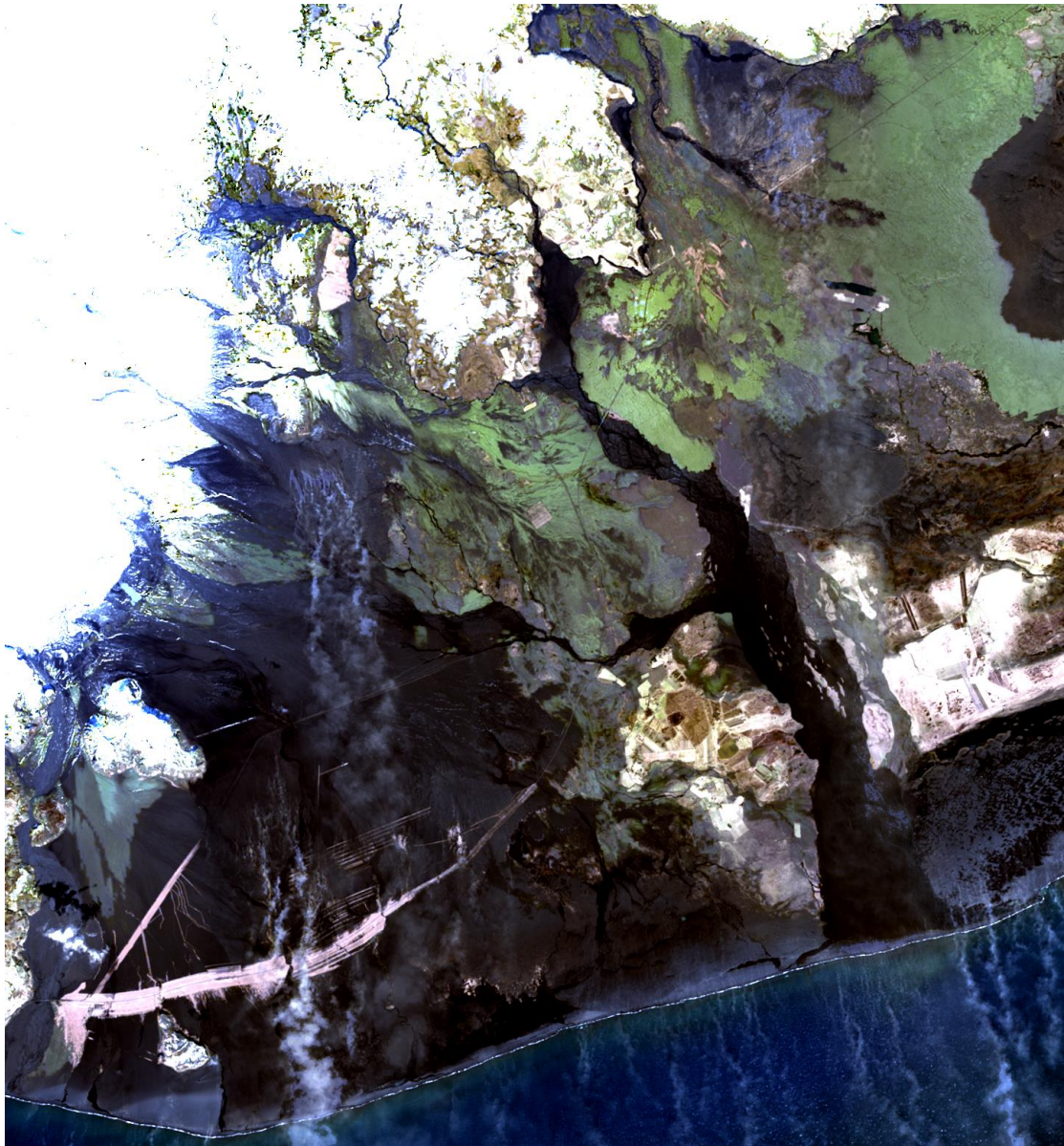


Sandfok og umferðaröryggi

Esther Hlíðar Jensen¹, Ingibjörg Jónsdóttir², Einar Sveinbjörnsson³, Haraldur Sigþórsson⁴,
Pavla Dagsson Waldhauserová⁵

¹Veðurstofa Íslands, ²Háskóli Íslands, ³Veðurvaktin ehf, ⁴VHS ehf.,

⁵Landbúnaðarháskólinn



Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar

Efnisyfirlit

Ágrip	3
1 Inngangur.....	3
1.1 Eldri rannsóknir	3
2 Rannsóknaraðferðir.....	5
2.1 Vettvangsferð	5
2.2 Gervitunglamyndir.....	5
2.3 Endurvarps- og geislunareiginleikar	7
2.4 Veður	8
3 Umferð.....	9
3.1 Slysagagnagrunnur	9
4 Niðurstöður	10
4.1 Jarðvegssýni.....	10
4.2 Gervitunglamyndir.....	14
4.3 Upptakasvæði sandfoks	15
4.4 Veður	18
4.5 Umferð	21
Slys og sandfok	21
Lokanir á vegum	27
Skemmdir á ökutækjum	29
5 Samantekt.....	29
6 Tilmæli	31
Heimildir	32

ÁGRIP

Meginmarkmið verkefnisins voru að komast að því hver áhrif af sandfoki hafa verið á umferð á svæðinu milli Víkur og Kirkjubæjarklausturs, með því að skoða slys, óhöpp, lokanir og skemmdir. Upplýsingar um daga með sandfoki fengust úr mönnum veðurstöðvum en einnig úr safni MODIS gervitunglamynda. Því næst voru greind helstu upptakasvæði sandfoks á svæðinu m.a. út frá gervitunglamyndum. Farið var í vettvangsferð að farvegi Skaftár og tekin sýni og mælt rófmynstur. Að lokum var skoðað hvaða veður veldur helst sandfoki og gerð tillaga að því hvar best væri að staðsetja mælubúnað til að efla spámöguleika. Maybe DREAM? Operational dust forecast model is recommended for online dust monitoring and to ensure traffic safety.

Lykilorð: umferðaröryggi, sandfok, Suðurland, gervitunglamyndir, rófmynstur

1 Inngangur

Tilgangur verkefnisins var að stuðla að auknu umferðaröryggi með því að bæta þekkingu á sandfoki. Meginmarkmiðin voru að komast að því hver áhrif af sandfoki hafa verið á umferð á svæðinu, með því að skoða slys, óhöpp, lokanir og skemmdir á ökutækjum. Einnig með því að greina helstu upptakasvæði sandfoks á svæðinu, skoða hvaða veður veldur helst sandfoki og gera tillögu að því hvar best væri að staðsetja mælubúnað til að efla spámöguleika.

Athugunarsvæðið var frá Vík að Kirkjubæjarklaustri, einkum farvegur Skaftár, þar sem mikið set barst með hlaupvatni haustið 2015. Hlaup verða að öllu jöfnu á nokkurra ára fresti í íslenskum jökulám, ýmist vegna eldgosa eða jarðhitavirkni undir jökli. Þó að stærð slíkra hlaupa sé mjög breytileg eiga þau það sameiginlegt að í kjölfarið skilja árnar eftir fínt hlaupefni, leir og silt, einkum í þeim hluta farvegarins sem hlaupið náði yfir en áin rennur almennt ekki í. Þetta efni þornar og fýkur um og getur aukið hættu vegfarenda (Esther Hlíðar Jensen o.fl. 2018a). Haustið 2015 varð stórt hlaup í Skaftá eftir að jarðhitavatn rann úr eystri Skaftárkatli í Vatnajökli eftir fimm ára hlé á hlaupum úr þeim katli. Sumarið 2018 varð síðan annað stórt hlaup þegar eystri og vestari Skaftárkatlar hlupu samtímis. Bæði þessi hlaup skildu eftir mikið magn af seti utan hins hefðbundna farvegar (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2018 a og b, Eldsveitir.is, 2019). Eftir Kötlugosið 1918 barst mikið hlaupvatnaset út á Mýrdalssand, sem f auk til og var til vandræða á svæðinu svo áratugum skipti. Með uppgræðslu á sandinum dró mjög úr áhrifum foks á umferð (Guðrún Gísladóttir & Eygerður Margrétardóttir 2004) en ljóst er að eftir næstu eldgos og tilheyrandi jökulhlaup, mun þetta vandamál koma upp á nýjan leik.

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

1.1 Eldri rannsóknir

Heilmikið hefur verið ritað um sandfok á Íslandi og sérstaklega síðustu árin. Yfirliti yfir ferlið og áhrif sandfoks voru gerð góð skil í Arnalds *et al.* (2016). Þar kemur fram að sérstaða íslensks sandfoks er að það er að lang stærstum hluta með gosrænan uppruna. Einnig er birt yfirlit yfir mælingar og vitnað í niðurstöður um mesta mælda magn sandfoks á jörðinni sem er rúm 11 tonn yfir 1 m svæði sem átti sér stað í sterkum vindi stuttu eftir eldgos í Eyjafjallajökli 2010 (O. Arnalds *et al.*, 2013). Eðli sandfoks á Íslandi hefur verið gerð skil m.a. með ýmis konar mælingum og fjölda rita m.a. Fanney Ósk Gísladóttir (2000) og Fanney Ósk Gísladóttir o.fl. (2005), Dagsson Waldhauserova, P. (2014) og Arnalds *et al.* (2016) og verður ekki farið nánar út í það hér. Rykrannsóknarfélag Íslands heldur úti heimasíðu þar sem hægt er að finna fjölda heimilda um efnið (Rykrannsóknarfélag Íslands, 2019).

Samantekt á mælingum frá SYNOP veðurstöðvum yfir 60 ára tímabil voru skoðaðar af Miye Nakashima1 & Pavla Dagsson-Waldhauserová (2019). Þar kemur fram að skv. mælingum á mönnuðum veðurstöðvum er ekki hægt að sjá að jökulhlaup valdi auknu sandfoki. Hugsanlega er það vegna fjarlægðar við upptök foks af jökulhlaupasvæðum og ónákvæmni í mælingum. The Skaftáhlau area has been shown as a powerful dust source in winter 2015-2016 (Dagsson-Waldhauserova et al., 2019). It caused > 20 dust storms during period November 2015-January 2016. It was actively producing dust when remaining Icelandic dust sources were inactive, covered by snow in January 2016. Measurements and remote sensing observations confirmed > 300 km long dust plumes of the Skaftahlaup sediments, which reached altitudes up to 5 km. It has also impaired the air quality in the capital city of Reykjavik. En ótvírátt er að hlaupsetið fýkur til í einhvern tíma eftir hvert hlaup:

„Jökulleirinn er á fokstri löngu eftir hlaup; Hlaupunum fylgir mikill framburður af jökulleir sem fýkur um þegar hann þornar. Segja menn eystra að það sé mikið mor í loftinu þegar leirinn fýkur. Lengi vel rann allnokkur hluti Skaftár undir Skaftáreldahraunið en nú hefur jökulleirinn fyllt hraunið upp og vatnið rennur víða ofan á hrauninu. Á þurrviðrisdögum má oft sjá moldarstróka í Skaftáreldahrauninu á milli Ása og Hunkubakka.“ (eldsveitir.is, 2019).

Í meistararitgerð sinni „Sandfok á Íslandi 2002-2011: Tíðni, upptakasvæði og veðuraðstæður“ tók Gunnhildur Ingibjörg Georgsdóttir (2012) saman fjölda sandfoksátburða á landinu m.a. með greiningu MODIS gervitunglamynda. Samkvæmt skilgreiningu hennar á sandfoksátburði reyndust vera hið minnsta 863 tilvik á 449 dögum á tímabilinu 2002–2011 á öllu landinu. Flestir atburðirnir urðu árið 2010, vegna öskufalls frá eldgosinu í Eyjafjallajökli og mesta sandfokið var á vorin og haustin, væntanlega vegna breytileika í efnisframboði og veðuraðstæðna. Að meðaltali voru um 44% sandfoksdaga ekki greinanlegir á MODIS myndum en 46% sandfoksátburða greindust aðeins með gervitunglamyndum.

Árið 2009 kom út skýrslan Sandfok á Hringveginum (VSÓ Ráðgjöf, 2009). Þar eru svæði á hringveginum flokkuð m.t.t. hættu af sandfoki á umferð. Áhrif sandfoks á svæðið sem fjallað er um í þessari skýrslu, og einnig hjá VSÓ Ráðgjöf, má sjá í töflu 1. Þar sést að svæðið sem kallað er Árkvísar – Brestur sem er í farvegi Skaftár verður fyrir mestum áhrifum af lélegu skyggni. Í töflunni eru tákni + fyrir lítil áhrif eða ++ ef talið er að áhrifin séu mikil. Þegar skýrsla VSÓ var unnin var ekki hafin landgræðsla á svæðinu en í skýrslu Landgræðslunnar frá 2016 „Úttekt á jarðvegsrofi, aðgerðir Landgræðslunnar 2016 vegna afleiðinga Skaftárhlaupa og framkvæmdaáætlun fyrir árið 2017“ má sjá að hafin var uppgræðsla á svæðinu árið 2016 til að hefta sandfok (Gústav M. Ásbjörnsson & Elín Fjóra Þórarinsdóttir, 2016).

Tafla 1. Áhrif sandfoks

Heiti	Áhrif á skyggni/vegsýn	Hætta á skemmdum á ökutækjum	Skaflamyndun á vegi	Unnið að uppgræðslu
Árkvísar - Brestur	++	+	+	-
Mýrdalssandur 3	+	+	+	Já
Mýrdalssandur 2 - milli Dýralækja og Blautukvísar	+	+	+	Já
Mýrdalssandur 1 - Múlakvísl	+	+	+	Já

+ eða ++, eftir því hversu miklar líkur væru á að sandfokið hefði áhrif á umferðaröryggi.

Gagnsemi uppgræðslu á upptakasvæðum sandfoks er ótvíræð skv. Guðrún Gísladóttir og Eygerður Margrétardóttir (2004). En þær skoðuðu áhrif uppgræðsluaðgerða á Mýrdalssandi og komust að því að tilvikum fækkaði úr 8 á ári niður í enga lokun árið 2003 sem þær þakka uppgræðslu og stjórnun á vatnsrennslis í Blautukvíslar.

Tenging er milli raka í jarðveg og fjölda sandfoksatburða (NingLI, et al., 2005). Hins vegar getur jarðvegur fokið í rökum vindáttum skv. Fanney Ósk Gísladóttur (2000) við vindstyrk á bilinu 6 – 17 m/s.

Á vef ROADEX verkefnisins (roadex.org) má finna greinargóðar upplýsingar um vatn í jarðvegi og hvernig má mæla það. Verkefnið er tæknilegur samvinnuvettvangur vegagerða í norður Evrópu með það að markmiði að deila upplýsingum um vegi og rannsóknir á þeim milli aðildarlandanna. Þar er gerð grein fyrir hvernig mæla megir raka í jarðvegi og skilgreindur munur á milli rakabyngdar og rakarúmmáls jarðvegs. Þar er einnig skilgreining á hugtakinu frjálst vatn en það hefur mikil áhrif á samloðun jarðvegs. „Frjálst vatn (vatn undir áhrifum þyngdarafls) flæðir gegnum jarðveg vegna áhrifa þyngdarafls.“ (ROADEX, 2019).

2 Rannsóknaraðferðir

2.1 Vettvangsferð

Farið var í vettvangsferð sumarið 2018 að farvegi Skaftár. Sýnum af hlaupvatnaseti var safnað úr farveginum og ýmsir eðliseiginleikar mældir, t.a.m. endurvarps- og geislunareiginleikar, sjá umfjöllun um þá aðferð hér neðar. Aðrar mælingar á seti voru gerðar með þeim hætti að sýni voru tekin og vigtuð á staðnum. Þau voru síðan þurrkuð og vigtuð aftur á rannsóknarstofu og reiknuð í þeim rakabyngd til að finna magn frjáls vatns. Að lokum voru þau sigtuð og kornastærðargreind.

2.2 Gervitunglamyndir

Kannaðar voru MODIS fjölrófs gervitunglamyndir frá NASA (2019) til að skrá daga þar sem fok greindist á svæðinu milli Víkur og Kirkjubæjarklausturs.

Ákveðið var að rýna í árið 2009 til að fá heilsárs viðmiðun á svæðinu áður en gos hófst í Eyjafjallajökli, með tilheyrandi gjóskufalli og foki. Árið 2010 var einnig skoðað til að kanna áhrif á fok strax eftir gosið. Áhersla verkefnisins var á Skaftárhlaup haustið 2015 og því var heila árið fyrir þann atburð skoðað, þ.e. 2014 og svo öll fáanleg ár eftir það.

Myndir sem teknar voru yfir hádaginn voru skoðaðar, enda eru birtuskilyrði þá hagstæðust til að kanna fokviðburði. Hver mynd var flokkuð m.t.t. skýjahulu og hversu áreiðanlega var unnt að staðfesta fokviðburð.

Skýjahuluflokkun: Alskýjað, hálfskýjað, heiðskírt.

Allt landið var skoðað og fokviðburðir skráðir eftir svæðum. Var þar byggt á svæðaskiptingu sem kynnt var í grein Ólafs Arnalds (2010). Mýrdalssandur tilheyrir svæði S6 (sjá mynd 1) en efri hluti farvegjar Skaftár svæði S3.

Loks var **sýnileg vindátt** skráð í fjórðungageirum: N, S, A, V sem og **stærðargráða fokviðburðarins**: Ekkert, lítið, meðal, mikið.

Sandy areas in Iceland

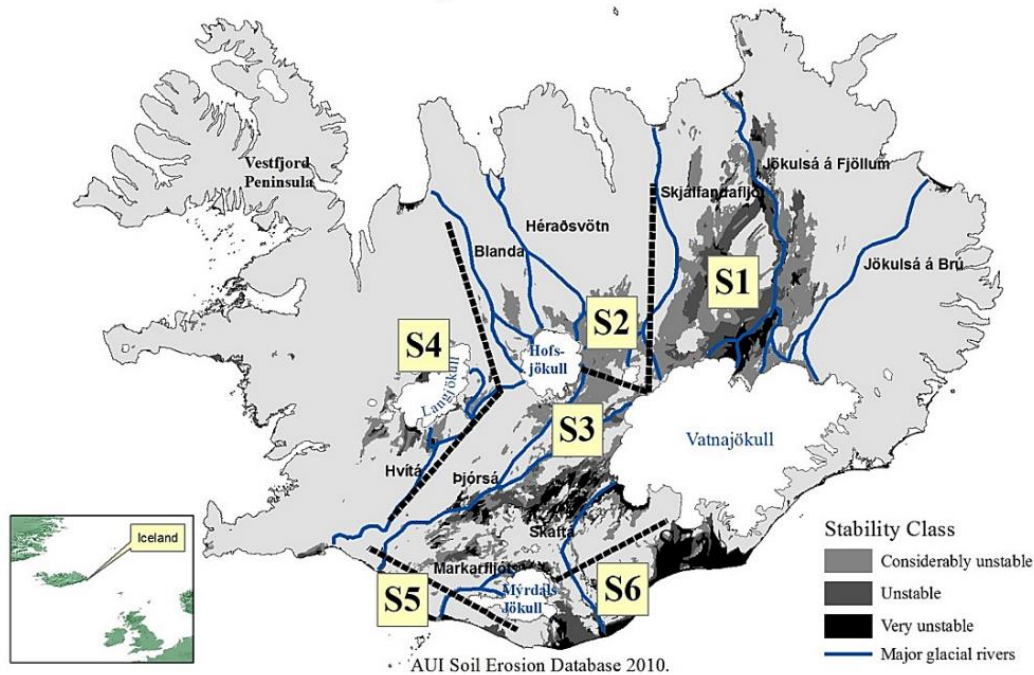
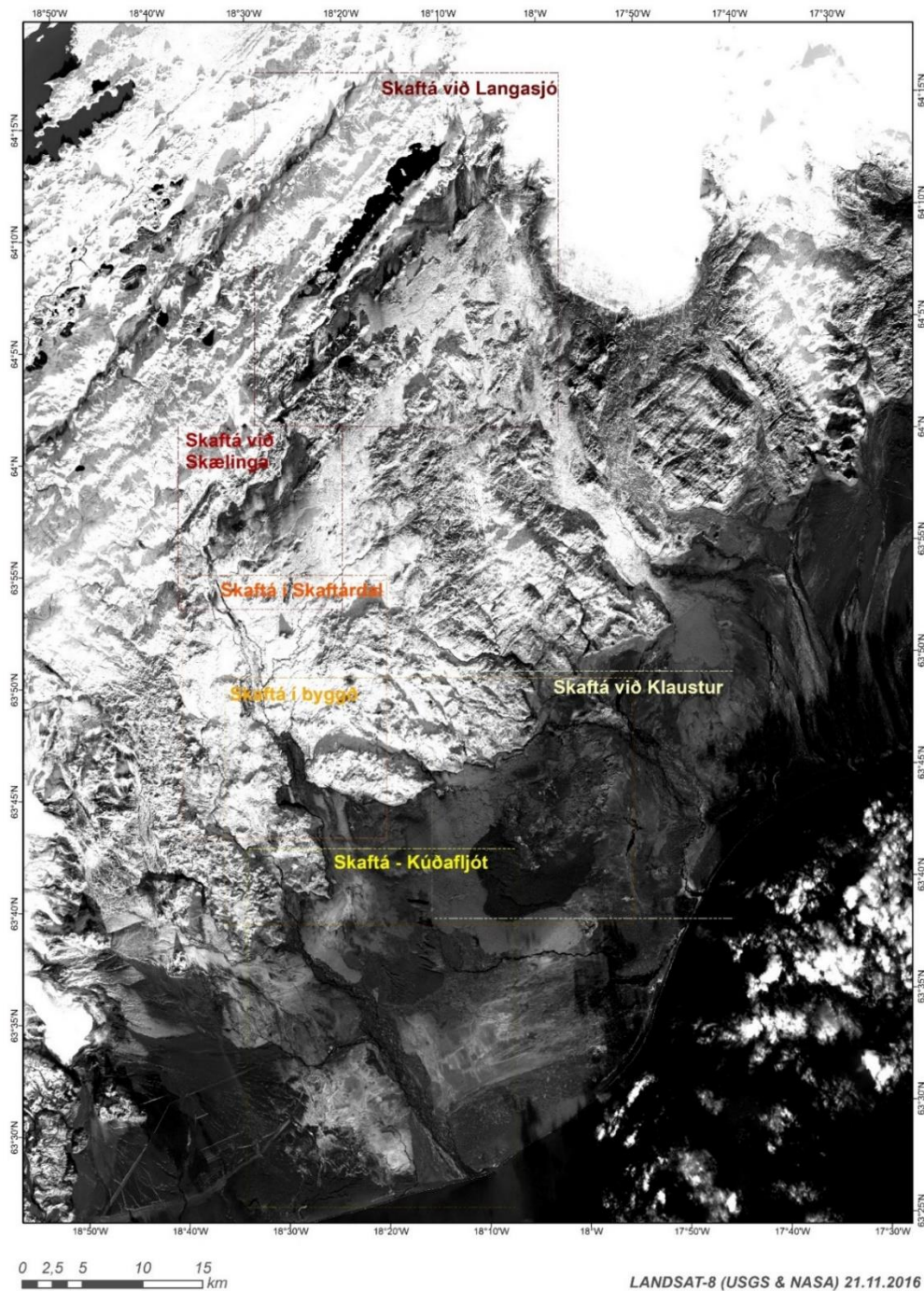


Figure 4. Sandy areas in Iceland divided into 6 major geographic units, but the S7 and S8 areas along the southeastern shoreline are not shown. Glaciers and major glacial rivers mentioned in the text are also shown.

Mynd 1. Svæðaskipting upptakasvæða foks. Hér er fjallað um fok á svæði S6 vestanverðu, þ.e. af Mýrdalsandi og S3 að hluta. Ólafur Arnalds 2010. Tvær aðferðir voru notaðar við að greina upptakasvæði: Annars vegar skoða ummerki um fok á nærliggjandi landi og hins vegar að greina ákveðna fokatburði á gervitunglamyndum.

Til þess að greina upptakasvæðin er mikilvægt að skoða gervitunglamyndir í hærri landupplausn. Þar eru nokkrar tegundir mynda fáanlegar en þess ber að geta að slíkar myndir berast mun sjaldnar, í besta falli tvisvar í viku. Farið var yfir fjöldan allan af gögnum til að kanna hvenær þau voru fáanleg. Niðurstaðan var að skoða gögn úr LANDSAT röðinni frá NASA og USGS en hún nær aftur til ársins 1972 (USGS, 2019). Einnig voru gögn frá ASTER og EO-1 ALI og Hyperion skoðuð, þrátt fyrir óreglulegri myndatöku. EO-1 starfar ekki lengur en innihélt Hyperion skanna með mjög miklum fjölda rása (hyperspectral scanner) sem gæti komið að gagni við að greina yfirborð lands ítarlega. SENTINEL-2 fjölrófsmyndir frá EU eru mjög góðar en ná aðeins yfir allra síðustu ár. Þar sem LANDSAT-8 og SENTINEL-2 gögnin ná yfir athugunartímabilið og berast oftast voru þau könnuð nánar. Nokkur svæði í farvegi Skaftár voru skoðuð sérstaklega og má sjá þau á mynd 2.

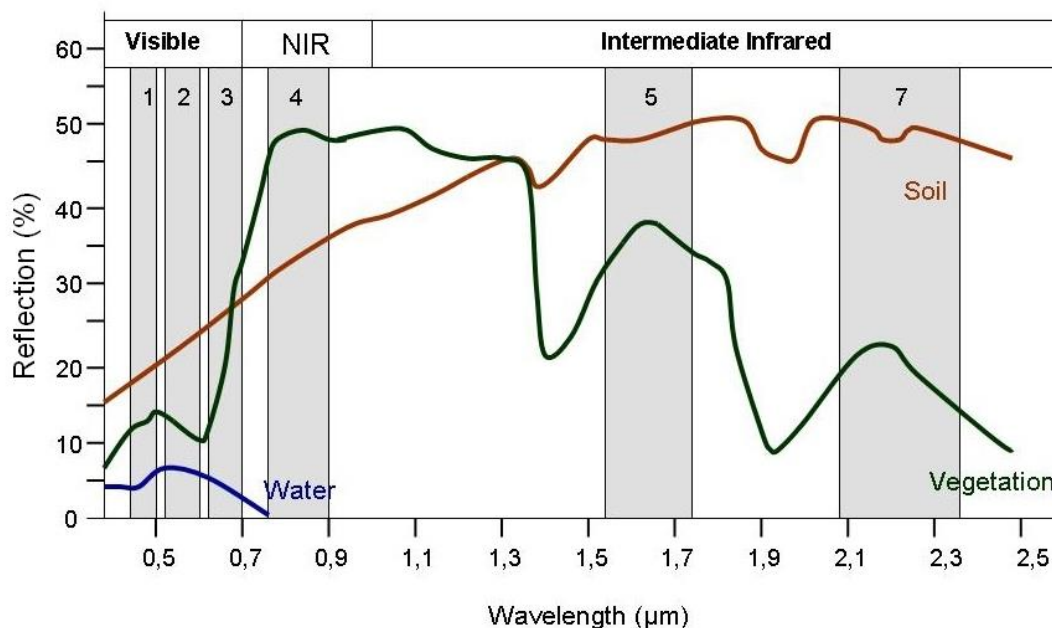


Mynd 2. Svæði sem greind voru m.t.t. upptakasvæða sandfoks í farvegi Skaftár.

2.3 Endurvarps- og geislunareiginleikar

Fjarkönnun byggist á mælingu á endurvarpi eða geislun frá ólíkum fyrirbærum eða yfirborði. Hlutir með mismunandi yfirborð endurvarpa eða gleypa geislun sólar á mismunandi vegu. Endurvarpsreiginleikar hlutar byggjast á efninu og eðlis- og efnafræðilegu ástandi þess (t.d. raka), grófleika yfirborðs og landfræðilegum kringumstæðum (t.d. sjónarhorni sólarljóssins). Mikilvægustu yfirborðseiginleikar eru litur, bygging og yfirborðsáferð.

Þessi munur gerir það kleift að bera kennsl á mismunandi eiginleika jarðfyrirbæra eða efna með því að greina hvaða mynstur birtist í litrófi endurvarps þeirra eða rófmynstri. Þessi rófmynstur eru sýnd með svokölluðum endurvarpsferlum sem fall af bylgjulengdum. Mynd 3 sýnir dæmigerða endurvarpsferla af þremur grunn jarðefnum: grænn gróður (græn lína), þurr jarðvegur (rauð lína) og tært vatn (blá lína). Hvert fyrirbæri hefur nokkuð einstakt mynstur þegar litið er á breitt svið bylgjulengda (hér frá jaðri útfjólubláa ljóssins til miðinnrauðrar geislunar) en einnig koma fram vísbendingar um ástand fyrirbæranna (t.d. þurrkur í gróðri eða raki í jarðvegi) út frá gleypni á ákveðnum bylgjulegndum.



Mynd 3. Endurvarpsferlar fyrir mismunandi jarðfyrirbæri.

Mælingar voru gerðar með vettvangsgeislaþæmi á sýnum sem tekin voru úr farvegi Skaftár. Vettvangsgeislaþæmirinn var keyptur til landsins í árslok 2017 (Háskóli Íslands, Veðurstofa Íslands og fleiri stofnanir) m.a. með styrk frá RANNÍS (styrkur 171370-0031) og var þetta eitt fyrsta verkefnið sem hann nýttist til. Mælirinn er frá Spectral Evolution og af gerðinni RS-3500 Remote Sensing Portable Spectroradiometer Bundle. Hann mælir endurvarp á rúmlega 2.000 rásum (bylgjulengdum) frá útfjólubláu yfir á mið-innrautt ljós og þannig er unnt að byggja upp þekkingu og gagnasafn um rófmynstur (spectral library) þekktra fyrirbæra. Með samanburði mælinga fyrir yfirborð eða fyrirbæra á athugunarsvæði er hægt að kanna hvaða bylgjulengdir henta best til að aðgreina ólík fyrirbæra, þ.e. þar sem endurvarpsferlar fyrirbæranna aðgreinast vel og gervitunglagögn með mælingar á viðkomandi bylgjulengdum fyrirfinnast.

Á vettvangi var lögð áhersla á að mæla þannig yfirborð sem skipi mestu máli fyrir verkefnið: Mismunandi leir í farvegi, eðlilegur gróður og gróður og mosi sem hafði augsýnilega orðið fyrir áhrifum hlaupvatns.

2.4 Veður

Á Kirkjubæjarklaustri var starfrækt veðurathugunarstöð frá 1934 – 2013. Lengst var athugað á 3 klst fresti og seinni áratuginu bættist mæling kl. 3 á nóttunni. Á Vatnsskarðshólum í Dyrhólahverfi í Mýrdal eru til reiðu gögn frá 1949 og til dagsins í dag.

Sóttar voru í gagnagrunn Veðurstofunnar allar athuganir beggja stöðva þar sem gefið var upp: rykmistur, moldrok eða sandfok á synoptískum kóða (ww). Nánar tilgetið, athugun veðurathugunarmanns á athugunartíma eða síðustu klukkustund. Valdar voru athuganir þegar $ww = [4,5,6,7,8,9,30,31,32,33,34,35]$

Flokka má athuganir í tvennt:

- $ww = [4,5,6,7,8]$; Þurrmistur eða lítilsháttar moldrok eða sandrok sem dregur ekki verulega úr skyggni en mistur vegna eldgosa er sérstaklega skráð ($ww = 4$).
- $ww = [9,30,31,32,33,34,35]$; Sandbylur eða verulegt moldrok, skyggni minna en 1 km.

Sjálfvirkar veðurstöðvar eru á Kirkjubæjarklaustri og í Eldhrauni. Stöðin á Kirkjubæjarklaustri, Stjórnarsandi hóf mælingar árið 2004 en stöðin í Eldhrauni sem er í eigu Vegargerðarinnar hóf mælingar árið 2014. Þessar stöðvar voru einnig notaðar til að greina veður þá daga sem sandfok sást á gervitunglamyndum. VSÓ ráðgjöf gerði greiningu á veðri í sandfoki og skráði svæði á hringvegnum sem þekkt eru fyrir sandfok (Tafla 1).

Tafla 1. Yfirlit yfir eðli sandfoks á rannsóknarsvæðinu upplýsingar úr skýrslunni Sandfok á hringveginn. VSÓ ráðgjöf 2009.

Heiti svæðis	Fjöldi tilvika sandfoks á ári	Eðli sandfoks	Fokefni (þvermál mm)	Helstu vindáttir sandfoks
Árkvíslar - Brestur	<10	Renningur*	<0,05;0,05-1	N, NV
Mýrdalssandur 3	<10	Hviðufok**	0,05-1	N, SV
Mýrdalssandur 2 - milli Dýralækja og Blautukvíslar	<10	Renningur*	0,05-1	N
Mýrdalssandur 1 - Múlakvísl	<10	Hviðufok**	0,05-1	NA, N

*Renningur: þar sem sandkorn skoppa eða skríða yfir veginn. Oftast fínt fokefni eða fínn sandur.

**Hviðufok: þar sem fokefnið berst inn á veginn í hvössum vindhviðum. Oftast gróft fokefni.

3 Umferð

Tekin voru saman gögn um lokanir á tímabilinu 2010-2018 og voru viðvaranir vegna sandfoks einnig skoðaðar og þekkt tilvik greind með tilliti til veðurskilyrða.

3.1 Slysagagnagrunnur

„Slysaskráningin byggir á lögregluskýrslum úr gagnagrunni Ríkislögreglustjóra en frá árinu 2009 hefur auk þess verið stuðst við göng frá Aðstoð og öryggi. Opinber skráning nær ekki til allra þeirra sem slasast í umferðinni. Umferðarslys eru stundum tilkynnt til lækna eða sjúkrastofnana en ekki lögreglu.“ (Samgöngustofa, 2019).

„Markviss skráning umferðarslysa hófst hér á landi árið 1966. Með því var leitast við að fá marktækan samanburð á slysatíðni fyrir og eftir árið 1968, þegar hægri umferð tók gildi. Umferðarráð var stofnað árið 1969 og var skráning umferðarslysa í höndum þess fram til ársins 2002 þegar það var sameinað Skráningarstofunni og úr varð Umferðarstofa.

Umferðarstofa hélt svo utan um þessa skráningu fram til ársins 2013 en þá hóf Samgöngustofa starfsemi sína og heyrir skráning umferðarslysa nú þar undir.“ (Samgöngustofa, 2019).

Gögnin í stafrænum gagnagrunni Samgöngustofu ná aftur til 2002. Fyrir þetta verkefni fengust afhent gögn frá tímabilinu 2002 – 2017.

Sandfok er ekki skráð sérstaklega sem orsök og í raun ólíklegt að slík mál sjáist í grunninum, nema auðvitað ef sandfokið veldur t.d. útafakstri - þá væri orsökina líklega slæmt skyggni ef sandfokinu má kenna um útafaksturinn. Ásamt upplýsingum um slæmt skyggni þá getur stormur í veðurdálkum gagnagrunnsins verið óbein tilvísun í sandfok, sjá viðauka A. Gunnar Geir Gunnarsson hjá Samgöngustofu sendi excel-skrá með slysum, sem urðu á Suðurlandsvegi frá Kirkjubæjarklaustri að Vík í Mýrdal 2002 – 2017.

Upplýsingar um tjón af völdum sandfoks er ekki vel skráð hjá tryggingafélögum því þau tryggja ekki gegn þess konar tjóni. Óskað var eftir upplýsingum frá nokkrum bílaleigum en við þá athugun kom í ljós að sú skráning er mjög misgóð. Tafla 2. Upplýsingar sem safnað hefur verið saman í þessu verkefni. Ljósgráir kassar sýna hvar ósamfella eru í gögnunum.

Gögn	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Vatnsskarðshólar mönnuð veðurstöð																	
Kirkjubæjarklaustur mönnuð																	
Kirkjubæjarklaustur sjálfvirk																	
Eldhraun sjálfvirk veðurstöð																	
Gervitunglamyndir																	
Viðvaranir																	
Slysagagnagrunnur																	
Lokanir skráðar hjá Vegagerðinni																	
Skemmdir á ökutækjum																	
Myndir úr vefmyndavélum																	
Setsýni / rófmynstur																	

4 Niðurstöður

Megin rannsóknin byggði á því að tengja saman daga með þekktu sandfoki og slysum / óhöppum úr slysagagnagrunni Samgöngustofu og skoða þannig hvort skráð hafi verið slys af völdum sandfoks. Til að fá sem nákvæmasta greiningu hafði sandfok verið greint á veðurstöðvum og af gervitunglamyndum. Þetta var nauðsynlegt þar sem mannaðar veðurstöðvar eru ekki inni á megin athugunarsvæðinu og því oft sem sandfok þar er skráð sem mistur í fjarlægð. Einnig voru gerðar mælingar á hlaupvatnaseti til þess að auka þekkingu á efninu sem er á hreyfingu. Þetta voru m.a. mælingar á rófmynstri og rakainnihaldi.

4.1 Jarðvegssýni

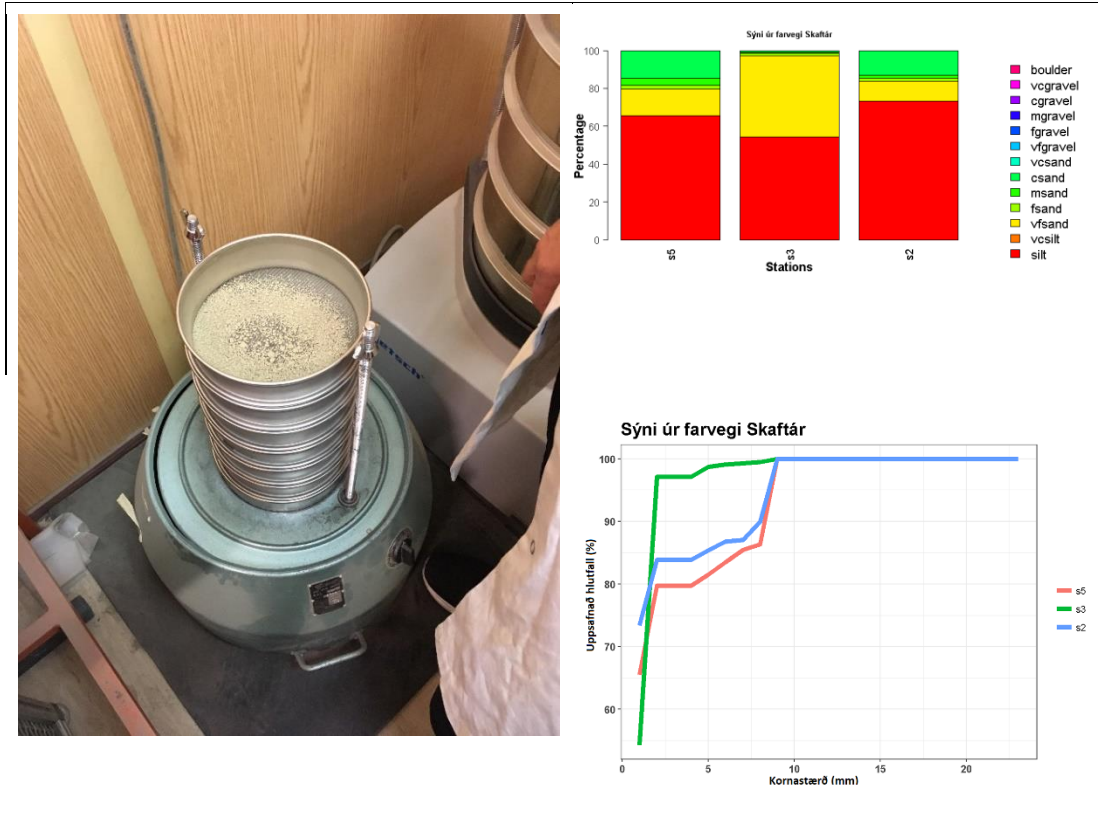
Mælingar sem gerðar voru á seti (Mynd 4) voru ekki margar þar sem umfang verkefnisins bauð ekki uppá það en niðurstöður greininga (Mynd 5) á þeim staðfesta gerð efnis sem skoðað hefur verið í öðrum verkefnum um skilt efni (Esther Hlíðar Jensen ofl. 2018b) þ.e. efnið er mjög fíngert meira en 80% er fínkornóttara en fínn sandur og 55 – 60 % er silt (Mynd 5). Við greininguna kom í ljós að rakainnihald efnisins var hátt (20 – 30 %) og skýrir það hvers vegna ekkert sandfok var á meðan unnið var á vettvangi þrátt fyrir þurrviðri og vind 5 – 8 m/s. Einnig

vakti athygli að gróður var farinn að kíkja upp úr setinu sem var þriggja ára gamalt set úr hlaupi árið 2015 (Esther Hlíðar Jensen o.fl., 2018b). Sumarið eftir hlaupið (júlí 2016) hafði sama set farið á hreyfingu í 3 m/s aðeins þremur klst. eftir að hætti að rigna.

Fínefnið úr jökulhlaupum hefur almennt nokkuð viðnám við vindrofi vegna samloðunar og möguleikum efnisins til að halda raka. Því er mikilvægt að geta mælt raka a.m.k. í efsta laginu. Hitastig getur einnig sagt til um hvort líkur eru á foki. T.d. ef jarðvegur er frosinn þá veitir hann mun meira viðnám en einnig ef hann er hulinn snjó. Því er einnig mikilvægt að mæla hitastig á mismunandi dýpi.

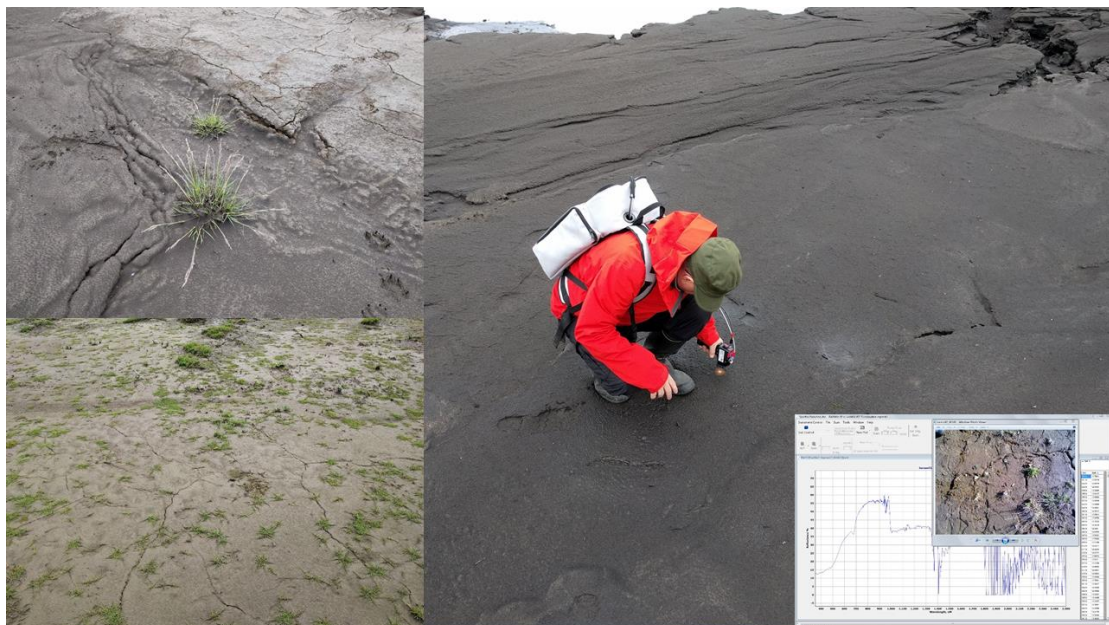


Mynd 4. Setsýni voru tekin á þremur stöðum í farvegi Skaftár.



Mynd 5. Kornastærðargreining á setsýnum úr farvegi Skaftár.

Mælingar með vettvangsgeislamæli voru gerðar í feldi en einnig á sýnum á rannsóknarstofu. Bæði voru mæld þurr og blaut sýni og bornar saman niðurstöður (Mynd 6, 7 og 8).



Mynd 6. Mæling í feldi á endurvarpseiginleikum jarðefna.



Þurrt sýni (213)



Blautt sýni (214)



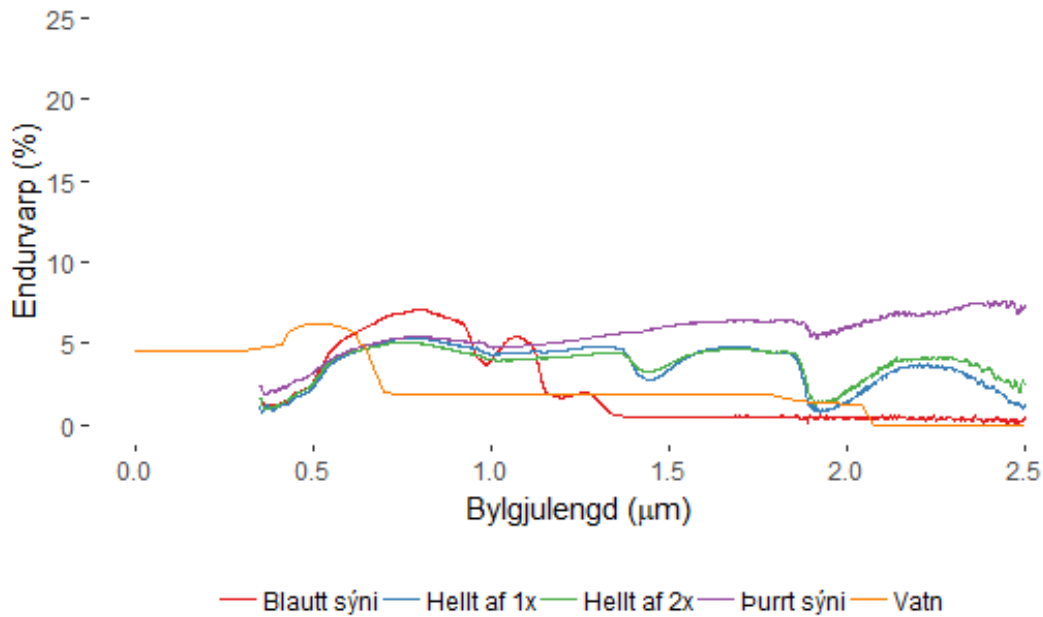
Vatni hellt af 1 x (215)



Vatni hellt af 2 x sýni (216)

Mynd 7. Setsýni sem safnað var úr farvegi Skaftár voru greind með vettvangsgeislamæli.

Niðurstöður mælinga voru notaðar til að finna hvaða rásir (bylgjulengdir rafsegulrófs) hentuðu best til að aðgreina þurrt set (fokefni) frá rakara seti. Prófaðir voru ýmsir stuðlar sem og sjálfvirk og stýrð flokkun.



Mynd 8. Endurvarpssferlarnir leiða áhugavert mynstur í ljós.

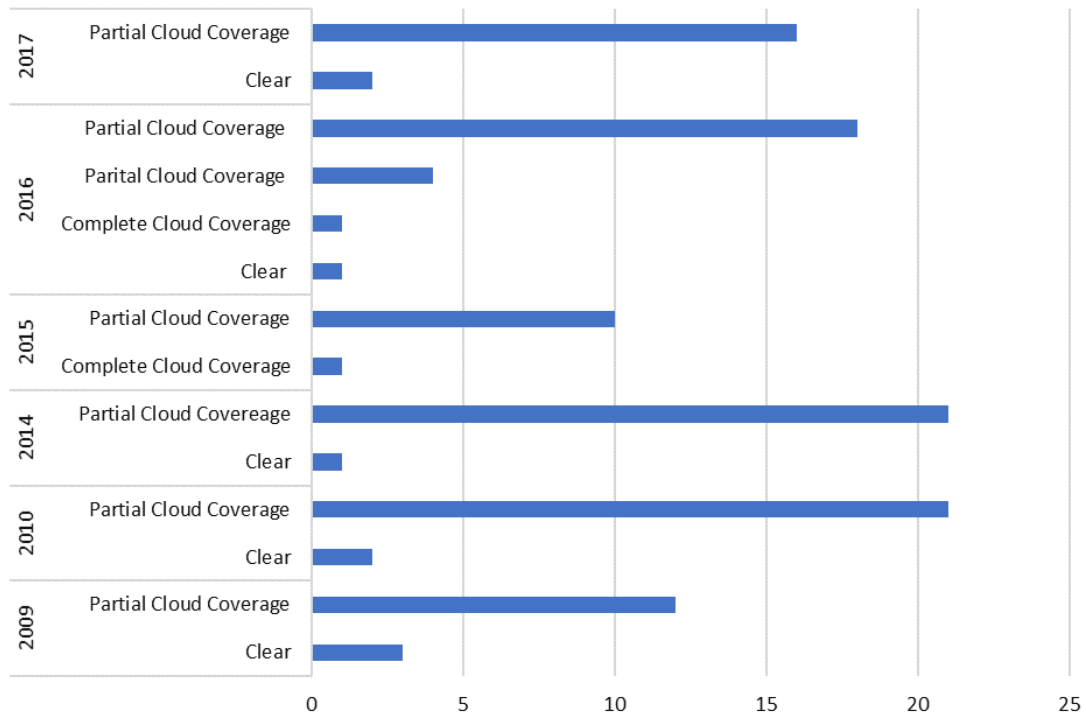
4.2 Gervitunglamyndir

Greining gervitunglamynda frá 2009 – 2010 og 2014 – 2017 leiddi í ljós nokkurn fjölda sandfoksdaga á svæðinu (Mynd 9). Skráð var í töflu (sjá Ingibjörg Jónsdóttir, 2019) hvort sandfok hefði sést á MODIS mynd og hvort samsvarandi Landsat eða Sentinel 2 mynd var til frá sama atburði (Mynd 10).

Þegar gögnin voru keyrð saman, þ.e. slysaskráningar og fok skv. gervitunglagögnum, komu eftirfarandi dagsetningar fram og voru kannaðar nánar:

- 2.4.2010 Sandfok er greinilegt á Mýrdalssandi og vestanverðum Skeiðarársandi. Vert að skoða nánar.
- 1.4.2015 Greining á hugsanlegu foki skv. gervitunglamynd, væntanlega röng. Snjóhula var talsverð og mynstur yfir sjó sunnan við Mýrdalssand er í raun ský. Þetta kemur m.a. í ljós þegar nokkrar myndir frá sama degi eru skoðaðar og færslu skýja fylgt eftir.
- 24.8.2016 MODIS. Ekki alveg ljóst hvort hér er fok. Hér þarf að skoða myndir betur.
- 26.4.2017 Vægt fok til austurs greinilegt. Vert að kanna nánar.
- 10.11.2017 Fok til austurs greinilegt. Vert að kanna nánar. Í gagnagrunni verkefnisins kom fram að fáanleg væri LANDSAT-8 mynd frá þessum degi. Því miður náði hún aðeins yfir austasta hluta athugunarsvæðisins og nýtist því ekki til að greina upptakasvæði, en staðfestir vissulega fok þennan dag.

Fjöldi fokviðburða á MODIS myndum



Mynd 9. Fjöldi fokatburða á MODIS myndum á svæðum S6 og S3 (sjá Mynd 1)

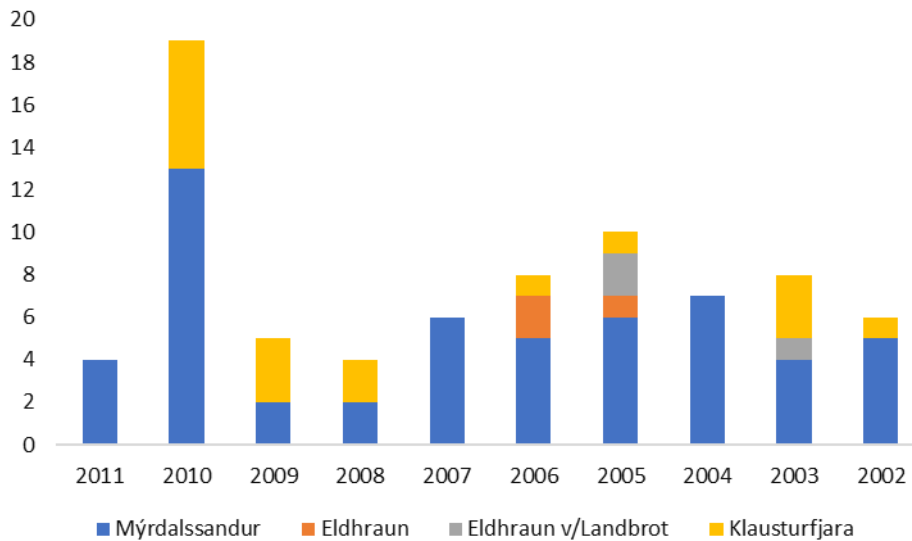


Mynd 10. Tvær gervitunglamyndir hvor með sína upplausnina. MODIS myndir eru skoðaðar til að fá yfirsýn en nánar greining gerð á Landsat-8 myndunum.

4.3 Upptakasvæði sandfoks

Ekki vannst tími fyrir nákvæma greiningu á hverjum fokatburði en tvær aðferðir voru notaðar við að greina upptakasvæði: Annars vegar skoða ummerki um fok á nærliggjandi landi og hins vegar að greina ákveðna fokatburði á gervitunglamyndum. Gunnhildur Georgsdóttir greindi

fokatburði á MODIS myndum frá tímabilinu 2002 – 2012. Niðurstöður um fjölda tilfella á ári á upptakasvæðum sem liggja innan athuganasvæðis þessa verkefnis má sjá á mynd 11.



Mynd 11. Fjöldi sandfoksatburða með upptakasvæði á athugunarsvæðinu. Frá Gunnhildi Georgsdóttur (2012).

Upptakasvæði voru afmörkuð m.a. á myndunum hér fyrir neðan. Gervitunglamynd frá hausti 2016 (21.11.2016) sýnir hvar fýkur yfir snjó, þ.e. hvar er virkt fok úr farvegi Skaftár og nánasta nágrenni. Afmörkunin var að hluta byggð á sjálfvirkri flokkun myndar og að hluta á gróður-, vatns- og þurrkastuðlum (indices). Formskráin sýnir stærstu upptakasvæðin. Að hluta til eru þau innan skilgreinds farvegs Skaftár enda kvíslast hún á ákveðnum svæðu og skilur eftir fokefni. Miðað var við mjög skýr merki foks, en klárt er að þau eru umfangsmeiri en formskráin gefur til kynna, sjá t.d. meðfylgjandi innrauða mynd, þar sem afmörkuðu svæðin (formskráin) eru sýnd með gulum strikálínum.



Mynd 12. LANDSAT-8 gervitunglamynd USGS og NASA 21.11.2016.

Augljósustu upptaka og áhrifasvæði sýnd með gulri strikálínu. Þetta er nærinrauð mynd og gróður kemur fram sem rauður litur á henni. Á myndinni kemur fram að hér er um lágmarks áhrifasvæði að ræða, því unnt er að sjá daufari merki um áhrif foks á gróður langt út fyrir afmörkuðu svæðin. Til að halda samræmi í greiningunni, og sýna mestu áhrifasvæðin, var ákveðið að miða við augljósustu áhrifasvæðin.



Mynd 13. LANDSAT-8 gervitunglamynd USGS og NASA 23.04.2017. Afmörkuðu svæðin sýnd með gulri strikalínu eins og á fyrri mynd, en augljós upptakasvæði foks er afmarkað með rauðum lit og mökkurinn með grárri línu.

4.4 Veður

Veðurgögn frá mönnum veðurathugunarstöðvum á Kirkjubæjarklaustri (kkl) og á Vatnsskarðahólum (vskh) voru rýnd. Skoðaðir voru allir dagar þar sem sandfok var skráð á mannaðri veðurstöð. Þessir dagar voru bornir saman við slysagagnagrunn til að finna möguleg slys þar sem sandfok hafði áhrif.

Umtalsvert sandfok frá upptakasvæðum til skoðunar nær alla jafna ekki til þeirra veðurstöðva sem tiltækar eru. Það kom í ljós að á mönnum veðurstöðvunum var aðeins um að ræða mistur þ.e. flokk a. þurrmistur eða lítilsháttar moldrok eða sandrok sem dregur ekki verulega úr skyggni þá daga sem slys eða óhöpp urðu á svæðinu. Undir þennan flokk fellur einnig mistur vegna eldgosa og var það skráð sértaklega.

Á Vatnsskarðshólum er oftast gefið upp rykmistur ($ww = 6$). Að jafnaði innan við 10 athuganir á ári, með þeirri undantekningu að meira var um mistur eftir Eyjafjallajökulsgosið og Grímsvatnagosið, þ.e. 2010 – 2013. Sandfok sem dregur úr skyggni er fátítt á Vatnsskarðshólum og var síðast gefið upp í veðurathugun í ársbyrjun 2013 og fyrir öskufall þarf að fara allt aftur til aldamóta til að finna staka athugun.

Á Kirkjubæjarklaustri er svipaða sögu að segja en oft var gefið upp rykmistur í lofti á árunum 2010-2013 (veðurstöðin var aflögð í apríl 2013). Áður kom fyrir á nokkurra ára fresti að veðurathugunarmaður gaf upp sandfok sem dró úr skyggni. Slíkir atburðir eru greinilega eitthvað algengari þar en á Vatnsskarðshólum.

Veðurmælistöðin á Kirkjubæjarklaustri var síðari árin óheppilega staðsett þar sem vöxtulegur trjágróður hafði umlukið að mestu bæjarhlaðið og tekið fyrir útsýni og dregið jafnframt úr vindi.

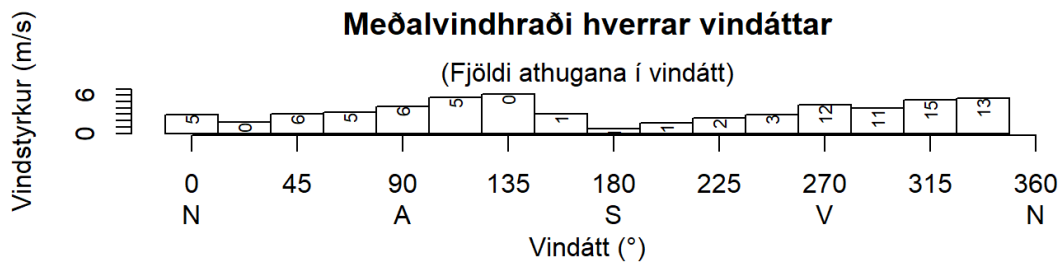
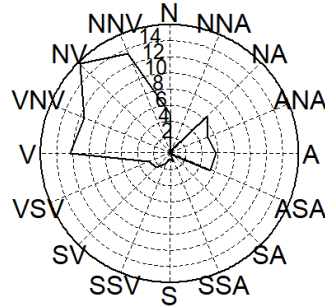
Rannsóknir hafa sýnt að við veðurathuganir á árabílinu 1932 – 2008 er skráð sandfok við vindhraða á bilinu 0 - 45,3 m/s (VSÓ Ráðgjöf, 2009). Þetta er mjög breytt bil og kom í ljós við lauslega greiningu á skráðum veðurþáttum á mönnum veðurstöðvunum (Vatnsskarðshólar og Kirkjubæjarklaustur) sem höfðu áhrif á sandfok að loftraki hafði mest áhrif. Veðurþættirnir voru vindátt, vindhraði, mesti vindur, hitastig og loftraki.

Þar sem sjálfvirku veðurstöðvarnar eru ekki útbúnar með mælitækjum til að nema sandfok var stuðst við gervitunglamyndir til að finna sandfoksdaga til að tengja við gögn frá sjálfvirkum veðurstöðvum. Greining var gerð á vindi á sjálfvirkum stöðvum í Eldhrauni annars vegar og við Kirkjubæjarklaustur hins vegar, þá daga sem gervitunglamyndir sýndu hugsanlegt sandfok. Niðurstaða var sú að í Eldhrauni eru V-VNV-NV og NNV áttir algengastar en einnig ANA, A og ASA (*Mynd 14*). Á stöðinni við Kirkjubæjarklaustur mældist hins vegar lang oftast NV átt en einnig voru VNV og NNV áttirnar algengar sandfoksáttir (*Mynd 15*). Borið saman við mönnum veðurstöðina á Kirkjubæjarklaustri sést að sjálfvirka stöðin er með mun eindregnari NV áttir á meðan mannaða stöðin er með austlægar áttir.

Eldhraun

Tíðni vindáttá (%), 2014 - 2017 í sandfoki

Vegagerðarstöð
Fjöldi athugana: 96
Lagn: 0%
Bréytileg átt: 0%

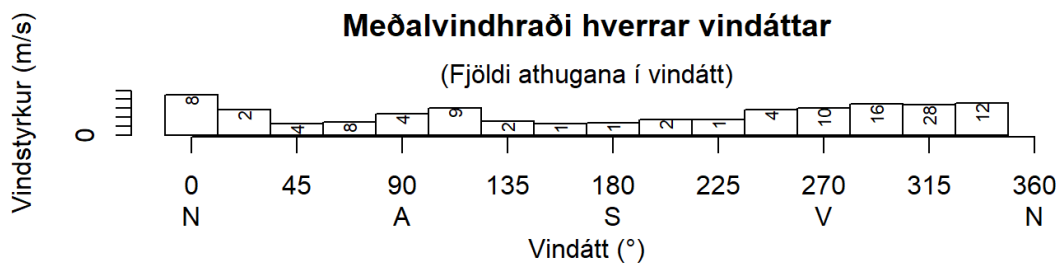
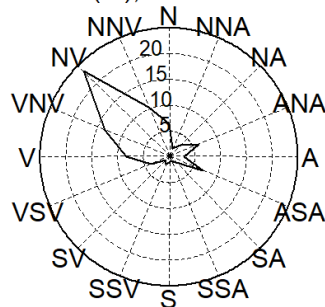


Mynd 14. Vindrós fyrir sjálfvirka veðurstöð í Eldhrauni þá daga sem gervitunglamyndir sýndu sandfok ásamt meðalvindhraða og fjölda tilvika hvernar áttar.

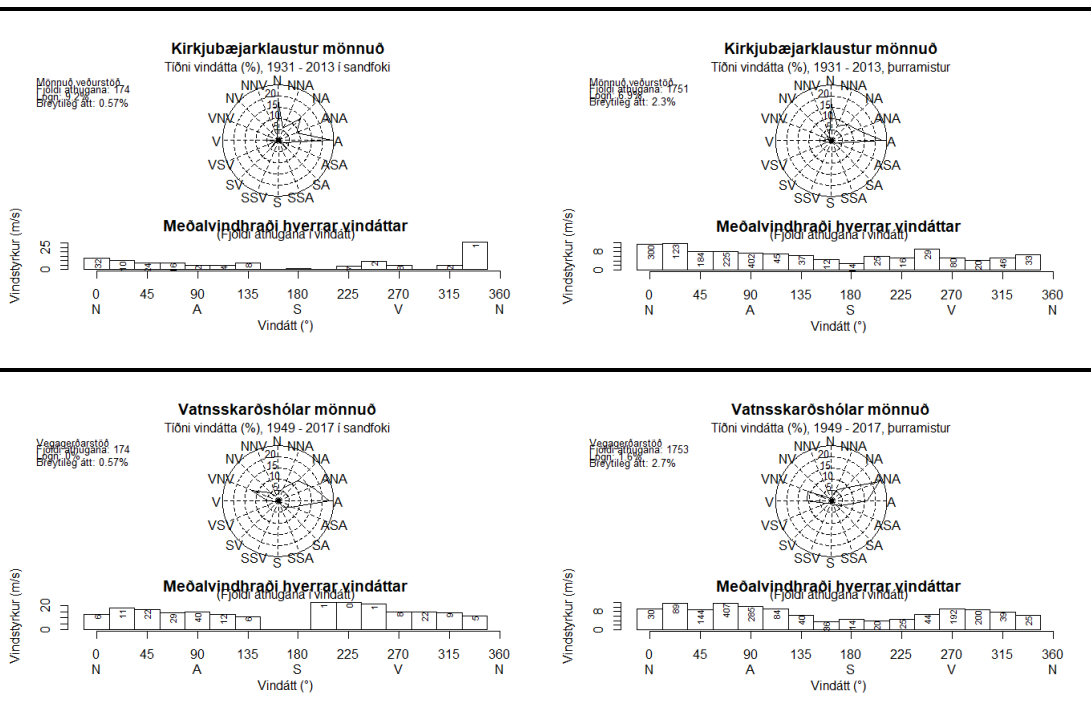
Kirkjubæjarklaustur

Tíðni vindáttá (%), 2014 - 2017 í sandfoki

Vegagerðarstöð
Fjöldi athugana: 120
Lagn: 0%
Bréytileg átt: 0%



Mynd 15. Vindrós fyrir sjálfvirka veðurstöð á Kirkjubæjarklaustri þá daga sem gervitunglamyndir sýndu sandfok, ásamt meðalvindhraða og fjölda tilvika hvernar áttar.



Mynd 16. Vindrósir fyrir mannaðar veðurstöðvar í sandfoki /þurramistri.

Mun meiri vindhraði er að jafnaði þá daga sem skyggni er skráð minna en 1 km á báðum stöðvum. Hins vegar vekur athygli að á Kirkjubæjarklaustri er logn í um 9 % tilvika þegar sandfok er skráð með minna en 1 km skyggni (Mynd 26). Eins er áberandi munur á vindáttum á mönnuðu stöðinni á Kirkjubæjarklaustri og sjálfvirku stöðinni á Stjórnarsandi (kbklsj) en stöðin á Stjórnarsandi er á opnara landi að meðan skjól er greinilegt fyrir ákveðnum áttum á Kirkjubæjarklaustri.

4.5 Umferð

Slys / óhöpp á svæðinu milli Víkur og Kirkjubæjarklausturs voru 249 talsins frá árinu 2002 til 2017, eða á 16 ára tímabili. Mikil fjölgun slysa / óhappa hefur orðið síðustu ár vegna fjölgunar ferðamanna. Upplýsingar um lokanir fengust frá Vegagerðinni en upplýsingum um þær hefur verið safnað frá árinu 2010.

Slys og sandfok

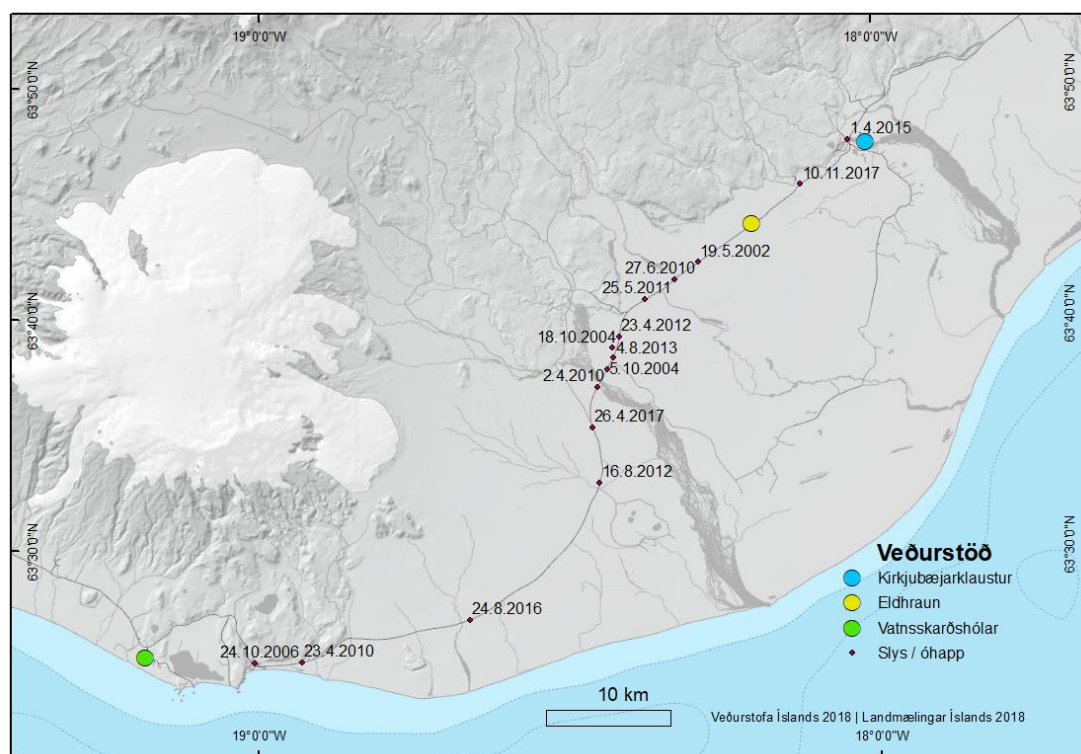
Þegar búið var að lesa saman sandfokstilvik úr veðurgögnum og af gervituglamyndum við slysaágnagrund Samgöngustofu komu í ljós alls 15 tilvik. Viðauki B er listi yfir þá daga sem sandfok er skráð í veðurgögnum og slys sama dag.

Alls voru sex slys frá árunum 2004-2013 sem passa við daga með sandfoki fyrir veðurstöðina á Vatnsskarðshólum (vskh) og sex fyrir veðurstöðina á Kirkjubæjarklaustri (kbkl). En þrjú atburðir voru greindir á báðum stöðvum. Eftir að borið hafði verið saman við mannaðar veðurstöðvar á tímum sem vitað var um sandfok, fundust með þeirri aðferð 10 slys / óhöpp. Af þessum 10 slysum voru tvö banaslys og voru þau könnuð nánar. Það fyrra gerðist árið 2002 og það seinna á árinu 2013 (Mynd 17 Mynd 18). Ársskýrslan fyrir árið 2002 gaf litlar upplýsingar um einstök slys. Á þeim tíma var til síðs, að veita ekki upplýsingar um einstök slys. Því var haft samband við Rannsóknarnefnd samgönguslysa (Sævar Helgi Lárusson, 2018 pers. com.). Varðandi slysið á Suðurlandsvegi í Eldhrauni 19.5.2002, þá var hæglætisveður, 6 – 7

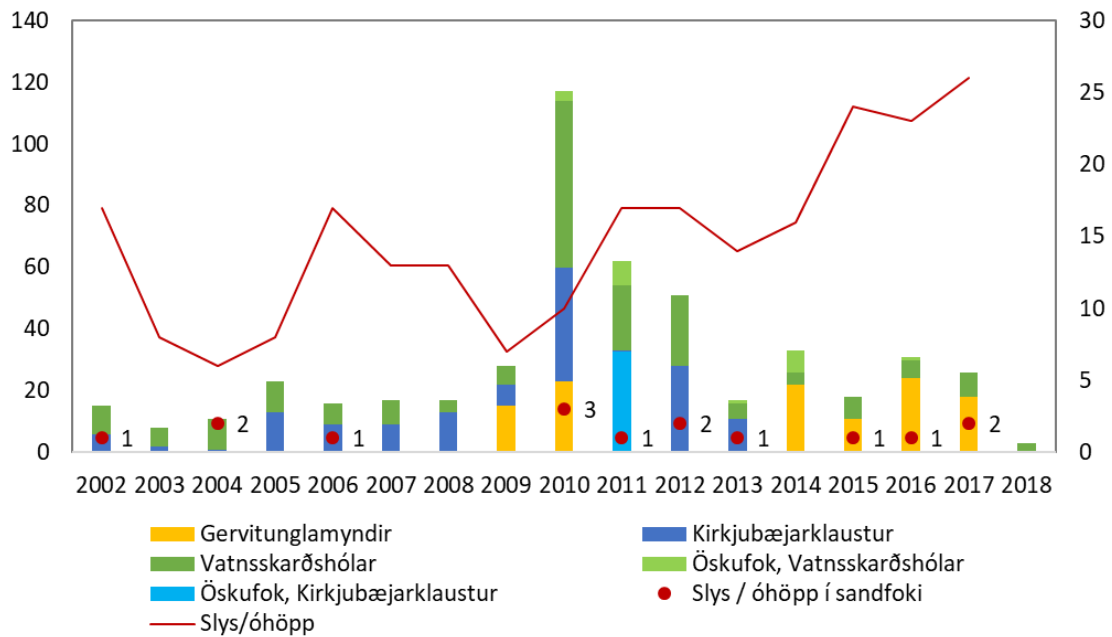
m/s, gekk á með skúrum og vegyfirborð var blautt. Síðan má sjá skýrslu nefndarinnar um slysið sem varð þann 4. ág. 2013, (hlekkur er í heimildum). (Rannsóknarnefnd umferðarslysa (2013). Þar varð ógætilegur framúrakstur og hraðakstur til þess að ökumaður missti stjórn á bílnum og keyrði út af.

Í hvorugu þessu tilviki virðist sandfok hafa haft áhrif. Þó má leiða að því líkur að sandfok geti ekki einungis valdið slæmu skyggni, heldur einnig hálla vegyfirborði, ef það er blautt. Þetta er þó óvíst ekki vitað varðandi banaslysið 2002 en banaslysið 2013 tengist sandfoki ekki að því að virðist.

Einnig var skoðað hvort það hefðu orðið slys á meðan á eldgosin í Eyjafjallajökli árið 2010 og Grímsvötnum árið 2011 voru í gangi. Þrjú slys vöktu athygli: Það fyrsta gerðist 23. apríl 2010 og var eignatjón, slæm færð (hálfka / ísing / krapi / vatnsagi), slæmt skyggni (birta/veður) og loks aðalorsök: sögð; ökutæki fýkur. Veður var ekki gott, skafrenningur, eljagangur, snjócoma, stormur. Ekið út af beinum vegi vinstra megin. Alvarlegt slys varð um sumarið 23. júlí 2010. Það var eignatjón, rigning og ekið út af beinum vegi vinstra megin. Ökumaður sofnaði við stýrið. Síðan varð slys 25. maí 2011 og varð þá eignatjón. Skýjað var og regn, ekið út af beinum vegi hægra megin. Ökutæki eða hjólbarðar í ólagi. Aðeins fyrsta slysið af þessum þremur gæti hugsanlega hafa orðið að hluta til vegna sandfoks.

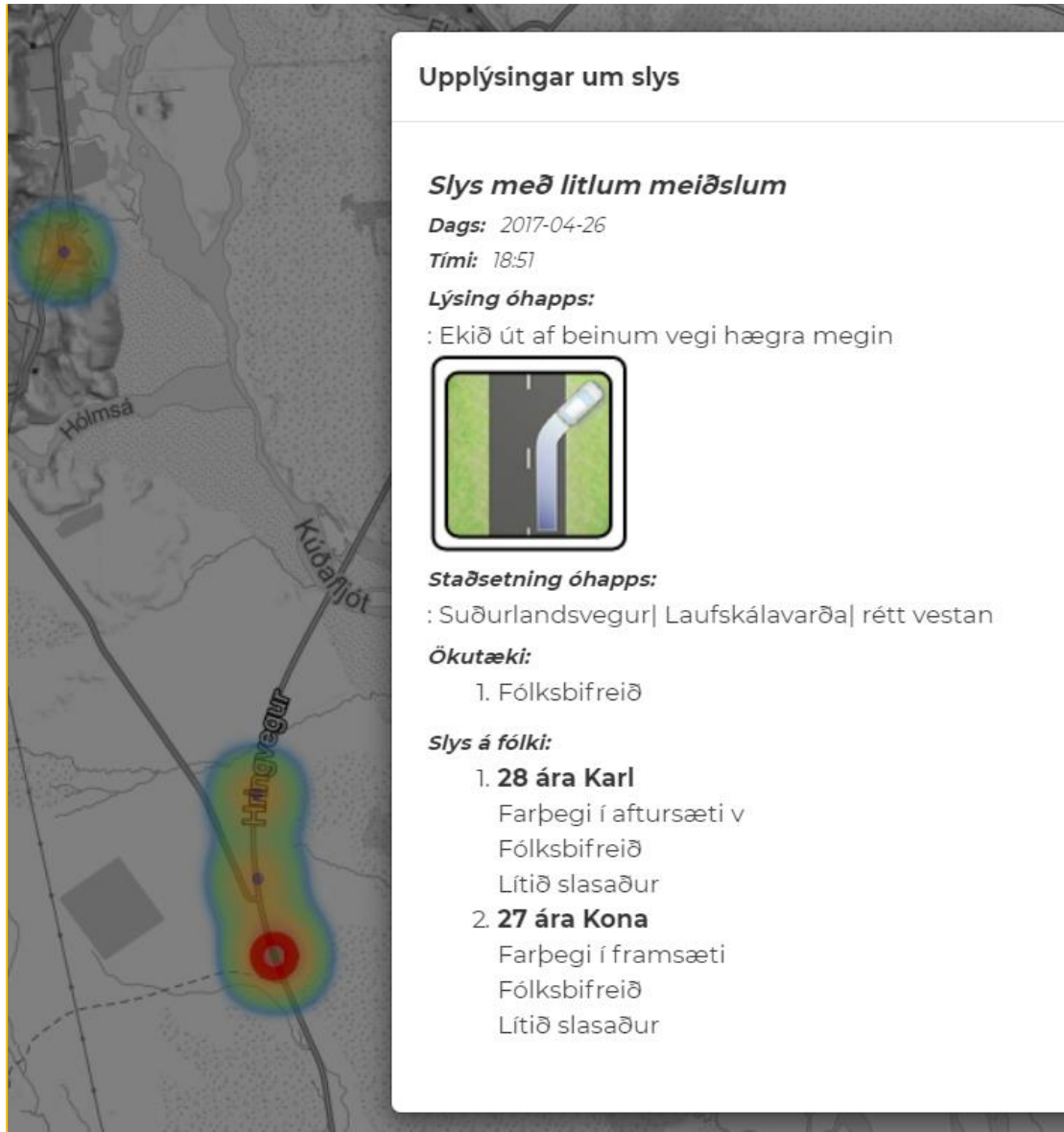


Mynd 17. Kort af slysum sem orðið hafa í sandfoki ásamt staðsetningu veðurstöðva (bbkl=blár hringur, vskh=grænn hringur, eldh=gulur hringur).



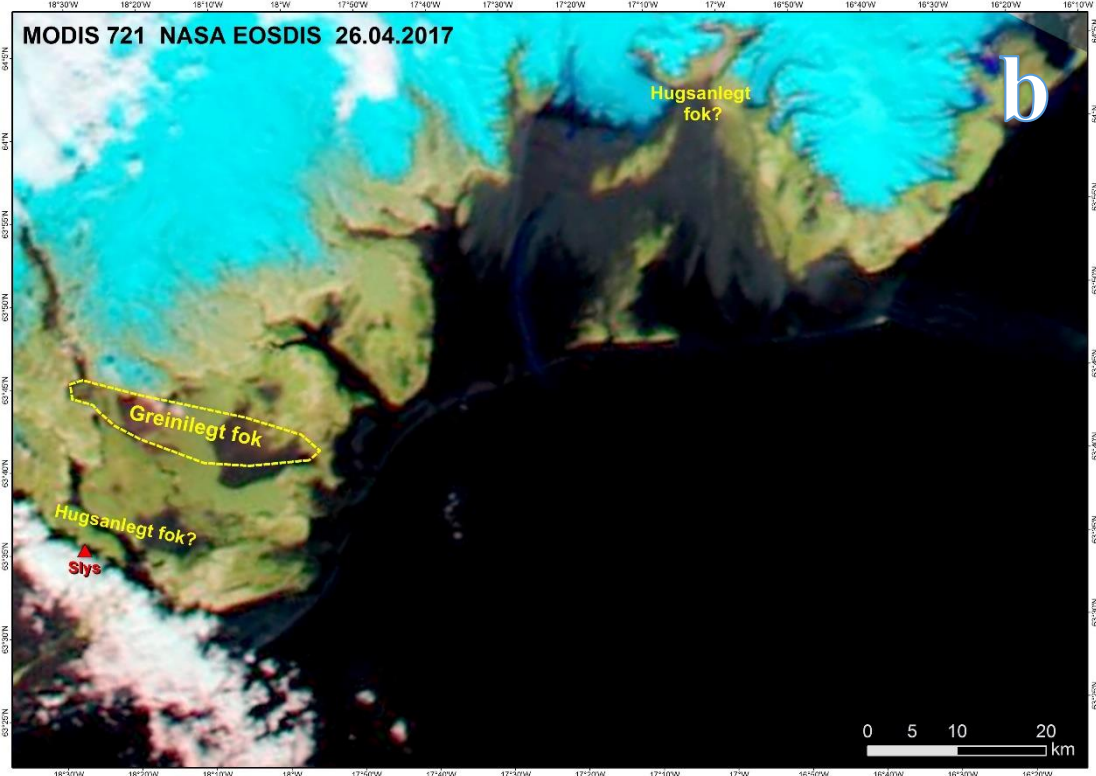
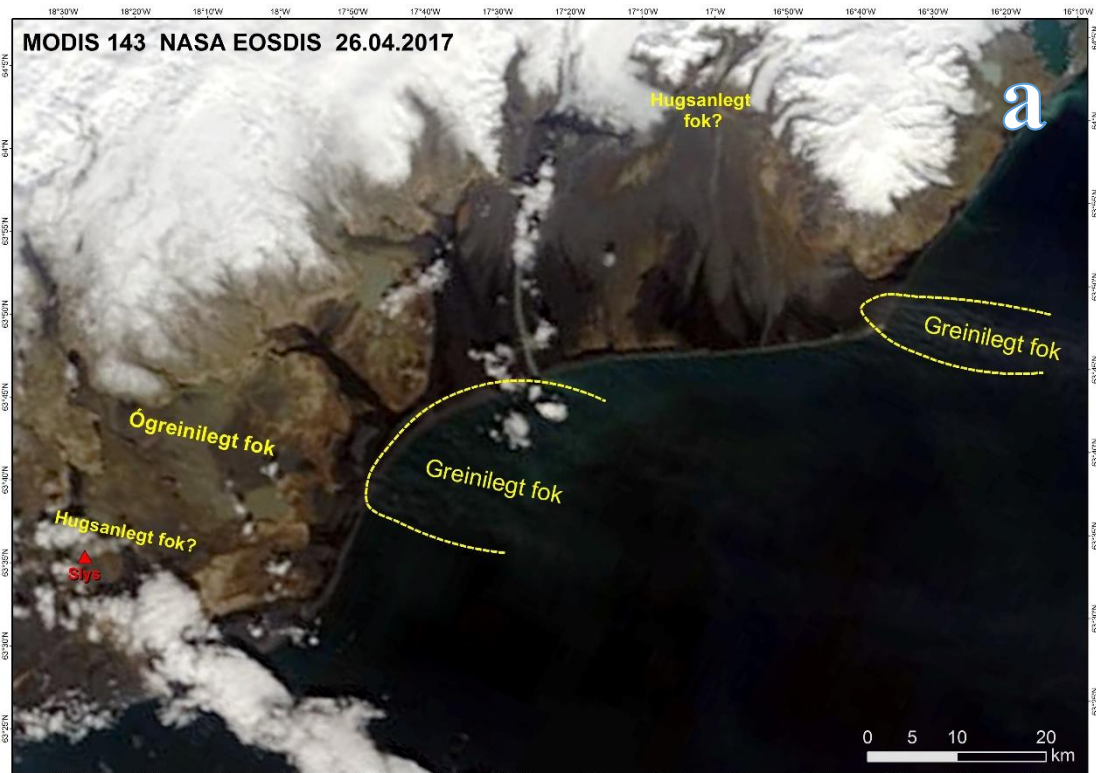
Mynd 18. Fjöldi daga með sandfoki, samkvæmt mönnum veðurstöðvum og gervitunglamyndum ásamt fjölda slysa og óhappa. Báðir Y-ásarnir sýna fjölda en slysa og óhöpp eru á hægri y-ás.

Eftir greiningu gervitunglamynda komu í ljós fimm slys til viðbótar á árabílinu 2010 – 2017 (Mynd 17 Mynd 18). Eitt af þessum slysum sem varð 26. apríl 2017 við Laufskálavörðu er með skráða orsökina slæmt skyggni. Þarna var um að ræða þrjú erlenda ferðamenn og slösuðust báðir farþegar lítilliga (Mynd 19). Við nánari athugun á gervitunglamyndum má sjá að þarna var töluvert sandfok (Mynd 20 a og b).



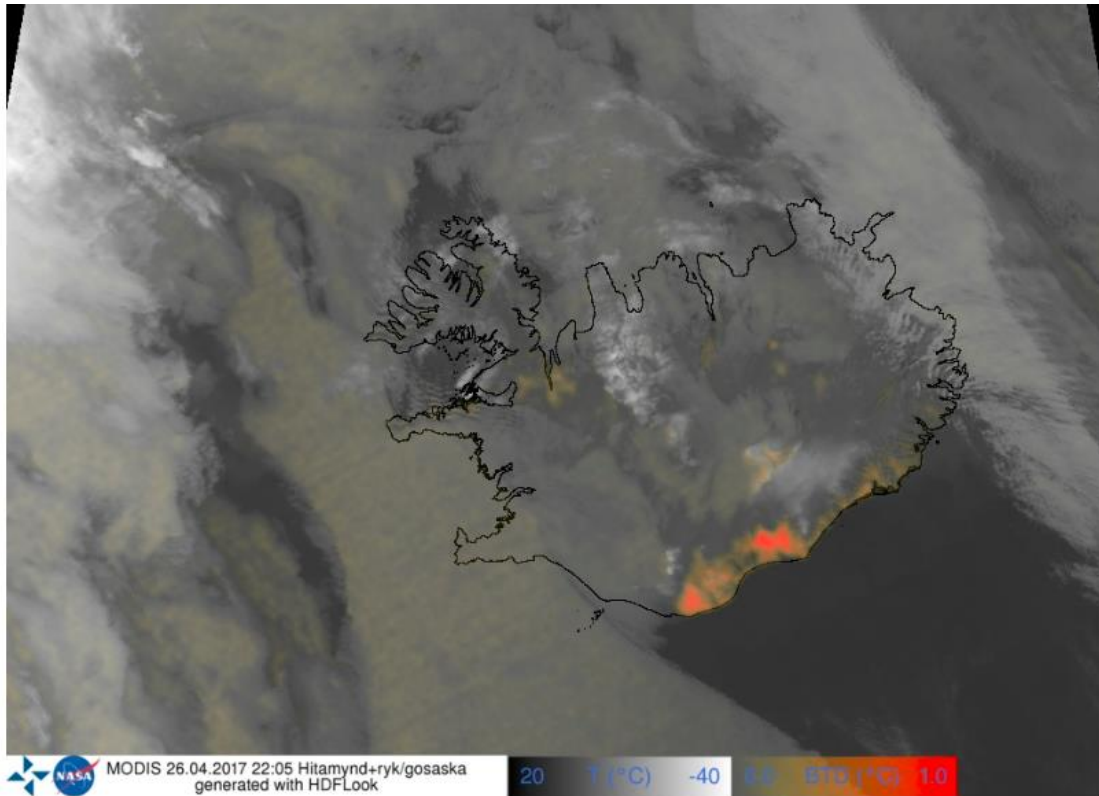
Mynd 19. Slys sem varð 26. apríl 2017 í lélegu skyggni. Upplýsingar um slys í vefsíá ná aftur til ársins 2007 og koma úr gagnagrunni Samgöngustofu. Birt með leyfi Loftmynda ehf.

Þegar skilyrði eru góð til að skoða fok með gervitunglamyndum (skýjahula lítil og eða myndefni er í hárrí upplausn og rófgreinihæfni góð) kemur ýmislegt í ljós. Í lok apríl 2017 komu nokkrir dagar með talsverðu eða miklu foki. Þar sem umferðaróhapp átti sér stað einn þessara daga var hann skoðaður sérstaklega. Þann dag var þó aðeins til MODIS gervitunglamyndir í meðalgóðri upplausn. Fok frá farvegi Skaftár kom þar fram nokkuð óljóst á hefðbundinni litmynd (samsetning 143 hjá MODIS) á meðan fok af söndunum (Mýrdalssandur, Skeiðarársandur) kom greinilegar í ljós, þar sem bakgrunnur foksins var í þeim tilfellum hafið. Þegar sömu myndir voru skoðaðar í annarri samsetningu (721, þ.e. miðinnrautt, nærinnautt og rautt ljós) snerist dæmið aftur á móti við. Þá kom fokið úr farvegi Skaftár vel fram, þ.e. skar sig vel út frá öðru yfirborði með herra endurvarpi á miðinnrauðu ljósi, á meðan fok af söndunum greindist ekki. Mynd 20a merkt 143 er hefðbundin ljósmynd, true colour (rautt, grænt blátt) en Mynd 20b merkt 721 er falslitamynd (miðinnrautt, nærinnautt, rautt ljós (geislun) er sýnd sem rauður, grænn og blár litur á mynd. Myndirnar eru teknar milli kl 13:30 og 14:30 þann 26. apríl 2017. (Mynd 20).



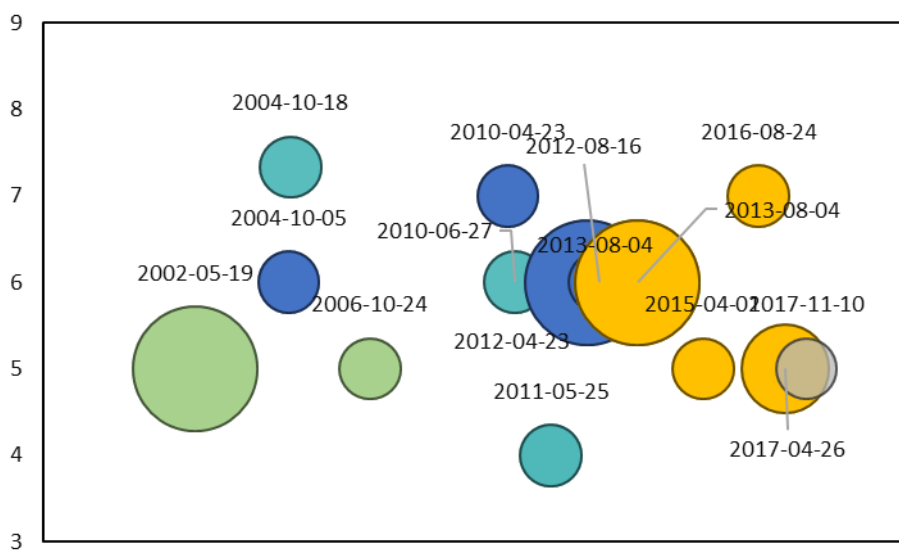
Mynd 20. Sandfok á gervitunlamynd 26. apríl 2017 myndirnar eru teknar milli kl. 12:30-14:30. Slysið átti sér stað kl. 18:51 þann dag.

Hitamynd með gosöskugreiningu gerð af Veðurstofu Íslands með HDF-look tóli sýnir einnig greinilegt sandfok (Mynd 21). Myndin er tekin kl. 22:05 en slysið átti sér stað kl. 18:51.



Mynd 21. Hitamynd með ryk og gosöskugreiningu gerð á Veðurstofu Íslands með HDF look tóli.

Alvarleiki slysa er mjög misjafn og er í raun rætt um óhöpp þegar enginn slasast og aðeins er um eingatjón að ræða. Mynd 22 er blöðrurit sem sýnir slys og / eða óhöpp sem orðið hafa á sama tíma og sandfok er á svæðinu. Stærð hringjanna fer eftir alvarleika slyss. Liturinn fer eftir hvar fokið sást (blátt kbkl = mönnuð stöð, grænt = vskh mönnuð stöð, gult = gervitunglamyndir). Þar sem litirnir blandast sjást fokatburðir á fleiri stöðum.



Mynd 22. Slys / óhöpp sem orðið hafa á sama tíma og sandfok er á svæðinu. Stærð hringjanna fer eftir alvarleika slyss. Liturinn fer eftir hvar fokið sást (blátt KBKL

mönnuð stöð, grænt VSKH mönnuð stöð, gult gervitunglamyndir). Þar sem litirnir blandast sjást fokatburðir á fleiri stöðum.

Ástæðan fyrir því, hversu lítið er sagt í lögregluskýrslunum um sandfok er eflaust sú að sandfokið getur verið meðvirkandi orsök en ekki aðalorsök. Ekki er líklegt að menn afsaki sig með sandfoki, s.b.r. menn eiga að keyra m.t.t. aðstæðna. Hins vegar stendur í skránni hvort það var vindur.

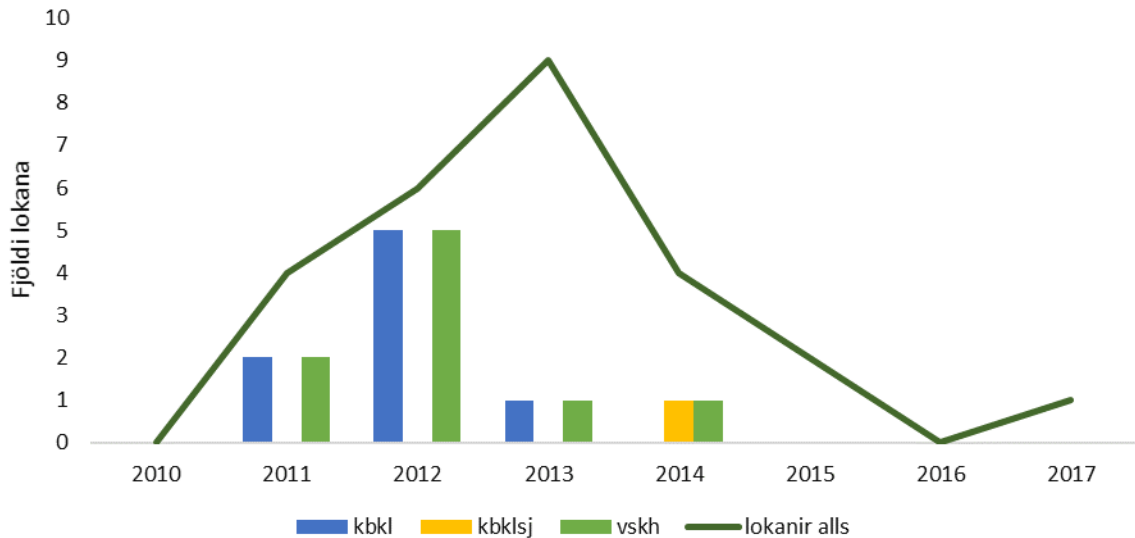
Ekki hafði komið inn á borð til rannsóknarnefndarinnar slys þar sem sandfok hafði komið við sögu. Líklegt er að ökumenn bregðist við slíkum aðstæðum og hægi á sér. Þá minnka líkur á alvarlegum áverkum, en rannsóknarnefndin kemur einna helst að allra alvarlegustu slysum.

Hins vegar verða reglulega atvik þar sem sandfok hefur orsakað mikið eignatjón, rúðubrot og miklar skemmdir á lakki bifreiða. Tjón sem hæglega geta hlaupið á hundruðum þúsunda á bíl.

Loks má velta fyrir sér hvort sandfok hafi ekki svipuð áhrif á ökumenn og skyggni gerir, þ.e. að þeir meti aðstæður alvarlegar og dragi úr hraða. Þarna myndi öryggistilfinningunni svipa til raunverulegs öryggis og ekki yrðu mörg slys. Hálfka getur hins vegar stundum verið vanmetin af ökumönnum og því sérlega hættuleg.

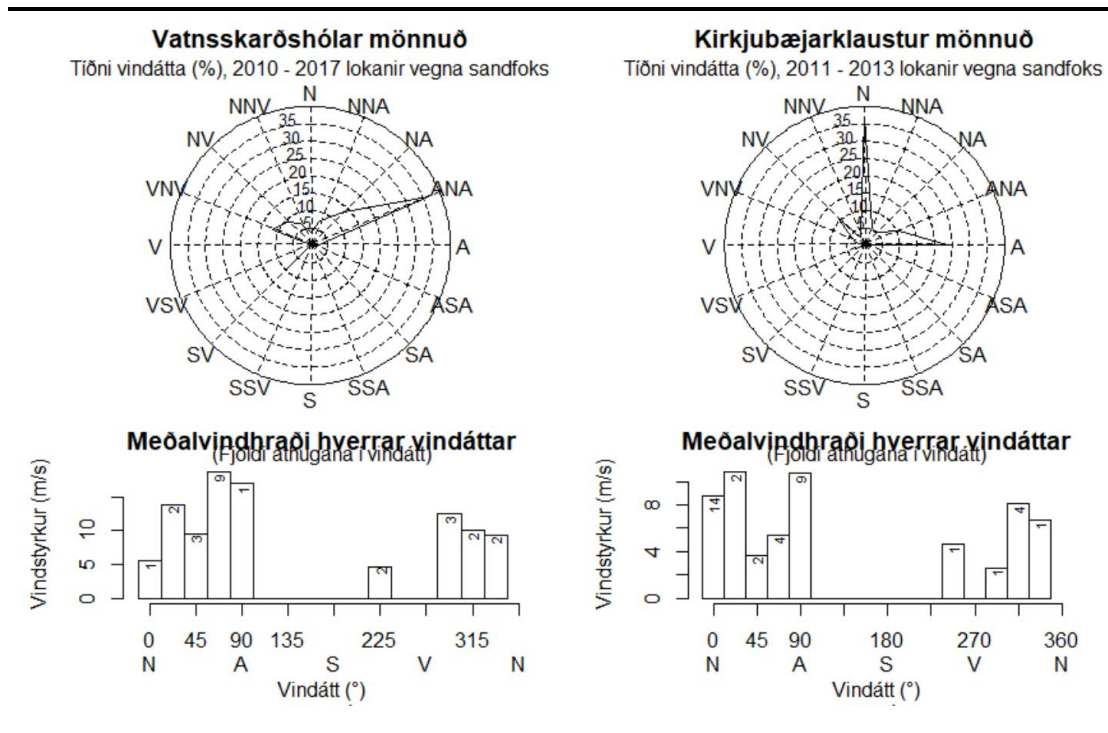
Lokanir á vegum

Upplýsingum um lokanir hefur verið safnað í stafrænan gagnagrunn hjá Vegagerðinni frá árinu 2010. Þaðan fengust upplýsingar um lokanir á tímabilinu 2010 – 2017 fyrir veginn um Mýrdalssand. Engar lokanir voru skráðar um veginn á Mýrdalssandi árið 2010 en lokanir voru á veginum til Víkur á meðan á Eyjafjallajökulsgosinu stóð. Frétt af vef mbl.is segir frá lokun á veginum þann 21.3.2010 „Veginum lokað frá Selfossi að Vík.“ (mbl.is, 2010). Heildarfjöldi lokana á veginum um Mýrdalssand á tímabilinu 2010 – 2017 sést á mynd 23. Þar sjást einnig skráðar lokanir sem urðu í sandfoki sem skráð var á báðum mönnuðu veðurstöðvunum og greindt var með gervitunglamyndum og sjálfvirku stöðinni á Kirkjubæjarklaustri. Skráningar á sandfoki þegar vegurinn er lokaður eru oftast á báðum stöðvum í einu sem bendir til að atburðirnir hafi verið það stórir að þeir sáust frá báðum jöðrum svæðisins. Alls dreifðust lokanir vegna sandfoks á 11 daga á tímabilinu en stóðu samtals yfir í 74 klukkustundir. Engar lokanir vegna sandfoks hafa verið skráðar frá árinu 2014 þ.e. þegar gögnin voru afhent í október 2018. Flestar lokanir voru árið 2012 stuttu eftir gosin. Hugsanlega hefur framboð af efni minnkað eða þá að um hreina tilviljun er að ræða því fokið er háð svo mörgum þáttum s.s. veðri, raka í jarðvegi o.fl. Ef túlka ætti þessi gögn með einhverri vissu þyrftu mun fleiri mælingar að vera til staðar.



Mynd 23. Heildarfjöldi lokana á veginum um Mýrdalssand ásamt lokunum í sandfoki. Súlurnar sýna lokanir sem tengjast sandoksatburðum sem greindir voru á mismunandi veðurstöðvum eða með gervitunglamyndum (kbkl =blá, vskh=græn, kbklsj =gul).

Greining á veðri þá daga sem lokanir voru á veginum leiddu í ljós að ANA áttin var oftast skráð á Vatnsskarðshólum en N og A átt á Kirkjubæjarklaustri. Vindstyrkur er meiri en að meðaltali í sandfoki almennt á svæðinu eins og búast mátti við (Mynd 24).



Mynd 24. Vindrósir fyrir mannaðar veðurstöðvar í sandfoki þá daga sem lokanir voru á veginum um Mýrdalssand.

Skemmdir á ökutækjum

Óskað var eftir upplýsingum um skemmdir á ökutækjum frá nokkrum bílaleigum og verkstæðum. Í ljós kom að skráning er ekki markviss og oft erfitt að tengja tjón við ákveðnar dagsetningar. Hér á eftir eru þau svör sem fengust við fyrirspurninni:

- Árið 2018 hefur verið lítið um sandfokstjón en það er nokkuð óvenjulegt.
- Einstaklega erfitt að sjá þessi tjón fyrr en bíllinn hefur verið þrífinn.
- Af 35 tilvikum eru bara 5 tjónaskýrslur, af þessum 5 skýrslum eru 4 tjón sem eiga sér stað á söndunum milli Víkur og Kirkjubæjarklausturs.
- Ekki lent í tjónum vegna sandfoks á þessu svæði. Hins vegar erum við með tvö slík tjón í sumar á leiðinni Jökulsárlón – Höfn.
- Eingöngu í langtímaleigu til fyrirtækja og því höfum við engar tölur um þetta.
- Það er mjög sjaldgæft að við fáum inn til okkar tjón vegna sandfoks, það nær ekki einu tilfelli á ári (verkstæði í Reykjavík).

Tryggingafélög bæta ekki tjón á ökutækjum vegna sandfoks, þess vegna er ekki haldin formleg skrá yfir þessi tjón hjá þeim. Ljóst er að tjón af völdum sandfoks getur auðveldlega hlaupið á hundruðum þúsunda króna á hvern bíl. Vitað er um tilfelli þar sem nokkrir bílar hafa lent í sama atburðinum á öðrum svæðum og við það margfaldast upphæðirnar.

“Tjón af völdum sandfoks eða vegna þess að mól, aska, vikur eða önnur laus jarðefni fjúka á ökutæki eru ekki bætt af tryggingafélögum. Lítið er því um tölulegar upplýsingar um tíðni slíks tjóns hér á landi.” VSO ráðgjöf (2009).

Á samfélagsmiðlum er hægt að finna heilmiklar upplýsingar um sandfok og birtist þessi mynd af bílum á bensintöð í Vík þann 12. maí 2017 (Mynd 25).



Mynd 25. Mynd fengin af facebook af sandfoki í Vík 12. maí 2017. Birt af Kjartani Björnssyni.

5 Samantekt

Meginmarkmiðin voru að komast að því hver áhrif af sandfoki hafa verið á umferð á svæðinu. Þetta var gert með því að skoða slys, óhöpp, lokanir og skemmdir á ökutækjum. Einnig voru greind helstu upptakasvæði sandfoks á svæðinu og skoða hvernig veður veldur helst sandfoki. Að lokum var eitt meginmarkmiðið að gera tillögu að því hvar best væri að staðsetja mælubúnað til að efla spámöguleika.

Niðurstaða greininga á slysum í sandfoki er sú, að ekki var hægt að telja með óbyggjandi hætti að umferðarslys á umræddum vegkafla hafi orðið af völdum sandfoks nema hugsanlega í einu tilfelli. Alls fundust 15 slys eða óhöpp sem áttu sér stað á sama tíma og sandfok var á svæðinu þar af voru tvö banaslys en ekki var unnt að tengja orsök þeirra við sandfok. Gagnagrunnur Samgöngustofu nefnir einfaldlega ekki sandfok sem orsök. Í nokkrum tilvikum þar sem um var að ræða óhöpp eða minna slasaða kann sandfok þó að hafa verið meðvirkandi orsök en í einu tilfelli var skyggni aðalorsök slyss og sama dag mátti finna myndir með greinilegu sandfoki. Því er líklegt að þar hafi sandfok haft áhrif.

Lokanir á veginum um Mýrdalssand vegna sandfoks voru 11 á tímabilinu og stóðu yfir í 74 klukkustundir (Mynd 23). Flestar lokanir voru árið 2012 sem bendir til að til þess að minna sé um fokefni nú en fyrst eftir gos. Hins vegar kann lítil tíðni upp á síðkastið að vera tilviljun þar sem veður kemur við sögu þ.e.a.s. tengsl vindáttar vindhraða og raka í yfirborði. Engar lokanir hafa verið skráðar frá árinu 2014.

Á mynd 6 sést að gróður er farinn að kíkja upp úr setinu í farvegi Skaftár þremur árum eftir hlaup. Hins vegar varð annað hlaup tveimur vikum eftir vettvangsferðina sem farin var í júlí 2018 og sjá má á mynd 26 að svæðið er enn á ný þakið efni sem getur auðveldlega fokið af stað næstu árin.



Mynd 26. Hluti af flóðfarvegi Skaftár sem liggur að skála Útivistar við Sveinstind. Vinstri myndin sýnir farveginn tveimur vikum fyrir síðasta jökulhlaup sem varð í Ágúst 2018. Hægri myndin sýnir farveginn eftir atburðinn.

Á Íslandi er stærsta eyðimörk í Evrópu og á Norðurslóðum, með rúmlega 135 fokdaga á ári (Dagsson-Waldhauserova et al., 2014b; Arnalds et al., 2016; Nakashima and Dagsson-Waldhauserova, 2019). Fokviðburðir hafa neikvæð áhrif á loftgæði, heilsu fólks, snjó og ís, gróður og fleiri sem hefur efnahagsleg áhrif. (Crofts, 2012; Þorsteinsson et al., 2012; Carlsen et al., 2015; Dagsson-Waldhauserova et al., 2016; Wittmann et al., 2017). Í núverandi verkefni var lagt tölulegt mat á áhrif foks á umferðaröryggi og sýnt fram á mikilvægi þess að fylgjast með foki og gefa út viðvaranir á þeim svæðum sem helst verða fyrir áhrifum af foki. Einnig hefur verið sýnt fram á hve lengi eftir hlaup fokefni getur haft áhrif á umhverfið og við mismunandi aðstæður, t.d. þegar vindhraði er lítil og jafnvel í úrkomu (Dagsson-Waldhauserova et al., 2014a). Þessi atriði, ásamt hve fínkornótt efni er um að ræða, getur haft veruleg áhrif á umferðaröryggi.

Gervitunglagögn nýtast að hluta til við eftirlit með sandfoki, en bæta mætti greiningu með frekari rófmynsturmælingum.

6 Tilmæli

Eitt af meginmarkmiðum verkefnisins var að finna heppilega staðsetningu fyrir veðurstöð með jarðvegsælum og vefmyndavél, til að styðja við grunnrannsóknir á seti. Þannig verður unnt að afla nýrra gagna um tíðni og umfang sandstorma. Með greiningu á þess konar gögnum verður til grundvöllur að bættum spám fyrir viðvaranir til vegfarenda.

Sem dæmi er fínkornótt set og raki, sem mældist í sýnum úr farvegi Skaftár, skýringin á því hvers vegna ekki var sandfok þrátt fyrir að þurrt væri og vindur um 5-8 m/s í vettvangsferð í júlí 2018.

Lagt er til að nota rafhleðslunema til þess að mæla rakarúmmál jarðvegs með því að mæla viðnámsgildi hans. Þeir nema ef breytingar verða í rúmmáli frjáls vatns í jarðvegi (ROADX, 2019). Einnig er æskilegt að koma fyrir hitamælum á mismunandi dýpi í jarðvegi. Þessari mælistöð væri best valinn staður þar sem aðgengi er þokkalegt en einnig nálægt upptakasvæðum sem hafa áhrif á umferð. Því er lagt til að mæla raka í setflákum við bæina Svínadal og Búland. Einnig væri hægt að koma mælum fyrir í seti í hrauninu við veginn að Skál en hætta er á að þeir færu á kaf í vatn jafnvel þótt ekki væri stórt hlaup í Skaftá. Hins vegar er viðbragðstími rúmlega sólarhringur hið minnsta og því væri hægt að bjarga mælitækjum í tæka tíð (Davíð Egilson o.fl. 2018). Vefmyndavélar eru á veðurstöð Vegagerðarinnar í Eldhrauni en þeim er aðallega beint að veginum. Því er æskilegt að setja upp myndavél sem hefur sýn yfir upptakasvæði sandfoksins.

Nýlega var byrjað að keyra tölvuspá um sandfok fyrir Ísland með það fyrir augum að auka umferðaröryggi vegna foks: Dust Regional Atmospheric Model (DREAM). Spálíkanið er hannað sérstaklega fyrir íslenskar aðstæður af Vatnafars- og veðurstofu Serbíu (National Hydrometeorological Service of Serbia) og Landbúnaðarháskola Íslands (hér má skoða spálíkanið: <http://www.seevccc.rs/?p=8>, veljið Dream8Iceland). Þegar nota rúmlega 15 stofnanir DREAM fyrir rauntímaeftirlit og rannsóknir, en keyrsla fer fram hjá Ofurtölvusetri Barcelona (Barcelona Supercomputing Centre) á vegum Alþjóða Veðurfræðistofnunarinnar (World Meteorological Organization on Sand/Dust Storm Warning Advisory Assessment System (WMO SDS-WAS)). Niðurstöður úr slíkum keyrslum væri hægt að birta á vef Vegagerðarinnar án þess að því fylgi beinn kostnaður.

Við leggjum einnig til að Vegagerðin tilnefni fulltrúa í Rykrannsóknafélag Íslands. Í því starfa rúmlega 30 stofnanir við að fylgjast með nýjungum á sviði rannsókna og mælinga á loftbornu efni (ryk, mold, sandur). Allir aðilar myndu njóta góðs af slíku samstarfi. Næsta vinnustofa félagsins verður dagana 13. og 14. Febrúar 2020 <https://icedustblog.wordpress.com/who-we-are/>).

7 Þakkir

Þátttakendur í verkefninu vilja koma á framfæri þökkum fyrir styrk úr rannsóknasjóði Vegagerðarinnar (styrkur númer 1800-688). Þá þökkum við Vatnajökulsþjóðgarði fyrir rannsóknaleyfi í þjóðgarðinum. Ennfremur þökkum við Mike Smith og Halldóri Björnssyni fyrir aðstoð í vettvangsferð og Fanny Dunner fyrir samantekt um gervitunglamyndir. Að lokum fær Anna Margrét Stefánsdóttir þakkir fyrir yfirlestur skýrslunnar.

8 Heimildir

Carlsen, H., Gislason, T., Forsberg, B., Meister, K., et al., 2015. Emergency Hospital Visits in Association with Volcanic Ash, Dust Storms and Other Sources of Ambient Particles: A Time-Series Study in Reykjavík, Iceland. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 12, 4047-4059.

Crofts, R. (Ed.): *Healing the Land*, Soil Conservation Service of Iceland, Reykjavik, Iceland, 2011.

Dagsson-Waldhauserova, P., Magnúsdóttir, A., Ólafsson H., Arnalds O., 2016. The spatial variation of dust particulate matter concentrations during two Icelandic dust storms in 2015. *Atmosphere* 7, 77.

Dagsson-Waldhauserova, P., Arnalds, O., Ólafsson, H., 2014b. Long-term variability of dust events in Iceland. *Atmospheric Chemistry and Physics* 14, 13411-13422.

Dagsson-Waldhauserova, P., Jean-Baptiste Renard, Haraldur Ólafsson, Damien Vignelles, Gwenaél Berthet, Nicolas Verdier, Vincent Duverger. Vertical measurements of dust storms during the Arctic winter. In review.

Davíð Egilson, Matthew J. Roberts, Emmanuel Pagneux, Esther Hlíðar Jensen, Magnús Tumi Guðmundsson, Tómas Jóhannesson o.fl. *Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá: Samantekt*. Skýrsla VÍ 2018-016, Veðurstofa Íslands. ISSN 1670-8261

Esther Hlíðar Jensen, Davíð Egilson, Emmanuel Pagneux, Bogi B. Björnsson, Snorri Zóphóníasson, Ingibjörg Jónsdóttir, Matthías Á. Jónsson, Ragnar H. Þrastarson & Matthew J. Roberts (2018b). *Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá: Set í hlaupi haustið 2015*. Skýrsla VÍ 2018- 006. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Esther Hlíðar Jensen, Davíð Egilson, Emmanuel Pagneux, Bogi B. Björnsson, Snorri Zóphóníasson, Snorri Páll Snorrason, Ingibjörg Jónsdóttir, Ragnar H. Þrastarson, Oddur Sigurðsson & Matthew J. Roberts (2018a). *Hættumat vegna jökulhlaupa í Skaftá: Mat á seflutningi með sögulegu yfirliti*. Skýrsla VÍ 2018-005. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Eldsveitir.is (2019). *Skaftárhlaup*. <https://eldsveitir.is/2017/06/07/skaftarhlaup-2/> sótt 30. <https://eldsveitir.is/2017/06/07/skaftarhlaup-2/> sótt 30. apríl 2019.

Fanney Ósk Gísladóttir (2000). *Umhverfisbreytingar og vindrof sunnan Langjökuls*. Óútfegin meistaraþrófsritgerð, Háskóli Íslands, Reykjavík.

Fanney Ósk Gísladóttir, Ólafur Arnalds & Guðrún Gísladóttir (2005). The effect of landscape and retreating glaciers on wind erosion in South Iceland. *Land Degradation Development*, 16, 177–187.

Ingibjörg Jónsdóttir (2019). *Gagnagrunnur um gervitunglamyndir, veður og slys við Mýrdalssand*. Óbirt.

Guðrún Gísladóttir og Eygerður Margrétardóttir 2004. *Áhrif uppgræðslu á sandfok og lokun þjóðveggar 1 um Mýrdalssand*. Raunvísindastofnun Háskóla Íslands, 36 bls.

Gunnhildur Ingibjörg Georgsdóttir, 2012, *Sandfok á Íslandi 2002-2011: Tíðni, upptakasvæði og veðuraðstæður*, meistararitgerð, Jarðvísindadeild, Háskóli Íslands, 88 bls.

Gústav M. Ásbjörnsson & Elín Fjóla Þórarinsdóttir (2016). Úttekt á jarðvegsrofi, aðgerðir Landgræðslunnar 2016 vegna afleiðinga Skaftárhlaupa og framkvæmdaáætlun fyrir árið 2017. LR-2016/13. Landgræðsla ríkisins.

Mbl.is (2010). Veginum lokað frá Selfossi að Vík. <http://www.ruv.is/frett/vegum-lokad-vegna-gossins>, skoðað 28.apríl 2019.

O.Arnalds, E.F.Thorarinsdottir, J.Thorsson, P. Dagsson-Waldhauserova, A.M. Agustsdottir (2013). *An extreme wind erosion event of the fresh Eyjafjallajökull 2010 volcanic ash*. Nature. Sci. Rep., 3 (2013), 1257, 10.1038/srep01257

NASA (2019). *MODIS gervitungramyndir* (worldview.earthdata.nasa.gov). Sótt í júní til ágúst 2018.

NingLI., WeiGU', ZixuanDU & Seli • HAYAKAWA (2005). Relation between Soil Moisture and Occurrence of Dust Storms in Central Inner Mongolia, China. *Journal of Agricultural Meteorology* 60(5):481-484. DOI: 10.2480/agrmet.481

Ólafur Arnalds 2010: Dust sources and deposition of aeolian materials in Iceland. *Icel. Agric.Sci.* 23 (2010), 3-21.

Rannsóknarnefnd umferðarslysa (2013). *Skýrsla um banaslys í umferðinni Suðurlandsvegur við Meðallandsveg 4.8.2013*. Málsnr. 2013-U012.

<http://www.rnsa.is/media/1110/sudurlandsvegur-vid-medallandsveg-482013.pdf>, sótt í október 2018.

Rannsóknarnefnd umferðarslysa (2003). *Banaslys í umferðinni 2002*. Reykjavík.

Rannsóknarnefnd umferðarslysa <http://www.rnsa.is/media/1336/rnu2002.pdf>. sótt í október 2018.

ROADEX (2019). *Vatn í vegi og undirstöðu, skilgreiningar*. <https://www.roadex.org/is/e-learning/namskeid/afrennsli/2-vatn-i-vegi-og-undirstodu-skilgreiningar/> sótt 30. Apríl 2019.

Rykrannsóknarfélag Íslands (2019). *Publications*.

<https://icedustblog.wordpress.com/publications/>. Skoðað 30. apríl 2019.

Slysaágangnagrunnur Samgöngustofu. Gunnar Geir Gunnarsson, Samgöngustofa.

Sævar Helgi Lárusson (2018 pers. com.). Rannsóknarnefnd samgönguslysa.

Thorsteinsson, T., Johannsson, T., Stohl, A., Kristiansen, N.I., 2012. High levels of particulate matter in Iceland due to direct ash emissions by the Eyjafjalla-jökull eruption and resuspension of deposited ash. *J. Geophys. Res.* 117, B00C05. <http://dx.doi.org/10.1029/2011JB008756>.

USGS (2019). *Earthexplorer*. <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Sótt í júní til ágúst 2018

VSÓ ráðgjöf (2009). *Sandfok á Hringveginn, rannsóknarverkefni*. Skýrsla 08152, VSÓ ráðgjöf.

Veðurstofa Íslands (1981). *Reglur um veðurskeyti og veðurathuganir*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.

Wittmann, M., Groot Zwaafink, C., Steffensen, Schmidt, L., Guðmundsson, S., et al., 2017. Impact of dust deposition on the albedo of Vatnajökull ice cap, Iceland. *The Cryosphere* 11, 741-754.

Viðauki A:

Orsakir:			
Kóði	Skýring	Kóði	Skýring
1	Ökumaður veldur slysi	28	Mannlaus bifreið rennur
2	Stöðvunarskylda ekki virt	29	Gáleysi
3	Biðskylda ekki virt	30	Aðrar ástæður
4	Ekið gegn rauðu ljósi	31	Dýr á vegi
5	Vinstri beygja í veg fyrir umferð á mót	32	Forgangur í hringtorgi ekki virtur
6	Of stutt bil milli bifreiða	33	Annar forgangur ekki virtur
7	Ranglega beygt	34	Farsímanotkun
8	Ógætilegur framúrakstur	35	Ökutæki fýkur
9	Ógætlega ekið afturábak	36	Orsök ókunn
10	Ógætlega tekið af stað frá vegarbrún	37	Hjólreiðarmaður
11	Ekið á röngum vegarhelmingi	39	Grunur um ölvun
12	Ógætlega skipt um akrein	40	Ölvun við akstur (>0,5 prómill)
13	Réttindaleyfi við akstur	41	Vegavinna stendur yfir
14	Of hraður akstur	42	Lausamöl / steinkast
16	Ökutæki eða hjólbarðar í ólagi	43	Aðskotahlutur á vegi
17	Farmur ökutækis	44	Ölvaður óvarinn vegfarandi
18	Umhverfi	45	Hægri regla ekki virt
19	Blindbeygja	46	Dýr inni í ökutæki
20	Blindhæð	50	Lyfjanotkun - lögleg lyf
21	Þrengsli frá hlið og að ofan	55	Notkun fíkniefna
22	Ekið gegn einstefnu	56	Grunur um notkun fíkniefna

23	Slæmur vegur	60	Andleg veikindi
24	Slæm færð (hálfka / ísing / krapi / vatnsagi)	65	Ökumaður hverfur af vettvangi
25	Slæmt skyggni (birta/veður)	70	Svefn
26	Fótgangandi	90	Flogaveiki
27	Farþegi veldur slysi	91	Líkamleg veikindi
		92	Andlát undir stýri

Veður:

Kóði Skýring

0	Ekki vitað
1	Sólskin
2	Bjart
3	Skýjað
4	Regn
5	Snjókoma
6	Þoka
7	Stormur
8	Annað
10	Skafrenningur
11	Éljagangur
12	Hálfskýjað

Viðauki B: 10 slys, þar sem sandfok kann að hafa haft áhrif.

NID	Um-dæmi	Dagsetning	Teg (kóði)	Orsakir	Tegund slyss	Staðsetning
445431	870	2002-05-19 14:22	011	0142	<i>Ekið út af beinum vegi hægri</i>	<i>Suðurlandsvegur í Eldhrauni, 15 km vestan Kirkjubæjarklausturs</i>
703834	870	2004-10-05 12:40	011	35	Ekið út af beinum vegi hægri	Suðurlandsvegur, Kúðafljót, austan við
706851	870	2004-10-18 05:53	070	35	Ökutæki veltur á vegi.	Suðurlandsvegur, Ásahraun, í
3125171	870	2006-10-24 16:30	141	0624	Ekið aftan á bíl sem hemlar.	Vík í Mýrdal. Gatnamót Austurvegar og Víkurbrautar
3939386	871	2010-04-23 17:21	012	352425	Ekið út af beinum vegi vinstri	Hringvegur, Rétt vestan við Kerlingardalsá
3982019	871	2010-06-27 18:27	012	70	Ekið út af beinum vegi vinstri	Suðurlandsvegur, Brestur - Í/við tvíbreiða brú
4173934	871	2011-05-25 15:39	0011	16	Ökutæki eða hjólbarðar í ólagi	Þjóðvegur 1 vestan við Kirkjubæjarklaustur
4349093	871	2012-04-23 10:57	011	29	Ekið út af beinum vegi hægri	Suðurlandsvegur, Skaftártunguaflleggjara vestan við

NID	Um- dæmi	Dagsetnin g	Teg (kóði)	Orsakir	Tegund slyss	Staðsetning
4415581	871	2012-08-16 09:18	012	01	Ekið út af beinum vegi vinstri	Suðurlandsvegur, Áltaversvegur, austan við
4591981	871	2013-08-04 14:53	012	140813	Ekið út af beinum vegi vinstri	Suðurlandsvegur, Hrífunes, á móts við Meðallandsveg
3925680	871	2010-04-02 04:48	011	16	Ökutæki eða hjólbarðar í ólagi	Suðurlandsvegur, Við Kúðarfljót.
4910982	871	2015-04-01 15:30	923	01	Ökumaður veldur slysi	Suðurlandsvegur, hringtorgið á Klaustri við Klausturveg
5204931	871	2016-08-24 22:49	910	3165	Dýr á vegi - Ökumaður hverfur af vettvangi	Suðurlandsvegur -Skammt austan Blautukvíslar
5354492	871	2017-04-26 18:51	011	25	Slæmt skyggni (birta/veður)	Suðurlandsvegur, Laufskálavarða, rétt vestan
5505914	871	2017-11-10 13:09	012	24	Slæm færð (hálka / ísing / krapi / vatnsagi)	Suðurlandsvegur, Við afleggjarann að Fjaðrárgljúfri - Á eða við akbraut

Heimild: Samgöngustofa. Banaslysini tvö eru skáletruð. Slysið þar sem sandfok er hugsanleg orsök er gráskyggt.

