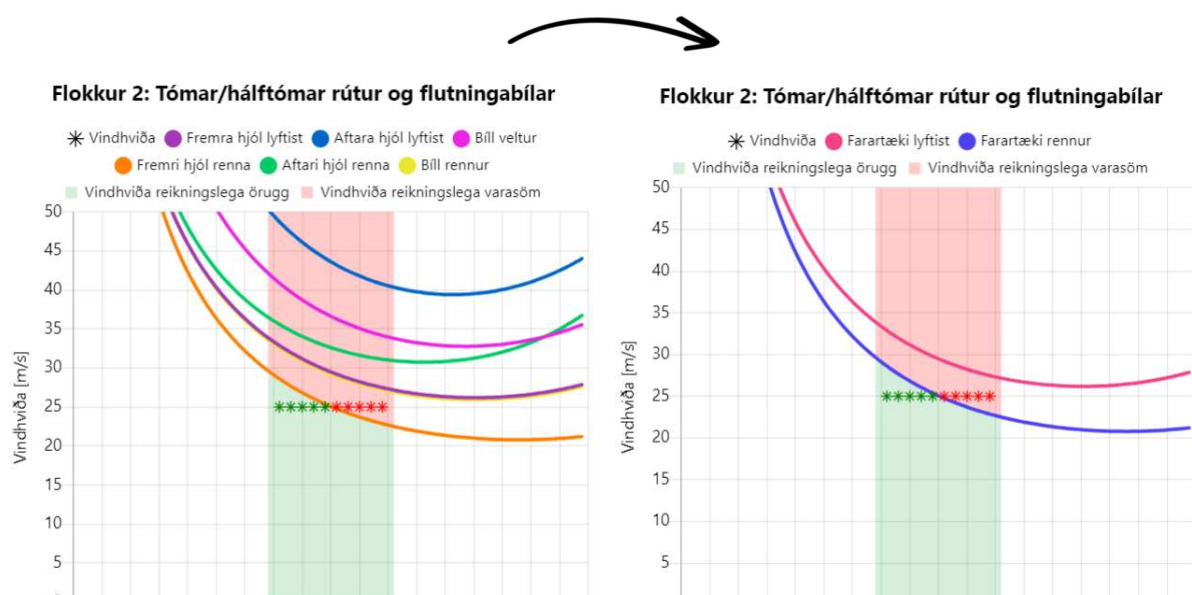
1. Smárútur
2. Tómar eða hálfþómar rútur og flutningabílar
3. Fullar rútur og fulllestaðir flutningabílar

Nánari umfjöllun um alla útreikninga, forsendur, skiptingar og virkni líkansins má finna í skýrslu fyrri áfanga þessa verkefnis [1].

## 2.1 Frekari þróun

Í seinni áfanga verkefnisins tók við frekari þróun á líkaninu og notendaviðmóti þess. Skoðaðir voru nokkrir þættir sem mátti breyta og bæta. Breytingarnar áttu sér margar stað eftir að búið var að afhenda Vegagerðinni fyrstu útgáfu vefviðmótsins til prófunar og skoðunar – í kjölfarið fékkst endurgjöf frá notendum á Vegagerðinni sem leiddi af sér þróun á annarri útgáfu vefviðmótsins.

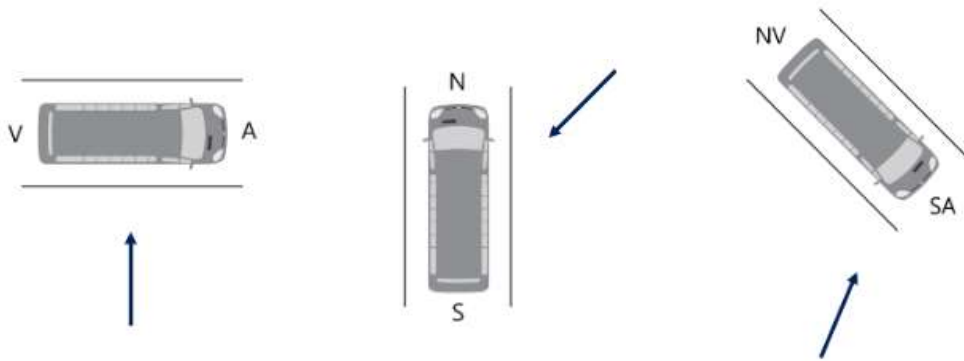
Við athuganir og prófanir kom meðal annars í ljós að það eru alltaf sömu tvö slysatilvikin sem gefa lægstu vindhviðuna, þ.e. tvö tilvik sem eru alltaf kítísk þegar kemur að óhappi. Þau eru annars vegar að fremri hjól lyftast og hins vegar að fremri hjól renna. Í ljósi þess var ákveðið að einfalda framsetningu niðurstaðna líkansins þannig að óhöppin eru tilgreind sem „Farartæki lyftist“ og „Farartæki rennur“ líkt og sjá má á **MYND 1** hér að neðan. Þetta gerir aflestur grafanna skýrari og þægilegri.



**MYND 1** Breytingar á niðurstöðugrafi líkansins (hér er tekið dæmi um keyrslu fyrir flokk 2). Í stað þess að hafa allar sex tegundir óhappa á grafinu eru þau sameinuð í þau tvö sem alltaf gefa hættulegustu (þ.e. lægstu) hviðurnar. Bláa línan á seinna grafinu samsvarar þeirri appelsínugulu á fyrri myndinni og sú bleika á seinna myndinni þeirri fjólubláu á fyrri.

Önnur endurbót á vefviðmóttinu sneri líka að því að gera það notendavænna og skýrara en það var áður. Líkt og skýrt er frá í skýrslu fyrir áfanga tákna rauði og græni borðinn á gröfunum það gráðubíll sem vindáttin til skoðunar spannar miðað við stefnu farartækisins. Þannig stefnir vindhviðan beint framan á farartækið í 0° en þvert á hlið þess í 90° [1]. Þegar grafið er skoðað getur hins vegar verið svolítið erfitt að sjá fyrir sér hvernig stefnurnar liggja. Því var autt pláss sem var í efra, hægra horni vefviðmótsins nýtt og þar birt lítil mynd sem sýnir stefnur farartækisins og vindhviðunnar sem til skoðunar eru hverju sinni. Á **MYND 2** má sjá þrjú mismunandi dæmi um þessar myndir.

Aðrar breytingar voru lítilvægari – svo sem breytingar og viðbætur á texta, smávægilegar útlitsbreytingar eins og gagnvirkar breytingar fyrir misstóra skjái og svo virkni hnappsins „Keyra niðurstöður“ þannig að ekki er hægt að ýta á hann fyrir en búið er að velja gildi fyrir alla inntakspætti.



**MYND 2** Dæmi um stefnumyndir. Farartækið á myndinni snýr alltaf þannig að vindhviðan stefnir á fremri hluta þess, þ.e. ekki í bak farartækisins, því þær aðstæður skapa meiri hættu – líkanið byggir á því. Á myndinni lengst til vinstri kemur vindhviðan úr suðri, á þeirri í miðjunni úr NA og þeirri lengst til hægri úr SSV.

## 2.2 Nýr farartækjaflokkur

Einn mikilvægasti þátturinn í vinnu þessa áfanga var að skoða hvort hægt væri að bæta við fjórða farartækjaflokknum – flokk fyrir fólksbíla. Vegagerðin hefur til skoðunar að meta hvort aðstæður séu e.t.v. öruggar fyrir smærri farartæki en hættulegar fyrir þau stærri. Fyrsta skoðun á þessu hafði verið unnin í fyrri áfanga en í þeirri vinnu sem hér er gerð grein fyrir var lögð meiri vinna í það að skoða hvort hægt væri að reikna hættu aðstæðna fyrir fólksbíla líkt og hafði verið gert fyrir rúturnar og flutningabíla, og þá hvort hægt væri að bæta „fólksbílaflokki“ við líkanið. Nánar er fjallað um þessa vinnu og niðurstöðu hennar í **KAFLA 4**.

## 2.3 Lokaútgáfa vefviðmóts

Lokaútgáfu vefviðmótsins í þessu verkefni má sjá á næstu myndum. Á **MYND 3** er skjáskot af upphafs-síðu viðmótsins og svo skjáskot með dæmi um niðurstöðu á **MYND 4**. Á síðunni eru inntaksþættirnir fimm; vindhviða, vindátt, vegátt, vegaðstæður og hraði farartækis. Notandi þarf að setja inn gildi fyrir alla inntaksþættina áður en hann getur keyrt niðurstöður. Valkostirnir eru eftirfarandi:

Vindhviða: 0 til 50 m/s.

Vindátt: N, NNA, NA, ANA, A, ASA, SA, SSA, S, SSV, SV, VSV, V, VNV, NV, NNV.

Vegátt: N/S, NNA/SSV, NA/SV, ANA/VSV, A/V, ASA/VNV, SA/NV, SSA/NNV.

Vegaðstæður: Þurrt, blautt, nýfallinn snjór, þjappaður snjór, blautur ís/glæra.

Hraði farartækis: 50, 60, 70, 80 og 90 km/klst.

Hægra megin við inntaksþættina má finna nánari upplýsingar um líkanið. Þar eru leiðbeiningar um aflestur grafanna, þyngdarupplýsingar um flokkana þrjá og svo eðlilegur fyrirvari þess efnis að líkanið sé háð takmörkunum og skuli einungis notast sem ráðgefandi viðmið.

Þegar búið er að keyra niðurstöðurnar birtast þær á gröfunum þremur – línurnar tvær sem segja til um kítíska hviðuhraða þegar farartæki gæti annað hvort lyfst eða runnið og svo borðinn með græna og rauða svæðinu sem tákna afstöðu vindáttarinnar miðað við stefnu farartækisins. Á **MYND 4** sjáum við dæmi aðstæður sem gefa mismunandi niðurstöður fyrir hvern flokk. Smárúturnar lenda inni á

hættusvæðinu, fullu eða fulllestuðu rúturnar og flutningabílarinn inni á örugga svæðinu og tómu eða hálfstömu rúturnar og flutningabílarinn mitt á milli. Við keyrslu birtist einnig lítil mynd í efra, hægra horni síðunnar sem sýnir afstöðu farartækis á vegi miðað við átt vindhviðu.



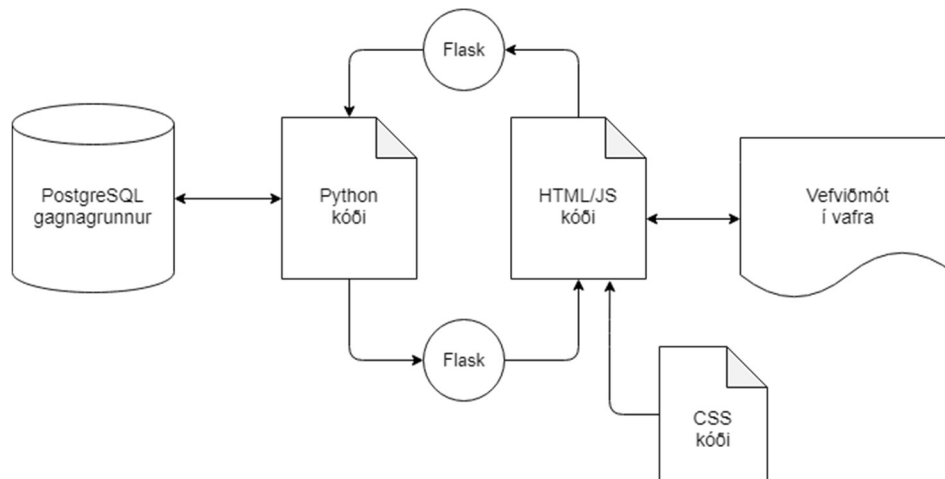
**MYND 3** Upphafssíða vefviðmótsins. Þar má sjá val um inntakspætti, texta með upplýsingum og leiðbeiningum fyrir líkanið og tóm gröf fyrir hvern farartækjaflokk.



**MYND 4** Niðurstöðusíða vefviðmótsins. Dæmið hér sýnir niðurstöður líkansins, sem birtast á grófunum, miðað við þá inntakspætti sem notandi valdi. Einnig birtist mynd í efra, hægra horni sem sýnir hvernig vegur og vindátt liggja.

Í fyrri skýrslu þessa verkefnis er fjallað um uppsetningu vefviðmótsins; kóðun, hönnun, gagnageymslu og þess háttar [1]. Á **MYND 5** er teikning af flæðiriti sem lýsir ferlinu á bakvið viðmótið. Notandi

viðmótsins velur gildi fyrir inntakspætti í þeim vafra sem hann notar. Þessi gildi fara í HTML kóðann og ferðast þaðan í Python kóðann með Flask. Python kóðinn nær þá í töluleg gögn úr PostgreSQL gagnagrunninum miðað við inntakspættina og vinnur úr þeim. Að því loknu sendir Python kóðinn tilbúnu gögnin aftur yfir í HTML kóðann með Flask. HTML/JS kóðinn teiknar upp gröfin og stefnumyndina með gögnunum úr Python og skilar að lokum þeim niðurstöðum í vafra til notandans. CSS kóðinn stjórnar svo allri útlitsmótun viðmótsins.



**MYND 5** Hér má sjá einfalt flæðirit sem lýsir ferlinu að baki vefviðmótinu.

Þegar fyrsta útgáfa viðmótsins var afhent Vegagerðinni til prófunar var það gert með því að nota sýndartölvu sem EFLA fékk í áskrift frá Sensa. Allur kóði og gögn voru sett upp á þeirri tölvu og því hagað þannig að aðeins innan EFLU og Vegagerðarinnar var hægt að nálgast vefviðmótið með því að slá inn IP-tölu sýndartölvunnar í vafra. Í lok verkefnisins mun Vegagerðin svo hafa áframhaldandi aðgang að vefviðmótinu, með þessum eða öðrum hætti, til notkunar í daglegu starfi.

### 3 SAMANBURÐUR LÍKANS VIÐ ELDRI VINDAVIÐMIÐ

Til þess að meta líkanið sem sett hefur verið upp í þessu verkefni (fyrri og seinni áfanga) var það borið saman við eldri vindaviðmið. Á vefsíðu Vegagerðarinnar má finna eftirfarandi mynd af vindaviðmiðum sem reiknuð voru fyrir stór farartæki [2].

## VARÚÐARVIÐMIÐ vegna vinds fyrir stór ökutæki

Viðvörðun 1 <small>Stormviðvörðun 20 m/s. Hviður geta farið í 26 - 29 m/s.</small>		
<b>20 m/s</b>	Fulllestaðir flutningabílar og hópferðarbílar með mjög góða sætunýtingu og farangur.	Léttir flutningabílar með engan, lítin eða léttan farm sem og tómir eða hálfþómir hópferðarbílar.
<b>Þurr / Bleyta:</b>	Akió varlega. Hviður geta tekið verulega í bilinn.	Kannið vel aðstæður framundan því hviður geta jafnvel feyktilnum útaf.
<b>Hálka:</b>	Kannið vel aðstæður framundan því hviður geta jafnvel feyktilnum útaf. Ráðlagt að keðja bilin.	Keðja skal vörubíla. Hópferðarbílar skulu vera á góðum neglðum dekkjum og þá skal keðja ef hægt er.
Viðvörðun 2 <small>Stormviðvörðun 24 m/s. Hviður geta farið í 30 - 35 m/s.</small>		
<b>24 m/s</b>	Fulllestaðir flutningabílar og hópferðarbílar með mjög góða sætunýtingu og farangur.	Léttir flutningabílar með engan, lítin eða léttan farm sem og tómir eða hálfþómir hópferðarbílar.
<b>Þurr / Bleyta:</b>	Kannið vel aðstæður framundan og stöðvöð og bíðið ef grunur er um að veður sé að versna eða hviður að aukast. Akió undir leyfðum hámarkshraða	Ekki ráðlagt að halda áfram eða aka um þekktu hviðustaði. Akió undir leyfðum hámarkshraða, fylgist vel með umhverfinu (grasi, trjáum, yfirborði vatna) og snúið bilinum upp í veðrið ef vart verður hviðu og stöðvöð.
<b>Hálka:</b>	Haldið hraða verulega mör. Keðja skal vörubíla. Hópferðarbílar skulu vera á góðum neglðum dekkjum og þá skal keðja ef hægt er.	Skilyrðislaust stöpp
Viðvörðun 3 <small>Stormviðvörðun 28 m/s. Hviður geta farið yfir 35 m/s.</small>		
<b>28 m/s</b>	Fulllestaðir flutningabílar og hópferðarbílar með mjög góða sætunýtingu og farangur.	Léttir flutningabílar með engan, lítin eða léttan farm sem og tómir eða hálfþómir hópferðarbílar.
<b>Þurr / Bleyta:</b>	Skilyrðislaust stöpp	Skilyrðislaust stöpp
<b>Hálka:</b>	Skilyrðislaust stöpp	Skilyrðislaust stöpp



MYND 6 Núverandi vindaviðmið Vegagerðarinnar [2].



Líkt og sjá má eiga þessi varúðarviðmið aðeins við um stór farartæki – hingað til hefur ekkert samþærilegt verið til fyrir fólksbíla. Þessi viðmið voru sett upp í kjölfar rannsóknarverkefnis sem bar heitið *Umferðarslys og vindafar: Áfangaskýrsla I* og kom út árið 2004. Verkefninu var ætlað að auka þekkingu á áhrifum vinds á farartæki. Í umræðukafla skýrslunnar setja höfundar upp töflu sem dæmi um mögulega flokkun hættustiga sem taka mið af áhrifum vindhviðu og færðar [3]. Varúðarviðmiðin sem Vegagerðin setti upp á **MYND 6** byggjast á þessari töflu og flokkun hennar. Töfluna eins og hún var birt í skýrslunni frá 2004 má sjá í **TAFLA 1**.

**TAFLA 1** Dæmi um flokkun hættustigs fyrir ökutæki vegna vinds og færðar úr rannsóknarskýrslunni *Umferðarslys og vindafar: Áfangaskýrsla I* [3].

FÆRÐ	HVIÐUHRÁÐI (M/S)			
	20-25	25-30	30-35	35+
Autt/þurrt	1	1	2	3
Autt/blautt	2	2	3	3
Hálkublettir	2	3	3	3
Hált	3	3	3	3

Hér er hættustigum skipt upp í þrjú flokka þar sem mat hvers og eins er eftirfarandi [3]:

**Stig 1:** Nokkur hætta fyrir óstöðug ökutæki

**Stig 2:** Nokkur hætta fyrir flest ökutæki og umtalsverð hætta fyrir óstöðug ökutæki

**Stig 3:** Umtalsverð hætta fyrir öll ökutæki

Líkanið sem þróað hefur verið í þessu rannsóknarverkefni er ólíkt þessum eldri vindaviðmiðunum að því leytnu til að það reiknar kítíska vindhviðuhraða sem veldur óstöðugleika farartækis og vegi og leiðir því (reikningslega) til slyss/óhapps. Niðurstöður líkansins eru á forminu Í LAGI/EKKI Í LAGI, frekar en hættumat í orðum (Nokkur hætta o.s.frv.). Vindhviðuhraði lendir því annað hvort inni á grænu svæði, rauðu svæði eða mitt á milli. Græna svæðið tákna reikningslega örugga vindhviðu en það rauða reikningslega varasama vindhviðu, þar sem farartæki verður óstöðugt á vegi. Dæmi um uppsetningu líkansins má sjá á **MYND 4**. Því er niðurstöðum líkans þessa verkefnis raðað á eftirfarandi hátt:

**G:** Vindhviðuhraði inni á grænu svæði – hviða reikningslega örugg

**G/R:** Vindhviðuhraði á mörkum græna og rauða svæðis

**R:** Vindhviðuhraði inni á rauðu svæði – hviða reikningslega varasöm

Nú sýna viðmið Vegagerðarinnar á **MYND 6** varúðarráðstafanir fyrir tvo farartækjaflokka sem samsvara nokkurn veginn flokkum 2 og 3 í líkani þessa verkefnis. Fyrri flokkurinn kallast „Fulllestaðir flutningabílar og hópferðabílar með mjög góða sætanýtingu og farangur“ sem bera má saman við flokk þessa verkefnis sem kallast „Flokkur 3: Fullar rútur og flutningabílar“ og sá seinni er „Léttir flutningabílar með engan, lítinn eða léttan farm sem og tómir eða hálf tómir hópferðabílar“ sem bera má saman við flokkinn „Flokkur 2: Tómar/hálf tómar rútur og flutningabílar“. Engin viðmið eru fyrir smárútur eða fólksbíla, svo samanburður líkananna verður á milli rútu- og flutningabílaflokkanna tveggja.

Þar sem erfitt er að bera líkan þessa verkefnis saman við **MYND 6** verður það frekar borið saman við **TAFLA 1**, en varúðarviðmiðin hafa tengingu við hana. Í töflunni er ekki gerður nákvæmur greinarmunur milli farartækjaflokka en samanburðurinn verður samt sem áður við flokk 2 og 3 í líkani þessa verkefnis, líkt og greint var frá hér að ofan. Ekki er sagt til um neinn ökuhraða í útreikningum töflunnar, svo niðurstöðurnar verða bornar saman við annars vegar 50 km/klst hraða og hins vegar 80 km/klst úr



líkani þessa verkefnis. Vegaðstæðuflokkana má nokkurn veginn para saman en þar sem þeir eru fjórir í eldri skýrslunni og fimm hér verður flokkurinn „hált“ borinn saman við síðustu tvo flokka líkansins hér, „þjappaður snjór“ og „blautur ís/glæra“. Samanburðinn má sjá uppsettan miðað við skiptingarnar hér að ofan í **TAFLA 2** og **TAFLA 3**. Í fyrri töflunni miðast reiknilíkanið við bílhraða 50 km/klst og svo 80 km/klst í þeirri seinni. Vindhviður eru skoðaðar fyrir 27 m/s, 32 m/s og 35 m/s.

**TAFLA 2** Samanburður á niðurstöðum líkans þessa verkefnis (Áhrif vinds á farartæki) og eldri vindaviðmiða frá Vega-gerðinni (Umferðarslys og vindafar). Í þessari töflu miðast niðurstöðurnar í flokkum 2 og 3 við bílhraða **50 km/klst**.

UMFERÐARSLYS OG VINDAFAR		ÁHRIF VINDS Á FARARTÆKI	
VINDHVIÐA 27 M/S	STIG	FLOKKUR 2	FLOKKUR 3
Purrt	1	G	G
Blautt	2	G	G
Nýfallinn snjór	3	R	G
Þjappaður snjór	3	R	R
Blautur ís/glæra	3	R	R
VINDHVIÐA 32 M/S	STIG	FLOKKUR 2	FLOKKUR 3
Purrt	2	R	G
Blautt	3	R	G
Nýfallinn snjór	3	R	R
Þjappaður snjór	3	R	R
Blautur ís/glæra	3	R	R
VINDHVIÐA 35 M/S	STIG	FLOKKUR 2	FLOKKUR 3
Purrt	3	R	G
Blautt	3	R	G*
Nýfallinn snjór	3	R	R
Þjappaður snjór	3	R	R
Blautur ís/glæra	3	R	R

**TAFLA 3** Samanburður á niðurstöðum líkans þessa verkefnis (Áhrif vinds á farartæki) og eldri vindaviðmiða frá Vega-gerðinni (Umferðarslys og vindafar). Í þessari töflu miðast niðurstöðurnar í flokkum 2 og 3 við bílhraða **80 km/klst**.

UMFERÐARSLYS OG VINDAFAR		ÁHRIF VINDS Á FARARTÆKI	
VINDHVIÐA 27 M/S	STIG	FLOKKUR 2	FLOKKUR 3
Purrt	1	G	G
Blautt	2	G	G
Nýfallinn snjór	3	R	G/R
Þjappaður snjór	3	R	R
Blautur ís/glæra	3	R	R
VINDHVIÐA 32 M/S	STIG	FLOKKUR 2	FLOKKUR 3
Purrt	2	R	G
Blautt	3	R	G
Nýfallinn snjór	3	R	R
Þjappaður snjór	3	R	R
Blautur ís/glæra	3	R	R
VINDHVIÐA 35 M/S	STIG	FLOKKUR 2	FLOKKUR 3
Purrt	3	R	G/R
Blautt	3	R	G/R
Nýfallinn snjór	3	R	R
Þjappaður snjór	3	R	R
Blautur ís/glæra	3	R	R

Skoðum nú niðurstöðurnar – miðum við það að stig 1 í eldri viðmiðunum samsvari græna svæði líkans þessa verkefnis, stig 2 samsvari u.þ.b. mörkunum milli græna og rauða svæðisins og að stig 3 samsvari rauða svæðinu, sem liggur beinast við. Í þeim samanburði virðast viðmiðin frá 2004 og niðurstöður líkans þessa verkefnis passa nokkuð vel saman. Stig 1 gefur grænt, þ.e. reikningslega öruggt svæði, í líkaninu. Stig 2 gefur annað hvort grænt eða rautt svæði í líkaninu; þrjú fjórðungar útreikninganna setja aðstæðurnar inn á grænt svæði og einn fjórðungur inn á rautt. Svo reiknast stig 3 að langmestu leyti inni á rauða svæðinu eða á mörkum þess græna og rauða í líkaninu.

Á nokkrum stöðum lenda aðstæður sem eldri viðmið lýsa þó inni á græna svæði líkansins. Á það fyrst og fremst við fulllestaða bíla í vegástandsflokkunum Þurrt og Blautt. Dæmi: Í fjórðu neðstu línunni í aftasta dálkinum í **TAFLA 2** lendir niðurstaða líkansins inni á grænu svæði þar sem eldri viðmiðin setja stig 3 og er stjörnumerkt. Hins vegar, líkt og sjá má **MYND 7**, er vindhviðan mjög nálægt því að lenda inni á rauða svæðinu.

Þetta undirstrikar það að ákveðin áskorun felst í því að bera saman tvö mismunandi framsett líkön og að óvissa er alltaf til staðar. Ein af inntaksstærðum líkansins er t.a.m. þungi bílanna, en hverjum flokki er ætlað að lýsa ökutækjum sem hafa töluverða þyngdardreifingu, en aðeins er notaður einn þungi til að lýsa því í líkaninu (19 tonn fyrir þungu bílana, sjá [1]). Niðurstaða samanburðarins er þó sú að mati höfundna að eldri vindaviðmið og líkan þessa verkefnis samræmist frekar vel – samanburðurinn gaf svipaðar niðurstöður fyrir hættu stórra farartækja í hvössum vindi.



**MYND 7** \*Niðurstöður líkansins fyrir farartækjaflokk 3 við blautar vegaðstæður, bílhraða 50 km/klst og vindhviðu 35 m/s. Eldri vindaviðmið Vegagerðarinnar flokka þessar aðstæður í stig 3, þ.e. aðstæður sem valda umtalsverðri hættu fyrir öll ökutæki. Það má því sjá hérna að þó líkanið reikni aðstæðurnar inni á græna, örugga svæðinu munar aðeins örlitlu á því að þær lendi á því rauða og varasama.

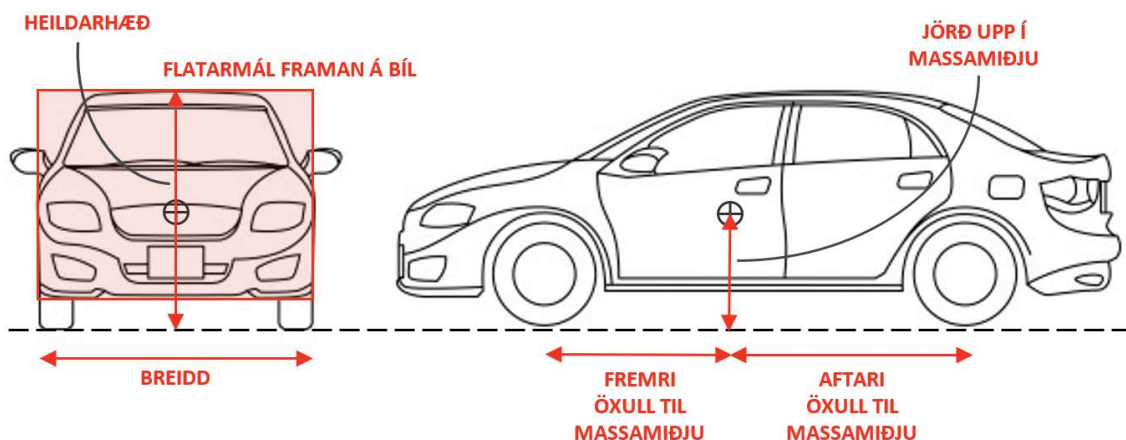
## 4 FÓLKSBÍLAR

Í fyrsta áfanga þessa verkefnis var sett upp og búið til líkan sem metur hættulegar vindaðstæður fyrir farartæki á vegum landsins. Þá voru framkvæmdir útreikningar fyrir þrjá farartækjaflokka; i) smárútur, ii) tómar eða hálfatómar rútur og flutningabílar og iii) fullar rútur og fulllestaðir flutningabílar. Þessar tegundir farartækja eru þær sem verða fyrir mestri hættu í vindasömu veðri, vegna stærðar flatarmálsins á hlið farartækjanna – því stærra sem flatarmálið er, því sterkari verða áhrif vindsins. Einnig urðu þessir flokkar fyrir valinu vegna þess að rannsóknir hvaðanæva úr heiminum fjölluðu lítið um aðrar tegundir farartækja á þessu sviði.

Í þessum kafla verður farið stuttlega yfir þá vinnu sem lögð var í að útvíkka líkanið til að ná sértaklega yfir fólksbíla einnig.

### 4.1 „Meðalbílinn“

Til þess að setja líkanið upp á lýsandi hátt fyrir fólksbíl/einkabíl þarf að ákvarða ýmsar stærðir til að nota í útreikningum. Þær má sjá á **MYND 8**. Það er þó ekki sjálfgefið ef allir einkabílar eiga að vera í sama flokki – „fólksbílar“ geta legið alls staðar á bilinu milli smábíla til stórra jeppa. Valið var að nota meðaltal stærðanna fyrir þessi farartæki. Bíllinn Audi A8 gæti t.d. táknað „meðalbílinn“.



**MYND 8** Stærðir notaðar í útreikningum líkansins.

Valdar stærðir má sjá í **TAFLA 4** Áætlaðar stærðir fyrir „meðalbílinn“ til notkunar í útreikningum fyrir fólksbíla í líkaninu. Miðað við meðalþyngdir nokkurra flokka fólksbíla, frá smábílum upp í stóra jeppa, er meðalþyngd allra u.þ.b. 2000 kg [4]. Upplýsingar úr veghönnunarreglum Vegagerðarinnar gefa svo að breidd fólksbíla er 1,8 m og að lengd milli öxlanna sé 2,8 m [5]. Þar sem yfirgnæfandi meirihluti fólksbíla á Íslandi er framhjóladrifinn og með vélina staðsetta að framan í bílnum [6] er reiknað með því að massamiðjan sé aðeins nær fremri öxli bílsins heldur en þeim aftari. Það gefur þá að lengdin milli fremri öxuls og massamiðju sé 1,1 m og milli aftari öxuls og massamiðju 1,7 m, þegar gert er ráð fyrir að um 60% af massanum sé á fremri öxli og 40% á þeim aftari. Hæð massamiðjunnar er svo metin sem 0,65 m [7] og heildarhæðin 1,5 m miðað við hæð nokkurra meðalstórra meðalbíla [8].

**TAFLA 4** Áætlaðar stærðir fyrir „meðalbílinn“ til notkunar í útreikningum fyrir fólksbíla í líkaninu.

MASSI	BREIDD	FREMRI ÖXULL TIL MASSAMIÐJU	AFTARI ÖXULL TIL MASSAMIÐJU	JÖRÐ UPP Í MASSAMIÐJU	HEILDARHÆÐ	FLATARMÁL FRAMAN Á BÍL
2 tonn	1,8 m	1,1 m	1,7 m	0,65 m	1,5 m	2,7 m <sup>2</sup>

## 4.2 Loftaflfræðilegir formstuðlar

Loftaflfræðilegir formstuðlar (*e. aerodynamic coefficients*) eru einingalausir stuðlar sem notaðir eru í krafta- og vægisútreikningum vinds. Þeir segja til um hversu mikil áhrif vindur hefur á farartæki og byggjast einna helst á stærð og lögun farartækis. Þar af leiðandi eru þessir stuðlar ekki þeir sömu fyrir t.d. fólksbíla og vöruflutningabíla. Eina viðurkennda leiðin til þess að finna þessa stuðla er að framkvæma tilraunir, í vindgöngum eða raunstærð, eða hermanir. Þessi fylgir mikill kostnaður og það er því ekki fyrirbyggjandi heildstæður grunnur af stuðlum allar mismunandi tegundir bíla. Nánari umfjöllun um formstuðla, sem eru sex talsins, má finna í fyrri skýrslu þessa verkefnis [1].

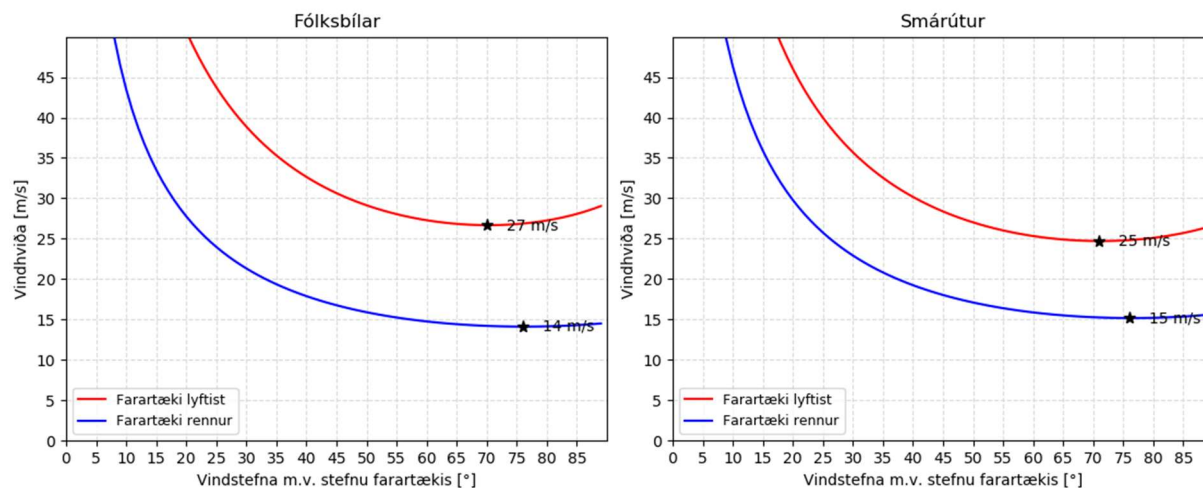
Í fyrri áfanga var lögð veruleg áhersla á að finna og sannreyna líkingar fyrir stuðlana fyrir alla farartækjaflokka. Eftir mikla leit og vangaveltur var unnt að velja lýsandi jöfnur fyrir smárútur, rútur og vöruflutningabíla sem uppfylltu það að henta vel til útreikninga, vera af viðurkenndum uppruna, og að vera í notkun af öðrum aðilum en þeim sem leiddu þær út. Í fyrri áfanga var einnig leitað eftir slíkum jöfnum fyrir fólksbíla en engar nothæfar fundust.

Sú var einnig raunin í þessum áfanga. Í nokkrum rannsóknum var hægt að finna einstaka gröf fyrir fólksbílustuðla úr vindgangatilraunum en aldrei heildstætt sett af öllum stuðlunum sex. Í þeirri grein sem næst komst nothæfri framsetningu fólksbílustuðla [9] voru niðurstöður byggðar á einni tilraun og þóttu ekki samsvara því sem sett hafði verið upp fyrir hina ökutækjaflokkana. Einnig var haft samband við Sebastian Reymert, doktorsnema hjá NTNU í Þrándheimi, sem skoðar samspil farartækja og brúa (*e. vehicle-bridge interaction*). Í rannsóknum sínum hefur hann mikið skoðað áhrif vinds á farartæki með svipuðum hætti og gert er í þessu verkefni og var hann því beðinn um að veita og deila upplýsingum þar sem leiddir eru út loftaflfræðilegir formstuðlar fyrir fólksbíla ef hann hefði slíkt undir höndum. Sebastian hefur kafað djúpt í þetta en hafði ekki orðið meir ágengt en höfundum hér í þessu efni.

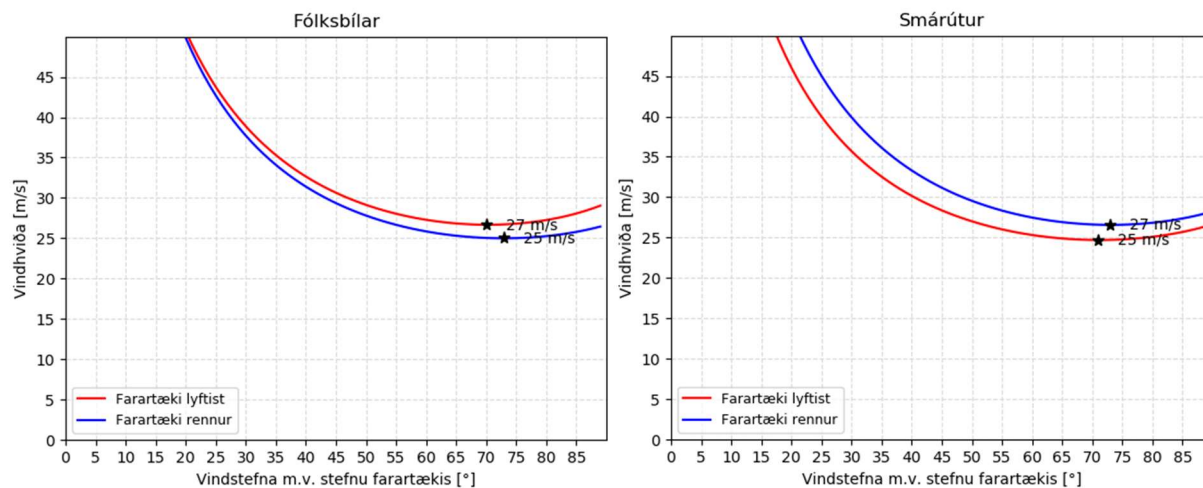
Niðurstaðan varð því sú að ekki var unnt að finna formstuðla til að lýsa áhrifum vinds á fólksbíla með sama hætti og gert er fyrir stærri ökutækin í líkani þessa verkefnis. Þar sem ósk lá fyrir um að lýsa fólksbílum einnig í líkaninu var kannað hvort byggja mætti fólksbílaútreikninga á formstuðlum sem nýttir eru fyrir smárútur. Slíkir útreikningar settir upp í líkaninu.

### 4.3 Niðurstöður – Vindáhrif á fólksbíla reiknuð með smárútuformstuðlum

Eftir upplýsingaöflun um stærðir og stuðla var eins greint er frá að ofan ákveðið að prófa að keyra útreikninga byggða á smárútuformstuðlum fyrir fólksbíla. Á næstu myndum má sjá dæmi um niðurstöður, bornar saman við sömu aðstæður fyrir smárútur. Á **MYND 9** reiknar líkanið með þurrum vegi og bílhraða 90 km/klst – **MYND 10** sýnir aðstæður við sama hraða en með þjöppuðum snjó á vegi.



**MYND 9** Reiknilíkan prufukeyrt fyrir fólksbíla og borið saman við sömu aðstæður fyrir smárútur. Hér er vegur þurr og bílhraði 90 km/klst. Lægsta gildi vindhviðu fyrir hvora tegund óhapps er stjörnumerkt.



**MYND 10** Reiknilíkan prufukeyrt fyrir fólksbíla og borið saman við sömu aðstæður fyrir smárútur. Hér er þjappaður snjó á vegi og bílhraði 90 km/klst. Lægsta gildi vindhviðu fyrir hvora tegund óhapps er stjörnumerkt.

Þegar vegur er þurr gefa niðurstöðurnar að fólksbílillinn muni fyrir renna heldur en að lyftast eða velta og svo öfugt fyrir smárútuna. Kítíski vindhviðuhraðinn endar þó á að vera sá sami, 25 m/s. Þegar vegur er svo þakinn þjöppuðum snjó gefa báðar niðurstöður að farartækin muni frekar renna, enda orðið mjög hált við þær aðstæður. Þar munar mjög litlu á kítíska vindhviðuhraðanum en hann reiknast 14 m/s fyrir fólksbílillinn og 15 m/s fyrir smárútuna. Munum að í þessum útreikningum eru notaðir sömu loftaflfræðilegu formstuðlar, þeir sem eiga við smárútur.

Líkanið gefur að ákveðnu leyti trúverðugar niðurstöður.

Samanborið við vöru- og sendiferðabíla eða rútur eru fólksbílar skv. líkaninu ólíklegri að velta (þarf hvassari vind til að velta fólksbílunum), líklega vegna lægri massamiðju og minna flatarmáls.

Hins vegar, þegar vegur er ekki þurr, þá gefur líkanið að fólksbílar renni fyrr út af en stærri farartækin – þ.e. þegar snjór er á vegi. Reikningslega í líkaninu er þetta tilkomið vegna þess að minna viðnám fólksbílanna gagnvart rennsli vegna þess hve léttir þeir eru meir en vegur upp minna flatarmál og lægra farartæki. Þetta er í samræmi við niðurstöðurnar sem fengust í [10]. Aftur á móti eru krítísku vindhviðurnar hægar og er það tilfinning starfsmanna Vegagerðarinnar og höfunda á EFLU að líkanið vanmeti stöðugleika fólksbíla gagnvart skriði, og er það að líkindum tilkomið vegna þess að smárútuformstuðlarnir eru of háir til að lýsa rétt vindáhrifum á fólksbílana.

Að lokum var því tekin sú ákvörðun að sleppa því að bæta fólksbílum við líkanið í öðrum áfanga. Óvissa stærða og stuðla var metin of mikil til þess að hægt væri að treysta niðurstöðunum. Eftir standa því sömu þrír flokkar og áður.

## 5 GREINING ÞEKKTRA SLYSATILFELLA MEÐ LÍKANI

Til þess að meta hversu vel reiknilíkanið fangar þekkt slys er best að framkvæma prófanir þar sem raunverulegar aðstæður eru settar upp í líkaninu. Svona slys eiga sér stað af og til, víðs vegar um landið, í slæmu veðri.

Til þess að finna umferðarslys sem hafa átt sér stað við vindasamar aðstæður gafst best að reiða sig á fjölmiðla landsins – heildstæður gagnagrunnur eða söfnun upplýsinga af þessu tagi fyrirfinnst ekki. Í ljósi þess að fréttáflutningur er helsta heimildin í slysaöfnuninni er vert að taka fram að tímasetningar, staðsetning og vindhviðhraði eru besta mat út frá fréttum og stærðir þar af leiðandi ekki alveg nákvæmar. Til að mynda eru myndir af vettvangi og lýsingar úr fréttunum oft nýttar til þess að meta vegaðstæðurnar þegar slys varð.

Í fyrri hlutanum eru skoðuð fólksbílasyr miðað við útreikninga og forsendur úr **KAFLA 4** en í þeim seinni slys þar sem rútur eða vöruflutningabílar fuku út af vegi. Í öllum slysunum er reiknað með aksturshraðanum *90 km/klst*. Að lokum verða umfjallanir í lok hvors undirkafla þar sem niðurstöður líkansins fyrir slysin verða túlkuð.

Nánari útskýringar á gröfunum má finna í **KAFLA 2**.

### 5.1 Fólksbílar

Veðurgögnin fyrir þrjú fólksbílasyr fengust frá Vegagerðinni. Í öllum slysunum er vísað í fréttina þar sem greint er frá þeim. Æskilegt hefði verið að skoða aðeins fleiri slysatilfelli en þau fundust ekki, þar sem betur fer eru slys þessar tegundar ekki svo tíð og lítið í fréttum.

### 5.1.1 Slys 1

Bíll f auk út af [11]

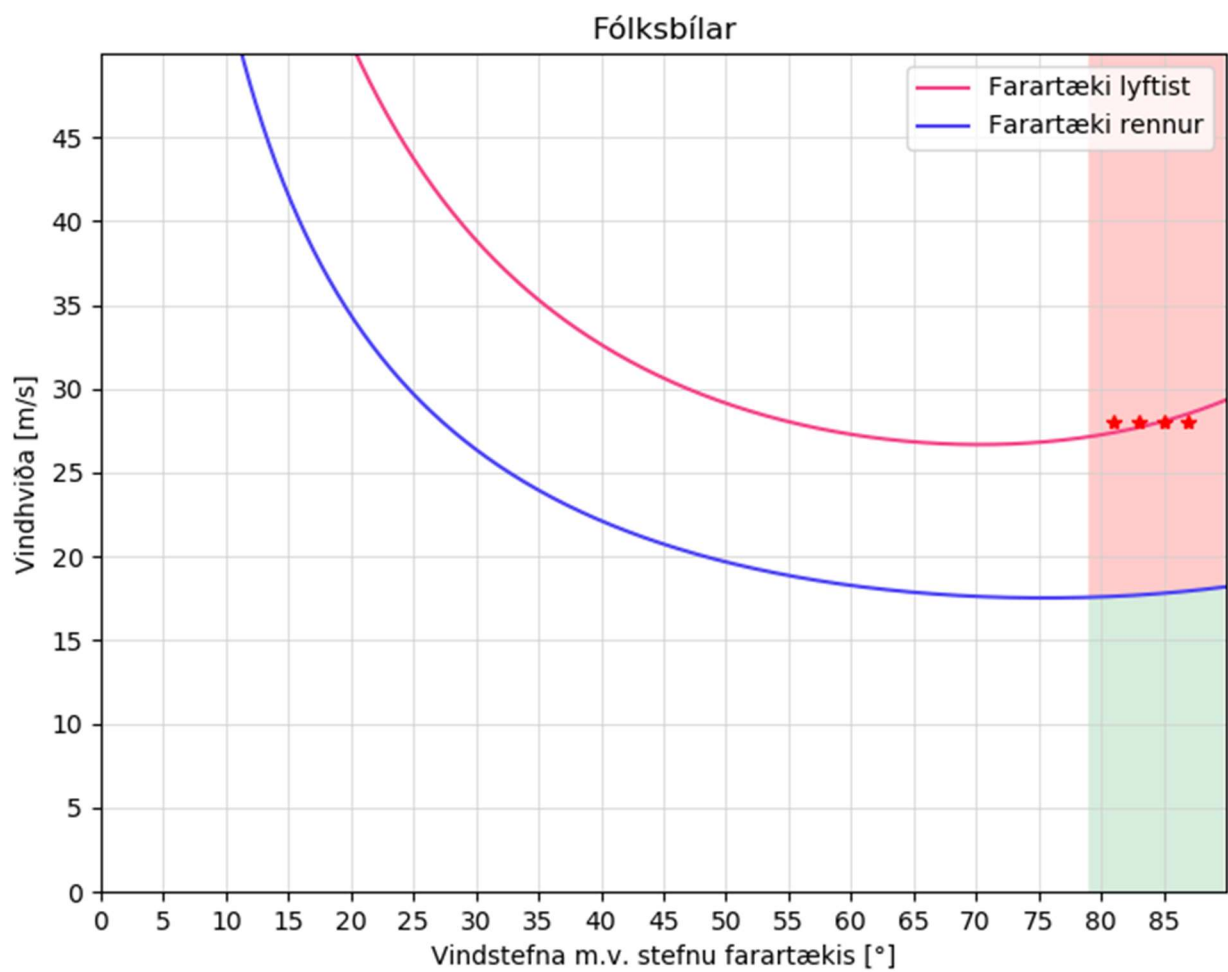
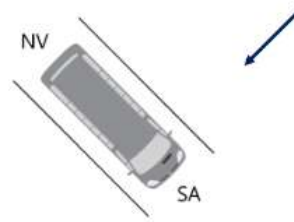
Dagsetning og tími: 5. desember 2015 kl. 09:00

Staðsetning: Hvammur í Ölfusi

Farartæki: Fólksbíll

Vegaðstæður: Nýfallinn snjór

Hæsta vindhviða: 28 m/s NA

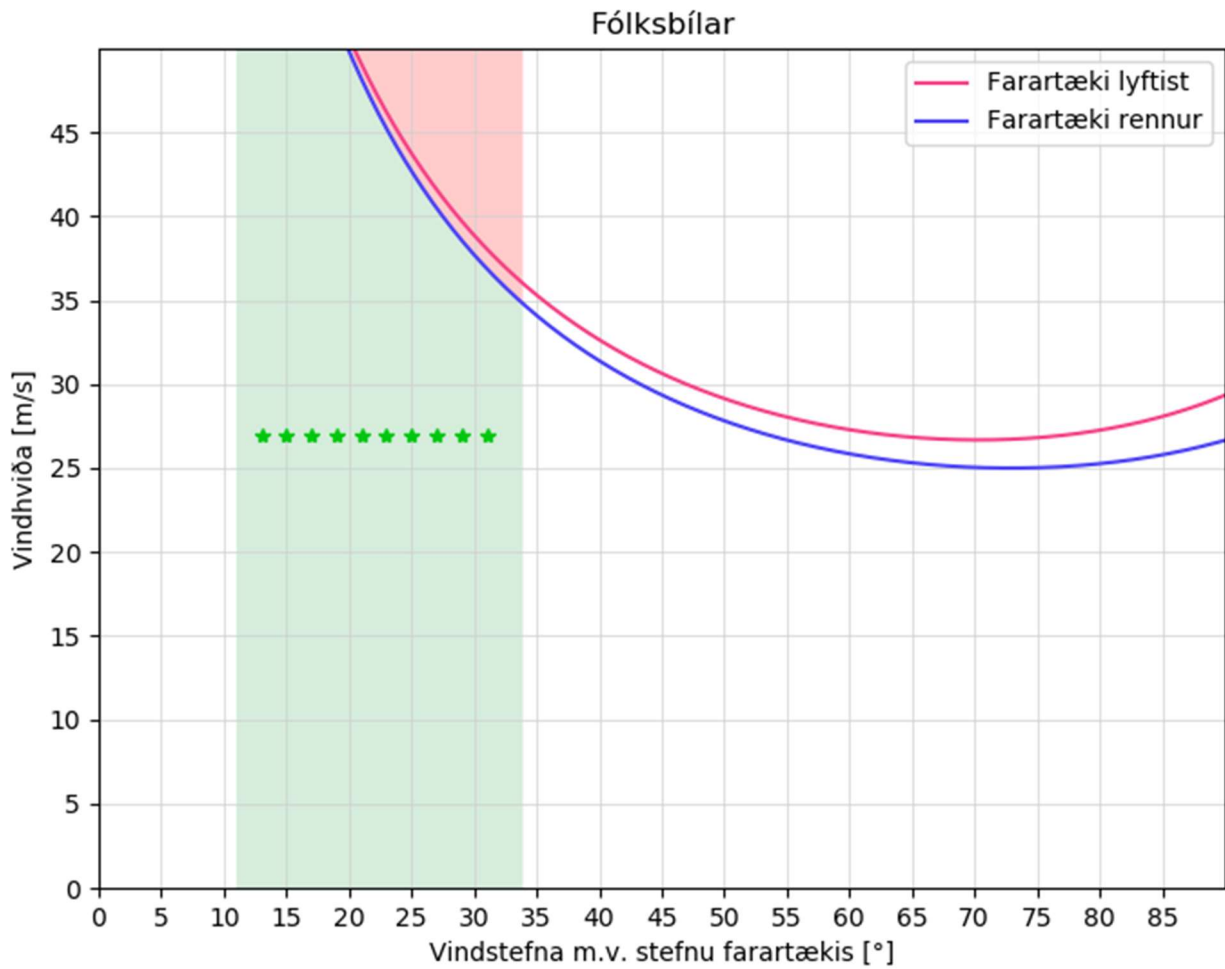




5.1.2 Slys 2

Bíll f auk út af Grindavíkurvegi – Lögregla varar fólk við að vera á ferðinni [12]

Dagsetning og tími: 19. október 2016 kl. 12:30  
Staðsetning: Grindavíkurvegur  
Farartæki: Fólksbíll  
Vegaðstæður: Þurrt  
Hæsta vindhviða: 27 m/s SSA



### 5.1.3 Slys 3

„Held að þetta eigi bara eftir að versna“ [13]

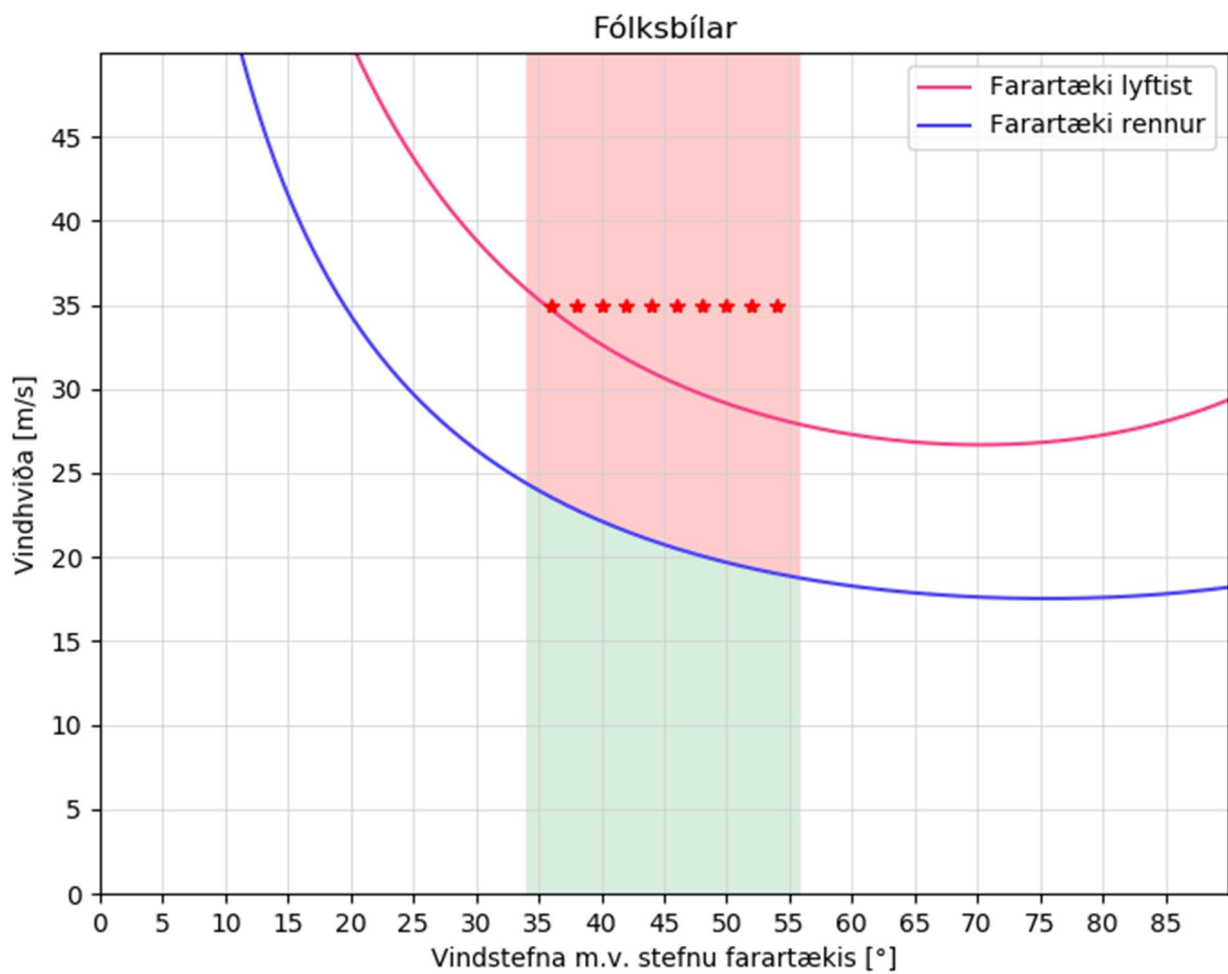
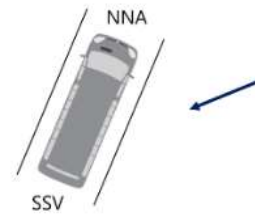
Dagsetning og tími: 10. desember 2019 kl. 10:00

Staðsetning: Innst í Siglufirði

Farartæki: Fólksbíll

Vegaðstæður: Nýfallinn snjór

Hæsta vindhviða: 35 m/s ANA



#### 5.1.4 Umfjöllun niðurstaðna

Tvö af slysatilfellunum þremur, það fyrsta og það síðasta, lenda inni á rauða svæði líkansins, því reikningslega varasama. Í báðum tilfellum er snjór og nokkur hálka á vegi ásamt frekar háum vindhviðum sem stefna á hlið bílanna – það ætti því ekki að koma á óvart að líkanið grípi þessi slys.

Aðra sögu er að segja í slysi 2. Þar er vegurinn þurr og vindhviðan lendir nær framenda bílsins heldur en hlið hans. Líkanið gefur að hviðan lendi á græna svæðinu, því reikningslega örugga – það nær því ekki að grípa þetta slys.

Þessar niðurstöður minna á það að *óvissuþættirnar í svona líkani eru heilmiklir*. Vegaðstæðum er skipt upp í fáeina flokka og hverjum gefinn meðalnúningsstuðull sem getur þá verið hærri eða lægri en hann er í raun. Svo endurspeglar mælingarnar á vindhviðunum ekki endilega þær sem bílarnir lenda í. Sem dæmi má nefna slysatilfelli tvö, sem lenti inni á örugga svæðinu. Það átti sér stað á Grindavíkurvegi og þá líklega á langa, beina kaflanum þar sem landslagið er svo til alveg slétt í kring. Næsta veðurstöð Vegagerðarinnar, þaðan sem vindhviðugögnin fengust, liggur hins vegar við fjallið Þorbjörn og eru því fjallshlíðar í næsta nágrenni. Landslag hefur mikil áhrif á vind og því er líklegt að hviðan sem lenti á bílnum og olli því að hann valt hafi verið sterkari en 27 m/s og þá mögulega líka úr annarri átt.

Aðrir óvissuþættir í öllum slysunum eru til dæmis viðbrögð ökumanns og hraði bílsins. Ökumaðurinn getur brugðist við á ótalmarga vegu og ekki víst að hann hafi alltaf góða stjórn á farartækinu. Svo var reiknað með hraðanum 90 km/klst fyrir öll slysin en auðvitað stór möguleiki á því að ökumaður hafi verið á hraðari ferð, eða þá hægari.

Einnig er að lokum vert að minna á það að ákveðið var að sleppa fólksbílaútreikningunum í líkaninu, vegna þess að ekki var unnt að afla nægjanlega trúverðugra innstaksstærða (formstuðla) fyrir slíka reikninga.

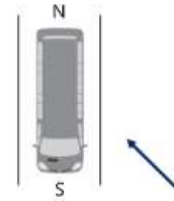
## 5.2 Stærri farartæki

Veðurgögnin fyrir slys stærri farartækjanna fengust úr fréttum hvers slyss fyrir sig og gömlum veðurspákortum frá Veðurstofunni [14]. Í öllum slysunum er vísað í fréttina/fréttirnar þar sem greint er frá þeim.

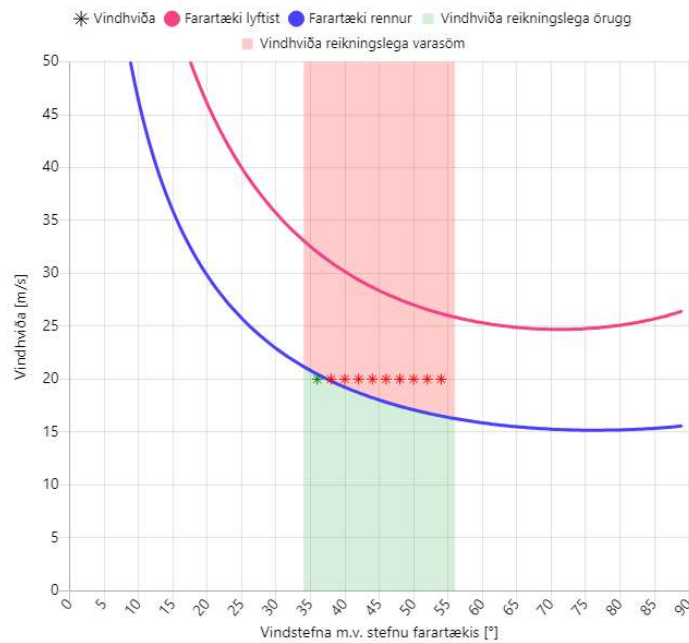
## 5.2.1 Slys 1

Tvær rútur út af á Kjalarnesi [15]

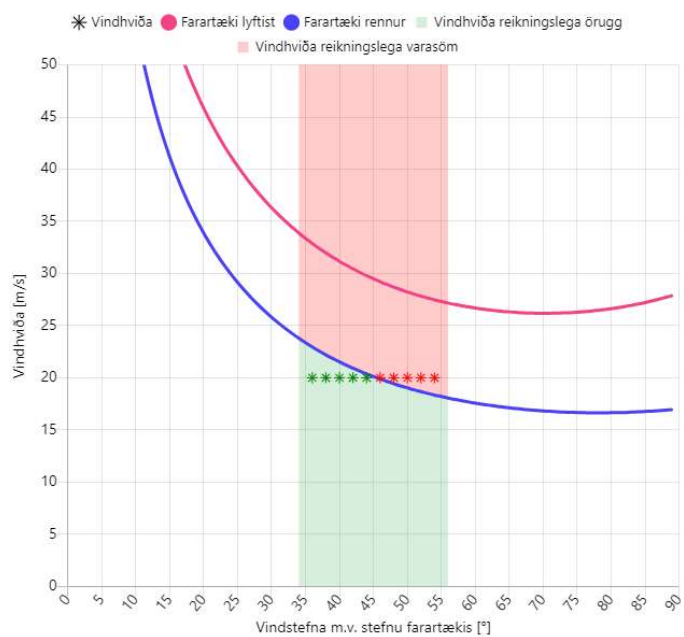
Dagsetning og tími: 20. janúar 2019 kl. 19:00  
Staðsetning: Vesturlandsvegur á Kjalarnesi  
Farartæki: Ein hálfþóm rúta og ein smárúta  
Vegaðstæður: Þjappaður snjór  
Hæsta vindhviða: 20 m/s SA



Flokkur 1: Smárútur



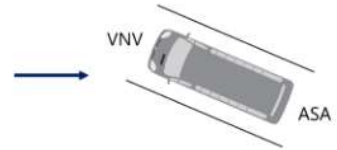
Flokkur 2: Tómar/hálfþómar rútur og flutningabílar



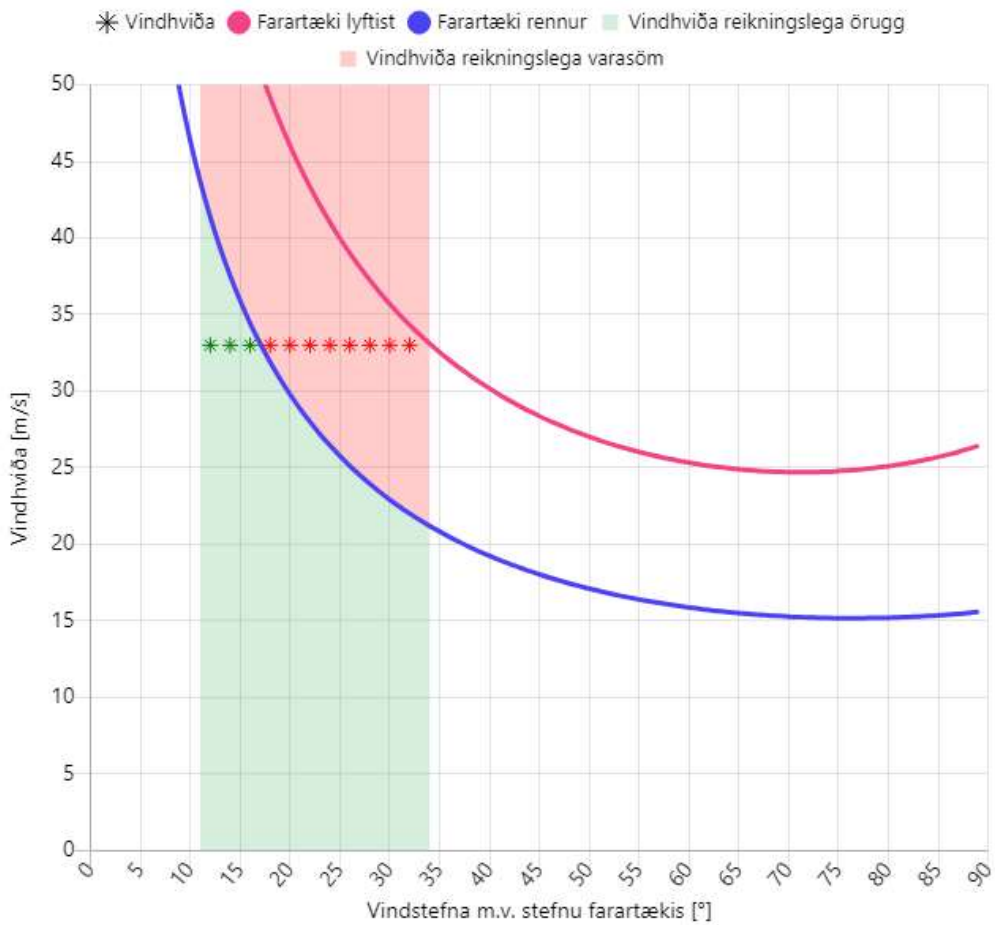
5.2.2 Sly 2

Minni háttar slys er bill f auk út af [16]

Dagsetning og tími: 22. mars 2019 kl. 12:00  
Staðsetning: Rétt austan við Holtsós undir Eyjafjöllum  
Farartæki: Smárúta  
Vegaðstæður: Þjappaður snjór  
Hæsta vindhviða: 33 m/s V



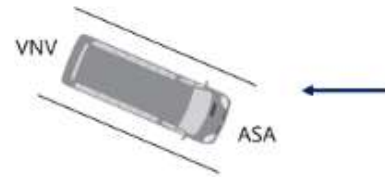
**Flokkur 1: Smárútur**



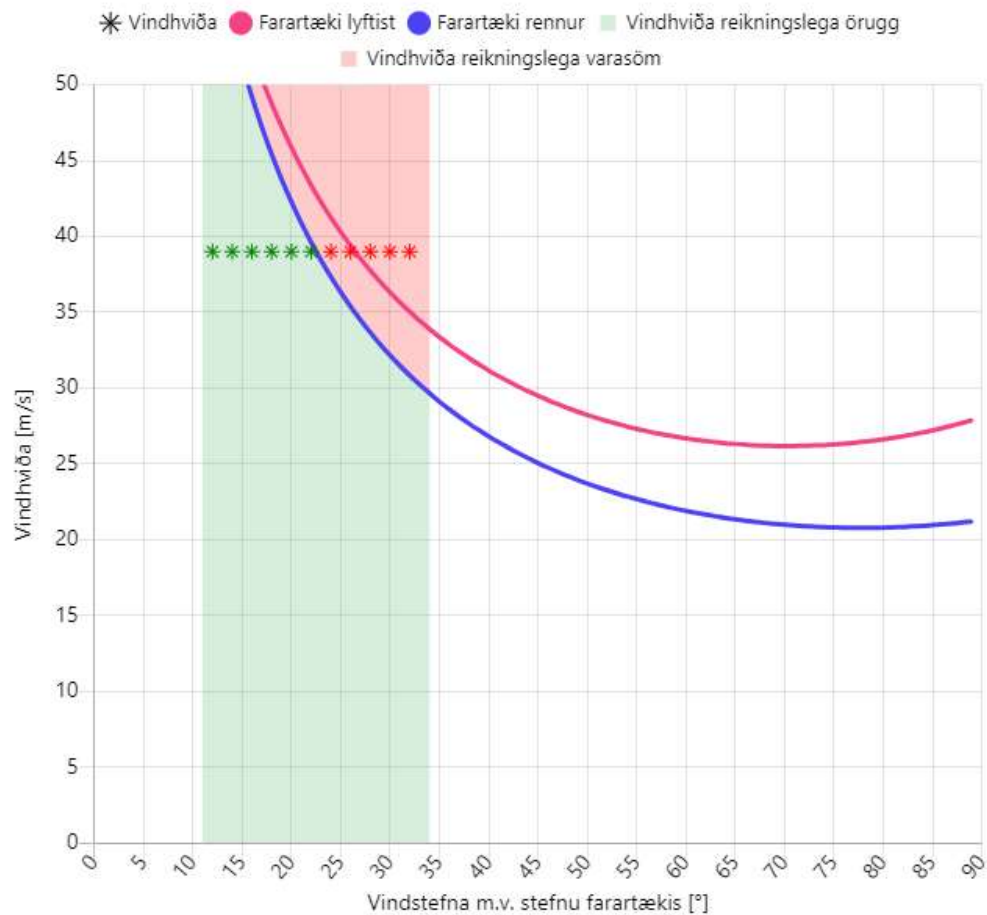
### 5.2.3 Sly 3

Rúta fór út af þjóðveginum undir Eyjafjöllum [17]

Dagsetning og tími: 19. nóvember 2019 kl. 08:00  
Staðsetning: Hafurshóll undir Eyjafjöllum  
Farartæki: Hálfótóm rúta  
Vegaðstæður: Blautt  
Hæsta vindhviða: 39 m/s ASA



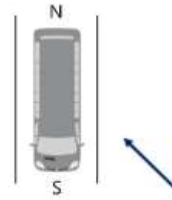
#### Flokkur 2: Tómar/hálfótómar rútur og flutningabílar



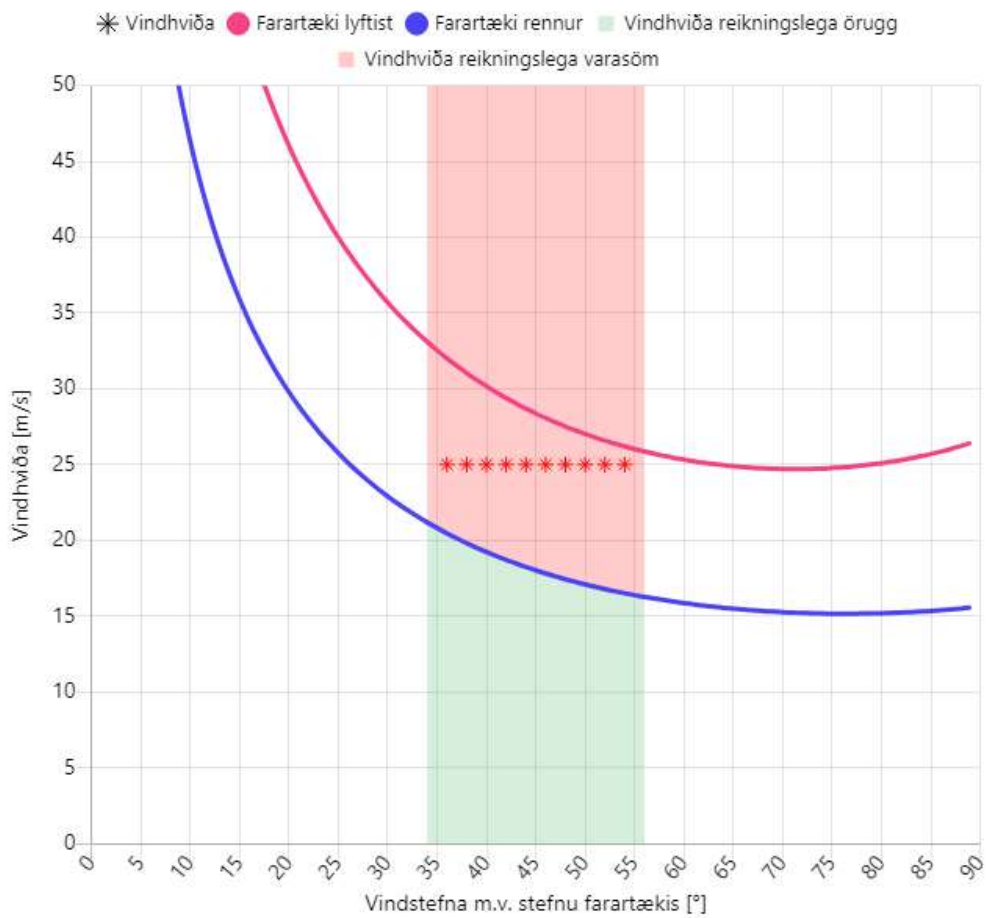
5.2.4 Sly 4

Rúta fór út af á Kjalarnesi og veginum lokað [18]

Dagsetning og tími: 4. janúar 2020 kl. 09:00  
Staðsetning: Kjalarnes  
Farartæki: Smárúta  
Vegaðstæður: Þjappaður snjór  
Hæsta vindhviða: 25 m/s SA



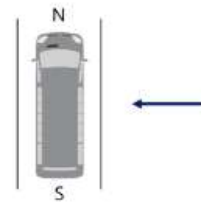
**Flokkur 1: Smárútur**



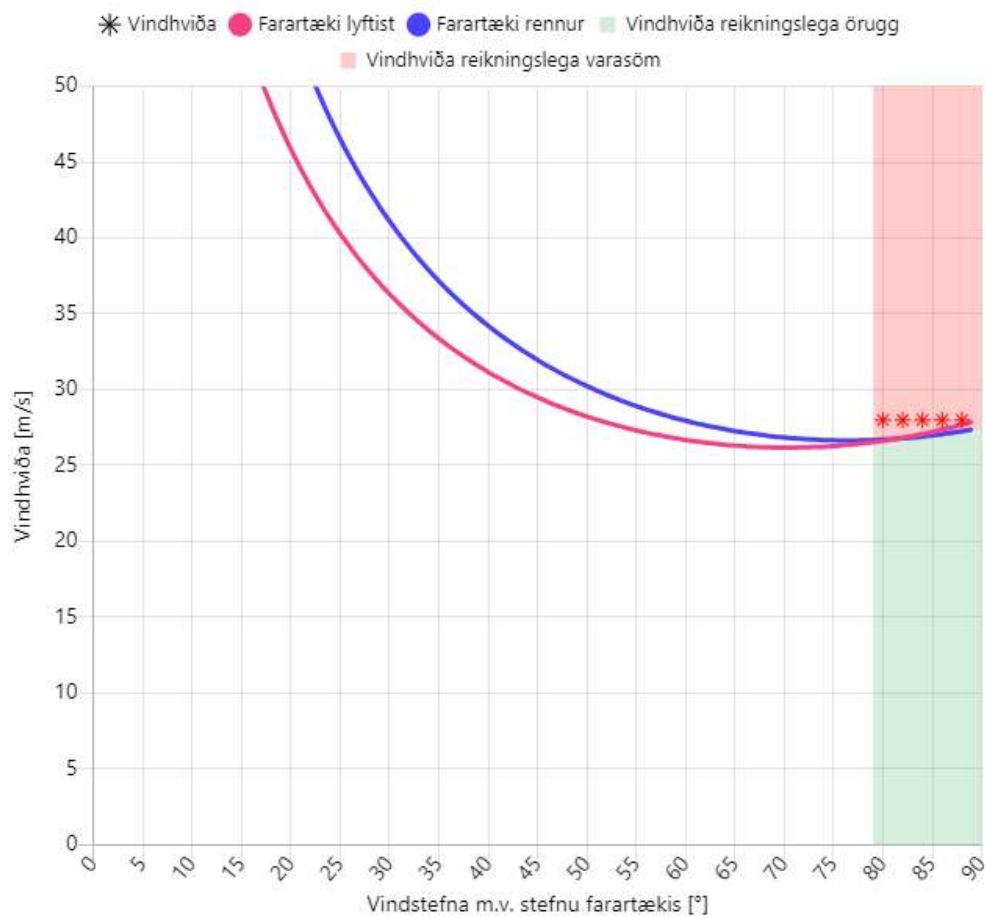
## 5.2.5 Sly 5

Tveir á gjörgæslu eftir alvarlegt umferðarslys á Vesturlandsvegi [19]

Dagsetning og tími: 10. janúar 2020 kl. 12:00  
Staðsetning: Vesturlandsvegur í Kollafirði  
Farartæki: Flutningabíll  
Vegaðstæður: Blautt  
Hæsta vindhviða: 28 m/s A



### Flokkur 2: Tómar/hálftómar rútur og flutningabílar



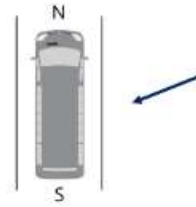


5.2.6 Slys 6

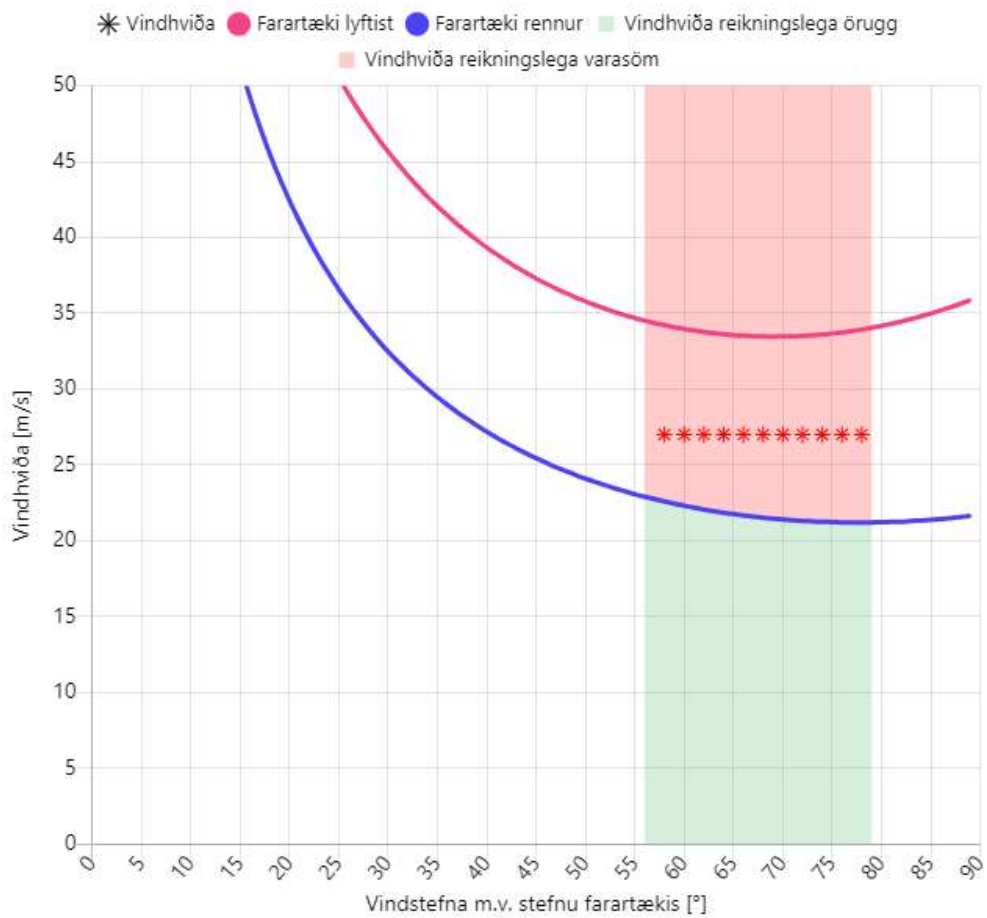
Samhæfingarstöð virkjuð vegna rútuslyss [20]

Í fjöldahjálparmiðstöð eftir rútuslys [21]

Dagsetning og tími: 10. janúar 2020 kl. 17:00  
Staðsetning: Skammt sunnan Blönduóss  
Farartæki: Full rúta  
Vegaðstæður: Þjappaður snjór  
Hæsta vindhviða: 27 m/s ANA



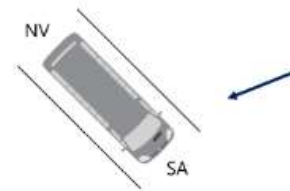
**Flokkur 3: Fullar rútur og flutningabílar**



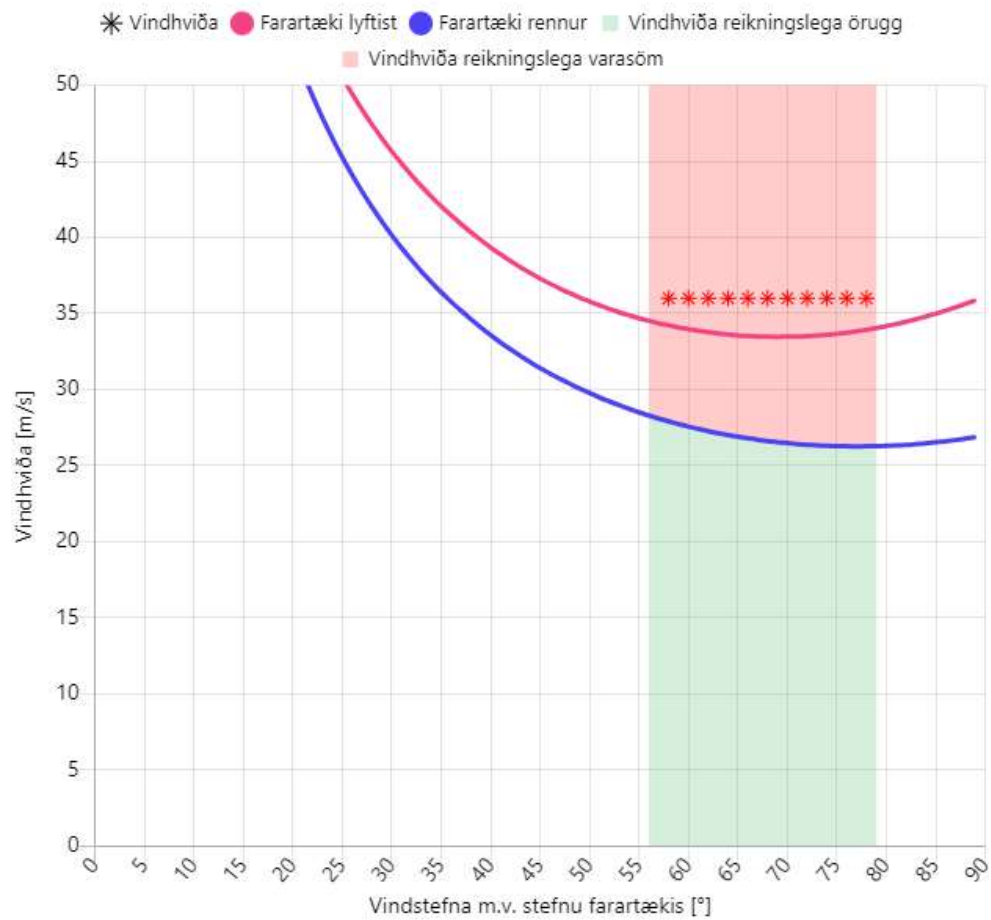
## 5.2.7 Sly 7

Rúta fór út af veginum við Pétursey [22]

Dagsetning og tími: 1. mars 2020 kl. 09:00  
Staðsetning: Við Pétursey, vestan við Vík  
Farartæki: Full rúta  
Vegaðstæður: Nýfallinn snjór  
Hæsta vindhviða: 36 m/s ANA



### Flokkur 3: Fullar rútur og flutningabílar



### 5.2.8 Umfjöllun niðurstaðna

Öll slysatilfelli stærri farartækja í þessum kafla lenda annað hvort alveg inni á reikningslega varasama svæðinu, því rauða, eða á mörkum rauða og græna svæðisins. Það má því ætla að líkanið virki nokkuð vel fyrir stóru farartækin, fyrst það nær að grípa öll sjö slysatilfellin sem tekin eru fyrir hér. Einnig létu starfsmenn Vegagerðarinnar það í ljós að þeim þætti líkanið ríma nokkuð vel við raunveruleikann fyrir þessi farartæki, eftir að þeir höfðu fengið það til prófunar.

Hér gildir þó það sama og kom fram í niðurstöðunum fyrir fólksbílana – allir sömu óvissuþættir líkansins eru til staðar.

Niðurstaða þeirra prófana sem gerðar voru með líkaninu fyrir stærri ökutækin er sem sagt sú að líkanið nái nokkuð vel utan um aðstæður sem líklegar eru til að valda óhöppum.

## 6 UMFJÖLLUN OG ÁLYKTANIR

Í þessum áfanga rannsóknarverkefnisins *Áhrif vinds á farartæki* hefur verið unnið áfram með reiknilíkan sem sett var upp í fyrri áfanga.

Ekki reyndist unnt að bæta fólksbílaflokki við hina þrjá flokka sem byggðir voru inn fyrir stærri ökutæki í fyrri áfanga. Ástæðan fyrir þessu er sú að loftaflfræðilegir formstuðlar sem gilda fyrir fólksbíla liggja ekki á lausu til jafns á við það sem birt hefur verið alþjóðlega fyrir stærri ökutæki.

Líkanið er aðgengilegt starfsmönnum Þjónustudeildar Vegagerðarinnar gegnum viðmót sem lokið var við uppsetningu á í þessum áfanga. Í lokaútgáfu viðmótsins var tekið tillit til óska Þjónustudeildar um birtingu niðurstaða, og er það mat höfunda að líkanið sé þægilegt í notkun.

Rétt er að árétta fyrirvara um að líkanið innibýggir margar einfaldanir á flóknum atburðum og að niðurstöðunum sé á þessu stigi fyrst og fremst ætlað að vera ráðgefandi við ákvarðanatöku um takmarkanir á umferð, á meðan aukin reynsla fæst af notkun þess fyrir raunverulegar aðstæður á Þjónustudeild.

Meðal hinna veigameiri af þessum einföldunum má nefna að vegaðstæðuflokkunum fimm í líkaninu er aðeins lýst með einu tölugildi núningsstuðuls fyrir hvern flokk. Vel mætti hugsa sér að keyra líkanið fyrir fleiri núningsstuðulsgildi, til að falla að hálkumælingum ef þær verða felldar inn í vinnuferla Þjónustudeildar í framtíðinni.

Gert er ráð fyrir frekari endurgjöf á líkanið samfara aukinni notkun á Þjónustudeild. Mikilvægt er að hafa í huga að afurðir hagnýtra rannsóknar- og þróunarverkefna eins og þessa eru í eðli sínu ávallt opnar fyrir frekari þróun og viðbótum.

## 7 HEIMILDASKRÁ

- [1] Erla Hrafnkelsdóttir, „Áhrif vinds á farartæki: Rannsóknarverkefni styrkt af rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar“, EFLA verkfræðistofa, 2020. Aðgengilegt á: <http://www.vegagerdin.is/media/rannsoknir/1800-707-Ahrif-vinds-a-farartaeki---Rannsoknarsjodur-Vg-2019.pdf> [Sótt 6. ágúst 2020]
- [2] [Án höfundar], „Varúðarviðmið vegna vinds fyrir stór ökutæki“, Vegagerðin, [Án ártals]. Aðgengilegt á: <http://www.vegagerdin.is/ferdaupplýsingar/vindavidmid/> [Sótt 23. júlí 2020]
- [3] Skúli Þórðarson og Jónas Þór Snæbjörnsson, „Umferðarslys og vindafar: Áfangaskýrsla I“, Orion Ráðgjöf ehf., 2004. Aðgengilegt á: [http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Rannum03\\_Vindafar\\_Orion/\\$file/Orion\\_Vindafar\\_03.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Rannum03_Vindafar_Orion/$file/Orion_Vindafar_03.pdf) [Sótt 23. júlí 2020]
- [4] Magnus Sellén, „How much does a car weigh? – List of weights by car model“, Mechanicbase, 2019. Aðgengilegt á: <https://mechanicbase.com/cars/car-weight/> [Sótt 8. júlí 2020]
- [5] Eymundur Runólfsson, Guðmundur Heiðreksson og Jón Helgason, „Veghönnunarreglur“, Vegagerðin, 2010. Aðgengilegt á: [http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/8d461983982f539900256935003eac25/4cfa118c98c513b9002577c800567ba8/\\$FILE/VhRg2010\\_heildarutg\\_b.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/8d461983982f539900256935003eac25/4cfa118c98c513b9002577c800567ba8/$FILE/VhRg2010_heildarutg_b.pdf) [Sótt 8. júlí 2020]
- [6] Einar Einarsson og Elísabet Árnadóttir, „Tegund drifbúnaðar og slysatíðni“, Umferðarstofa, 2005. Aðgengilegt á: [https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/2004\\_RANNUM\\_Drifbunadur/\\$file/tegund\\_drifbunadar\\_og\\_slysatidni\\_lokaskyrsla\\_skil.pdf](https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/2004_RANNUM_Drifbunadur/$file/tegund_drifbunadar_og_slysatidni_lokaskyrsla_skil.pdf) [Sótt 8. júlí 2020]
- [7] Ekuase Austin, Aduloju Sunday Christopher, Ogenekaro Peter, Ebhota Williams Saturday, Dania David E., „Determination of center of gravity and dynamic stability evaluation of a cargo-type tricycle“, American Journal of Mechanical Engineering 3, no. 1, 2015. Aðgengilegt á: <http://pubs.sciepub.com/ajme/3/1/5/index.html> [Sótt 8. júní 2020]

- [8] [Án höfundar], „New car dimensions in the European market with the photo of each automobile size showing length, width and height“, automobiledimension.com, 2020. Aðgengilegt á: <https://www.automobiledimension.com/> [Sótt 8. júní 2020]
- [9] L.D. Zhu, L. Li, Y.L. Xu og Q. Zhu, „Wind tunnel investigations of aerodynamic coefficients of road vehicles on bridge deck“, Elsevier, 2012. Aðgengilegt á: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889974612000060> [Sótt 16. júlí 2020]
- [10] Guangyang Hou, Suren Chen og Feng Chen, „Framework of simulation-based vehicle safety performance assessment of highway system under hazardous driving conditions“, Elsevier, 2019. Aðgengilegt á: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X1830038X> [Sótt 16. júlí 2020]
- [11] [Án höfundar], „Bíll fauk út af“, mbl.is, 2015. Aðgengilegt á: [https://www.mbl.is/vidskipti/frettir/2015/12/05/bill\\_fauk\\_ut\\_af/](https://www.mbl.is/vidskipti/frettir/2015/12/05/bill_fauk_ut_af/) [Sótt 25. júní 2020]
- [12] Ritstjórn, „Bíll fauk út af Grindavíkurvegi – Lögregla varar fólk við að vera á ferðinni“, Local Suðurnes, 2016. Aðgengilegt á: <http://www.sudurnes.net/frettir/bill-fauk-ut-af-grindavikurvegi-logregla-varar-folk-vid-ad-vera-a-ferdinni/> [Sótt 25. júní 2020]
- [13] Jóhann Ólafsson, „Held að þetta eigi bara eftir að versna“, mbl.is, 2019. Aðgengilegt á: <https://www.mbl.is/frettir/innlent/2019/12/10/held-ad-thetta-eigi-bara-efrir-ad-versna/> [Sótt 25. júní 2020]
- [14] [Án höfundar], „Veðurspár“, Veðurstofa Íslands, [Án ártals]. Aðgengilegt á: <http://brunnur.vedur.is/kort/spakort/> [Sótt 25. júní 2020]
- [15] Lovísa Arnardóttir, „Tvær rútur út af á Kjalarnesi“, Fréttablaðið, 2019. Aðgengilegt á: <https://www.frettabladid.is/frettir/ruta-me-30-faregum-valt-a-kjalarnesi/> [Sótt 25. júní 2020]
- [16] [Án höfundar], „Minni háttar slys er bíll fauk út af“, mbl.is, 2019. Aðgengilegt á: <https://www.mbl.is/frettir/innlent/2019/03/22/minni-hattar-slys-er-bill-fauk-ut-af/> [Sótt 25. júní 2020]
- [17] Ágúst Borgþór Sverrisson, „Rúta fór út af þjóðveginum undir Eyjafjöllum, DV, 2019. Aðgengilegt á: <https://www.dv.is/frettir/2019/11/19/ruta-ut-af-thjodveginum-undir-eyjafjollum/> [Sótt 25. júní 2020]
- [18] Andri Yrkill Valsson, „Rúta fór út af á Kjalarnesi og veginum lokað“, RÚV, 2020. Aðgengilegt á: <https://www.ruv.is/frett/ruta-for-ut-af-a-kjalarnesi-og-veginum-lokad> [Sótt 25. júní 2020]
- [19] Sunna Kristín Hilmarisdóttir, „Tveir á gjörgæslu eftir alvarlegt umferðarslys á Vesturlandsvegi“, Vísir, 2020. Aðgengilegt á: <https://www.visir.is/g/2020200119949/tveir-a-gjor-gaeslu-efrir-al-var-legt-um-ferdar-slys-a-vestur-lands-vegi> [Sótt 25. júní 2020]
- [20] [Án höfundar], „Samhæfingarstöð virkjuð vegna rútuslyss“, mbl.is, 2020. Aðgengilegt á: <https://www.mbl.is/frettir/innlent/2020/01/10/samhaefingarstod-virkjud-vegna-rutuslyss/> [Sótt 25. júní 2020]

- [21] Gísli Einarsson, „Í fjöldahjálparmiðstöð eftir rútuslys“, RÚV, 2020. Aðgengilegt á: <https://www.ruv.is/frett/i-fjoldahjalparmidstod-efrir-rutuslys> [Sótt 25. júní 2020]
- [22] [Án höfundar], „Rúta fór út af veginum við Pétursey“, mbl.is, 2020. Aðgengilegt á: [https://www.mbl.is/frettir/innlent/2020/03/01/ruta\\_for\\_ut\\_af\\_veginum\\_vid\\_petursey/](https://www.mbl.is/frettir/innlent/2020/03/01/ruta_for_ut_af_veginum_vid_petursey/) [Sótt 25. júní 2020]