



SANDFOK Á HRINGVEGINN **Rannsóknaverkefni**

Janúar 2009

VSÓ RÁÐGJÖF

SANDFOK Á HRINGVEGINN

Rannsóknaverkefni

08152

S:\2008\08152\v\Skýrsla\08152-sk090106_sandfok.docx

Janúar 2009

1	26. nóvember	BHB, SDJ	AM	SGT
Nr. Útg.	Dagsetning	Unnið	Yfirfarið	Samþykkt

VSÓ RÁÐGJÖF

Borgartúni 20, 105 Reykjavík sími: 585 9000 / fax: 585 9010 vso@vso.is www.vso.is

EFNISYFIRLIT

1.	Inngangur	3
2.	Jarðvegsrof, sandfok/vindrof – helstu áhrifaþættir	4
2.1	Áhrif vindhraða	4
2.2	Fokefni	5
2.3	Landslag og áferð yfirborðs	5
2.4	Rakainnihald	6
2.5	Árstími	6
3.	Áhrif sandfoks á umferð á þjóðvegum	7
4.	Sandfok á Hringveginn	8
4.1	Flokkun sandfokssvæða	8
4.2	Niðurstöður	9
4.2.1	Suðursvæði	9
4.2.2	Norðaustursvæði	9
4.2.3	Norðvestursvæði	10
4.2.4	Áhrif sandfoks á umferðaröryggi	11
4.2.5	Samanburður við eldri gögn	12
5.	Umræður	13
5.1	Val á nýjum vegstæðum	13
5.2	Veghönnun	14
5.3	Uppgræðsla	14
5.4	Upplýsingar og fræðsla til vegfarenda	16
5.5	Sandfok á vegum utan Hringvegarins	16
6.	Heimildir	17
7.	Viðauki 1. Yfirlitsmyndir af sandfokssvæðum	18
8.	Viðauki 2. Sandfokssvæði á Hringveginum	29



Samantekt

Árið 2008 var safnað gögnum um svæði á Hringveginum, eða Þjóðvegi nr. 1, þar sem sandfok getur haft áhrif á umferðaröryggi. Áhrif sandfoks á umferðaröryggi geta einkum falist í því að það getur takmarkað vegsýn vegfarenda, sandur getur safnast á vegi og þannig breytt akstursaðstæðum og síðast en ekki síst getur sandfok valdið skemmdum á ökutækjum.

Alls eru 21 svæði á Hringveginum þar sem sandur fýkur inn á veginn. Sandfok er einkum bundið við gróðurlítill svæði á öræfum landsins s.s. Möðrudals- og Mývatnsöræfum, svæði þar sem Hringvegurinn liggur með eða á sandsvæðum nærri ströndinni og við brýr yfir jökulár. Alls ná afmörkuð sandfokssvæði til tæplega 50 km af Hringveginum.

Til að stemma stigu við sandfoki er lagt til að hugað sé að þessum þætti við val á nýjum vegstæðum. Einnig getur veggönnun haft áhrif á m.a. sandsöfnun á vegi. Uppgræðsla er stunduð víða með vegum og er mótvægisáðgerð til að minnka sandfok. Upplýsingar og fræðsla til vefarenda um sandfok og hugsanlegt sandfok er einnig mikilvægur þáttur í að auka umferðaröryggið.

1. Inngangur

Hringvegurinn um Ísland er um 1.400 km langur og liggur m.a. þvert á flestar jökulár landsins, um auðnir og í jaðri jökla. Þessi svæði eru mörg hver lítt gróin og víða er framburður jökuláa og annað fínt efni sem hefur myndast við rof. Hætta á foki þessa efnis getur því verið talsverð í nágrenni vegarins. Sú er enda raunin og nægir að nefna Mýrdalssand, Mývatnsöræfi og Möðrudalsöræfi í því sambandi.

Framburður jökuláa er víða uppspretta sandfoks. Þær bera með sér efni undan jöklunum sem er vikur og aska sem og sandur sem skriðjökklar sverfa úr undirlagi sínu. Rannsóknir sýna að þessi efni í framburði ána eru afar fokgjörn og miklar líkur á áfoki þegar efnið sest til og þornar.

Á auðnum landsins, þar sem gróður hefur eyðst vegna jarðvegsrofs, er víða fokefni sem getur auðveldlega fokið yfir þjóðveg og hamlað umferð og valdið skaða á ökutækjum. Einnig er fjörusandur oft uppspretta sandfoks.

Talsverðar rannsóknir liggja fyrir á sandfoki hér á landi og mikið um það fjallað, m.a. Ólafur Arnalds, 1998; Hjalti Sigurjónsson o.fl., 1999; Fanney Ósk Gísladóttir, 2000; Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2005. Einnig hefur jarðvegsrof verið kortlagt á landsvísu (Ólafur Arnalds o.fl., 1997).

Lagt hefur verið í kostnað við aðgerðir til að stemma stigu við sandfoki á vegi m.a. í samstarfi Vegagerðarinnar og Landgræðslu ríkisins og er Mýrdalssandur eitt besta dæmið um hvar tekist hefur að fækka þeim dögum sem Mýrdalssandur er lokaður vegna sandfoks. Einnig hefur verið gerð rannsókn á gagnsemi uppgræðsluaðgerða á Mýrdalssandi (Guðrún Gísladóttir og Eygerður Margrétardóttir, 2004).

Í þessari skýrslu er fjallað um helstu þætti sem áhrif hafa á sandfok og eiginleika þess, útbreiðslu sandfoks með Hringveginum og áhrif þess á umferð og umferðaröryggi. Leitað var upplýsinga um sandfokssvæði við Hringveginn, þau flokkuð m.t.t. umfangs og eðlis fokefna og færð inn í landfræðilegan upplýsingagrunn. Einnig eru gögnin flokkuð m.t.t. afleiðinga, s.s. á hvaða svæðum helst er hætt á að sandfok valdi skemmdum á ökutækjum, hvar gæti sandfok haft áhrif á skyggni eða vegsýn og hvar hætt á að sandur safnist á veginn. Markmið verkefnisins er að upplýsingar liggja fyrir um hvar sandfok getur haft neikvæð áhrif á umferðaröryggi á Hringveginum. Sú aðferðafræði sem beitt er í verkefninu við upplýsingaöflun og flokkun upplýsinga getur einnig nýst við sambærilega vinnu fyrir önnur vegsvæði.

Um er að ræða þróunarverkefni sem unnið var í samstarfi Vegagerðarinnar, Landbúnaðarháskóla Íslands og VSÓ Ráðgjafar. Verkefnishópurinn samanstóð af Svani G. Bjarnarsyni og Magnúsi Björnssyni frá Vegagerðinni, Fanneyju Ósk Gísladóttur frá Landbúnaðarháskóla Íslands og Birni H. Barkarsyni og Sigríði Dr. Jónsdóttur frá VSÓ Ráðgjöf. Verkefnið var styrkt af Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar og VSÓ Ráðgjöf.

2. Jarðvegsrof, sandfok/vindrof – helstu áhrifaþættir

Jarðvegsrof hefur verið skilgreint sem losun og flutningur yfirborðsefna sem hamlar eða getur hamlað vexti gróðurs eða komið í veg fyrir að gróður nemi land í yfirborði jarðvegs (Ólafur Arnalds o.fl., 1997). Jarðvegsrof má flokka í tvo meginþætti, losun jarðvegsagna og flutning þeirra s.s. með vatni og vindi.

Uppruni fokjarðvegs á oft rætur að rekja til jökla. Jöklar hafa skriðið fram og borið með sér sand og leir. Þeir hafa síðan hopað og skilið efnið eftir, ýmist í lónum eða á yfirborði jarðar. Hop jökla hefur í för með sér að sífellt kemur meiri sandur í ljós og m.t.t. hlýnunar loftslags má búast við auknu framboði af fokefni um langa framtíð (Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2005). Uppbörnuð jökullón hafa oft að geyma fínan jökulleir. Jökulár bera fram sand og leir sem sest á bakka og í lygnur, þornar þar og fýkur. Flóð í jökulám geta breitt út slíkt fokefni á stórum svæðum.

Sendið yfirborð hefur verið flokkað í þrennt, sanda, sandmela og sendin hraun (Ólafur Arnalds o.fl., 1997). Yfirborð sanda er yfirleitt þakið sandi sem er minni en 2 mm í þvermál. Þegar þekja steina og steinvala er komin yfir 5 – 15% er talað um sandmela.

Sandar eru algengir í jaðri jökla og jökuláa og einnig með ströndinni, einkum sunnanlands, þar sem framburður jökuláa hefur safnast upp. Sandmelar eru algengir á hálendinu þar sem jarðvegsrof hefur rofið burt gróðurþekju og sandur sest í svæðið. Steinar hafa síðan lyfst upp vegna frostverkana. Sendin hraun eru í nágrenni sandsvæða, þar sem er virkt vindrof og fokefnið hefur safnast fyrir í hrauni.

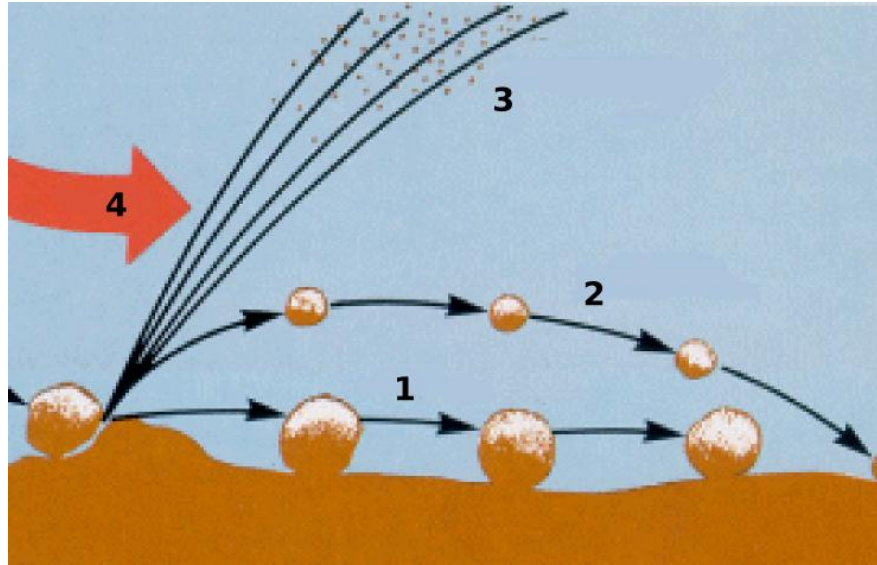
2.1 Áhrif vindhraða

Aðal áhrifavaldur vindrofs er vindhraði. Jarðvegskorn flytjast á þrjá vegu undan eða með vindi, með skriði, skoppi og svifi (mynd 1). Jarðvegskorn af stærðinni 0,05-1 mm lyftast tiltölulega auðveldlega frá yfirborðinu og eru flutt af vindi með svokallaðri skopp-hreyfingu (Bagnold, 1943; Chepil og Woodruff, 1963). Jarðvegskorn yfir 1 mm í þvermál berast gjarnan með skriðhreyfingum. Fínkornóttur jarðvegur, <0,05 mm, hefur mikið viðnám gagnvart vindi vegna rakaheldni og samloðunar korna og fer ógjarnan af stað nema til komi rask eins og frá skoppandi kornum. Þetta fína efni flyst með svifi og getur flust langar vegalengdir.

Í erlendum rannsóknum er gjarnan miðað við að jarðvegskorn stærri en 0,84 mm fjúki ekki. Hér á landi virðist þetta ekki eiga við m.a. vegna þess að hluti foksands hér á landi er vikur, sem er mjög léttur í sér (Ólafur Arnalds, 1998). Stærri jarðvegskorn geta því fokið við minni vindhraða.

Rofþröskuldur (e: threshold velocity) er mælikvarði á það við hvaða vindstyrk sandfok hefst (Ólafur Arnalds, 1998). Þessi vindhraði er mismunandi eftir aðstæðum en algengt er að fok jarðvegsagna eða sandfok hefjist við vindhraða á bilinu 5 – 11 m/s, mælt í 2 m hæð, háð yfirborði jarðvegs og veðurskilyrðum s.s. raka (Hjalti Sigurjónsson o.fl., 1999). Eftir að agnirnar eru komnar af stað þarf minni vindstyrk til að viðhalda fokinu. Þessi vindstyrkur en nefndur flæðiþröskuldur.

Til að gera sér grein fyrir magni þess efnis sem fýkur þá sýndu rannsóknir sunnan Langjökuls að í 15 m/s suðlægum rökum vindi fuku 650 kg yfir 1 m langa línu á klst (Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2005). Við 17 m/s var efnisflutningurinn kominn yfir 1.000 kg yfir 1 m línu á klst. Þannig geta efnisflutningar verið gríðarlega miklir í miklum stormum. Áætla má að í miðlungs sandstormi hér á landi séu efnisflutningar með skopp-hreyfingum 200-300 kg/m klst⁻¹ (Hjalti Sigurjónsson o.fl., 1999).



Mynd 1. Mismunandi hreyfingar jarðvegskorna við vindrof. 1: skriðhreyfing (creep/traction) stærstu jarðvegskorna, 2: skopp-hreyfing (saltation) korna á stærðabilinu 0,05-1 mm og 3: svif (suspension) smæstu jarðvegskornanna. 4: vindstefna (Mynd fengin á heimasíðu WERU: www.weru.ksu.edu/).

2.2 Fokefni

Kornastærð og samsetning hefur margþætt áhrif á það hversu rofgjarn jarðvegur er. Samloðun jarðvegskorna getur leitt til þess að nokkur jarðvegskorn loða saman og er þá eins og um eitt korn sé að ræða. Almennu hefur jarðvegur þar sem hlutfall korna af stærðinni 0,05-0,5 mm minnst viðnám gagnvart vindrofi. Þannig getur fínkornóttur jarðvegur haft meira viðnám gegn vindrofi en grófkornóttari jarðvegur vegna meiri samloðunar. Einnig heldur fínkornóttur jarðvegur betur raka. Jarðvegskorn af stærðinni 0,05-0,5 mm geta hins vegar raskað þessari samloðun þegar þau „stökkva“ af stað og þyrlla upp fína efninu.

Við vindrof aðgreinast jarðvegskorn eftir stærð. Fínefni þyrllast oft langar leiðir frá upptökum. Korn sem velta eftir yfirborðinu fara skemmst en korn sem stökkva berast lengra og komast yfir margar þær hindranir sem skriðefni stöðvast á. Þannig verður til mjög hreyfanlegt efni, áfoksjarðvegur, sem heldur illa í sér raka og hefur lítið viðnám gagnvart vindrofi. Það eru fyrst og fremst stökkkorn sem sverfa yfirborð, eyða gróðri og geta valdið skemmdum á bílum og mannvirkjum. Þessi aðskilnaður sem verður á jarðvegskornunum breytir því eðliseiginleikum jarðvegsins (Moursy o.fl., 2002).

2.3 Landslag og áferð yfirborðs

Hrjúfleiði yfirborðs hefur áhrif á jarðvegsrof þar sem mishæðir á yfirborði hafa áhrif á vindhraða við yfirborð. Ójöfnur s.s. grjót og gróður hafa áhrif á vindstreymi og draga úr rofi. Hrjúft yfirborð grípur jarðvegskorn og þau setjast í lægðir. Ef áfok heldur áfram jafnast yfirborðið smám saman út og myndar óstöðugt yfirborð. Á sléttu ógrónu landi er vindhraðinn meiri og jarðvegsrof verður meira. Hula á jarðvegsyfirborði, s.s. gróður, minnkar jarðvegsrof.

Landslag hefur margháttuð áhrif á vindstreymi og framrás fokefna. Halli á móti ríkjandi vindátt getur komið í veg fyrir eða tafið áfok og fjöll hafa áhrif á vindátt og vindrof. Niðurstöður rannsóknna á Íslandi hafa sýnt að 7-10% halli minnkar skrið og skopp jarðvegskorna og 10% halli stoppar framskrið jarðvegsefna (Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2005).

Landslag getur skýlt gróðri gegn jarðvegsrofi. Þannig er oft gróið í hlíðum sem eru í vari fyrir megin rofáttum vinds.

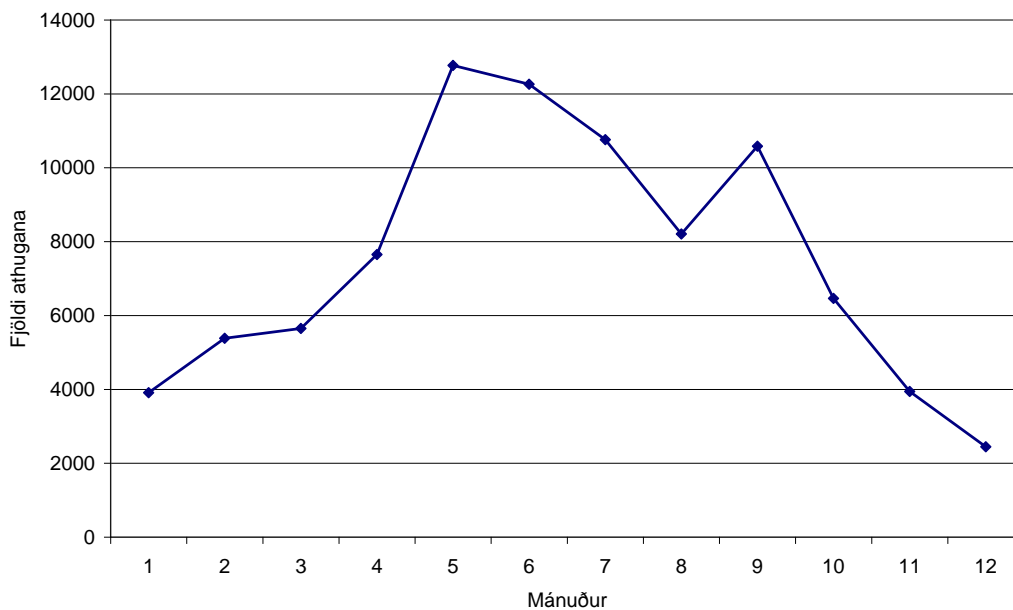
Í rannsókn sem gerð var sunnan Langjökuls kom fram að hrjúfleiði yfirborðs ásamt kornasamsetningu hafði áhrif á það við hvaða vindhraða jarðvegur byrjaði að fjúka (Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2005). Þar sem yfirborð var sléttast byrjaði jarðvegur að fjúka við 6,2 m/s, mælt í 2 m hæð. Eftir því sem yfirborðið var grófara þurfti meiri vind til að hreyfing jarðvegsagna hæfist. Þannig byrjaði jarðvegur að fjúka við 10,7 m/s á landi sem flokkað var með næst hrjúfast yfirborð.

2.4 Rakainnihald

Eins og kemur fram að ofan hefur rakainnihald áhrif á rofgirni jarðvegs. Eftir því sem raki er minni því auðrofnari er hann. Jarðvegur fýkur oftast í þurrum vindáttum en einnig hefur verið sýnt fram á að jarðvegsborn fjúka í rökum áttum ef vindhraði er nægur (Fanney Ósk Gísladóttir o.fl., 2005). Við íslenskar aðstæður er oft um að ræða eina meginvindátt sem orsakar jarðvegsrof en jarðvegur getur fokið fram og til baka um sama svæðið.

2.5 Árstími

Veðurathuganir Veðurstofunnar gera grein fyrir sandfoki og moldroki. Þær athuganir taka einkum mið af skyggni, hvort moldrok er mikið eða lítið og hvort það er vaxandi eða minnkandi (Veðurstofan, 2008). Þessar athuganir sýna einnig vindhraða. Erfitt er að álykta mikið út frá þessum gögnum en þau gefa vísbendingar um við hvaða vindhraða moldrok eða sandfok á sér stað vítt og breitt um landið, á hvaða veðurstöðvum, á hvaða árstíma og úr hvaða vindátt á hverri stöð.



Mynd 2. Fjöldi veðurathugana á árunum 1932 – 2008 sem sýna moldrok eða sandfok eftir mánuðum. Mánuður 1 er janúar, mánuður 2 febrúar o.s.frv. (Heimild: Veðurstofa Íslands).

Veðurathuganir á árabílinu 1932 og fram í júlí 2008 sem sýna moldrok eða sandfok eru við vindhraða á bilinu 0 - 45,3 m/s og meðaltal fyrir allar þessar athuganir er 12,6 m/s. Meðalvindhraði í því sem telst lítilsháttar eða miðlungs moldrok eða sandfok er 12,4 m/s. Meðalvindhraði í því sem telst mikið moldrok eða sandfok er 14,2 m/s.

Séu gögn Veðurstofunnar notuð til að meta hvenær ársins megi helst vænta moldroks eða sandfoks þá má sjá á mynd 2 að þess er helst að vænta í maí og júní eða í um 14% athugana í hvorum mánuði. Júlí og september fylgja síðan fast á eftir með um 12% athugana í hvorum mánuði. Þessi niðurstaða sýnir að vænta má moldroks eða sandfoks allan ársins hring.

3. Áhrif sandfoks á umferð á þjóðvegum

Sandfok á veg getur haft margþætt áhrif á umferð. Augljós og vel þekkt afleiðing sandfoks er að vegaköflum er lokað. Af því skapast umferðartafir um lengri eða skemmri tíma sem þýðir óþægindi fyrir einstaklinga og jafnvel beint fjárhagslegt tjón.

Í rannsókn Guðrúnar Gísladóttur og Eygerðar Margrétardóttur (2004) á gagnsemi uppgræðslu á Mýrdalssandi kom fram að á tímabilinu 1998-2002 var vegurinn um Mýrdalssand lokaður allt að 8 sinnum á ári. Árið 2003 var vegurinn aldrei lokaður og dregið hafði úr lokunum vegna uppgræðslu og stjórnunar vatnsrennslis í Blautukvísl. Að öðru leyti var ekki safnað gögnum um umferðartafir.

Eins og kemur fram í kafla 2.2 þá geta fjúkandi jarðvegskorn valdið tjóni á bílum og mannvirkjum. Dæmi um tjón á ökutækjum eru skemmdir á lakki og jafnvel rúðubrot. 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 en samkvæmt upplýsingum frá bílaleigum er ekki óalgengt að tjón verði á þeirra ökutækjum vegna sandfoks og er þá leigutaki bótaskyldur. Fræðsla til ökumanna og ekki síst ferðamanna sem þekkja lítt til íslenskra aðstæðna um þennan umferðaröryggisþátt er ekki síður mikilvæg í ljósi bótaskyldu.

Sandfok getur takmarkað skyggni og þannig aukið líkur á óhöppum vegna ákeyrslu eða útafaksturs. Í niðurstöðum þessa rannsóknaverkefnis kemur m.a. fram að á vissum vegaköflum eru dæmi um að skyggni skerðist verulega vegna sandfoks. Ekki er haldið utanum skráningu vegna slíkra óhappa með kerfisbundnum hætti.

Fokið getur úr opnum ökrum í nágrenni vega. Dæmi um þetta er þekkt í nágrenni Lyngáss í Rangárþingi ytra þar sem jarðvegur hefur fokið úr opnum kartöfluökum.

Sandur getur safnast á vegi og þannig myndað sandskafl sem birtist ökumönnum óvænt með tilheyrandi hættu á því að ökumaður missi stjórn á bifreið á svipaðan hátt og þegar ekið er inn í snjóskafli (Orion Ráðgjöf, 2004). Einnig er viðnám sands sem sest á vegi mun meira en hins eiginlega yfirborðs vegarins. Sandskaflar auka einnig kostnað vegviðhalds þar sem hreinsa þarf veginn, eins og við Markarfljótsbrú og við brýr á Skeiðarársandi.



Mynd 3. Sandur safnast á Hringveginn um Meleyri, vestan Breiðdalsvíkur (ljósm. Fanney Ósk Gísladóttir).

4. Sandfok á Hringveginn

Leitað var til núverandi og fyrrverandi starfsmanna Vegagerðarinnar varðandi upplýsingar um þá staði þar sem sandur fýkur á Hringveginn. Upplýsingar bárust frá Reyni Gunnarssyni, rekstrarstjóra Vegagerðarinnar á Höfn, Bjarna Jóni Finnssyni, rekstrarstjóra Vegagerðarinnar í Vík, Braga Benediktssyni, fyrrum vegaeftirlitsmanni á Grímsstöðum á Fjöllum og Steinþóri Björnssyni, þjónustustjóra Vegagerðarinnar á Reyðarfirði. Einnig var leitað til starfsmanna Landgræðslu ríkisins.

4.1 Flokkun sandfokssvæða

Sandfokssvæðin voru afmörkuð á útprentuðum loftmyndum og tilgreindar upplýsingar um þau sem fyllt voru inn í töflu (tafla 1).

Tíðni sandfoks var metin sem fjöldi tilvika á ári sem sandfok getur valdið skemmdum á ökutækjum og/eða haft áhrif á skyggni eða vegsýn vegfarenda.

Umfang sandfoks er umfang foksvæðis, hvort fýkur bara í hvössustu hviðum og/eða hvort sandfokið getur varað lengi, t.d. dögum saman.

Grófleiki korna er flokkaður í þrjá flokka og er miðað við að þeir standi fyrir þrjár meginhreyfingar fokefnisins, svif, skopphreyfingar og skrið:

1. Fínkorna agnir sem fjúka hátt og í litlum vindi (moldarmökkur, jökulleir eða fint ryk). Getur hamlað skyggni en veldur litlum eða engum skemmdum. Jarðvegskorn $< 0,05$ mm.
2. Fínn sandur. Getur hamlað skyggni og valdið nokkrum skemmdum á ökutækjum. Jarðvegskorn $0,05 - 1$ mm.
3. Grófur sandur, jafnvel smásteinar. Hefur lítil áhrif á skyggni en getur valdið miklum skemmdum á ökutækjum. Jarðvegskorn > 1 mm.

Loks voru tilgreindar helstu vindáttir sem valda sandfoki á viðkomandi stað.

Tafla 1. Tafla sem notuð var til að safna upplýsingum um sandfokssvæði á Hringveginum.

Nr.	Heiti svæðis	Tíðni sandfoks	Umfang	Grófleiki korna	Algengasta vindátt sandfoks
				1. Mold, leir eða ryk	
				2. Fínn sandur	
				3. Grófur sandur	
Athugasemdir					

Niðurstöðurnar voru flokkaðar enn frekar eftir að upplýsingar um sandfokssvæðin lágu fyrir (sjá viðauka 1):

1. Tíðni, skipti á ári: < 10 , $10-20$ og > 20
2. Eðli foks
 - a. Renningur: þar sem sandkorn skoppa eða skriða yfir veginn. Oftast fint fokefni eða fínn sandur.
 - b. Hviðufok: þar sem fokefnið berst inn á veginn í hvössum vindhviðum. Oftast gróft fokefni.
 - c. Renningur/hviður: þar sem fokefnið er blandað.

Áhrif sandfoks á hverju svæði voru greind út frá fyrirliggjandi upplýsingum og svæðunum gefin einkunn, + eða ++, eftir því hversu miklar líkur væru á að sandfokið hefði áhrif á umferðaröryggi. Áhrif á umferðaröryggi geta falist í áhrifum á skyggni eða vegsýn, hættu á skemmdum á ökutæki og myndun sandskafla á vegi.

1. Áhrif á skyggni: Svæðið fær + þar sem litlar líkur eru á að fokið hafi áhrif á skyggni og ++ þar sem talsverðar eða miklar líkur eru á að fokið hafi neikvæð áhrif á skyggni.
2. Hætta á skemmdum: Svæðið fær + þar sem litlar líkur eru á að fok skemmi ökutæki og ++ þar talsverðar eða miklar líkur eru á að skemmdir geti orðið á ökutækjum.
3. Skaflamyndun: Svæðið fær + þar sem litlar líkur eru á að sandur safnist á veginn og ++ þar sem talsverðar eða miklar líkur eru á að sandur safnist á veginn.

4.2 Niðurstöður

Alls eru 21 svæði á Hringveginum þar sem sandur fýkur inn á veginn (tafla 2 og mynd 4). Niðurstöðurnar sýna að sandfok er einkum bundið við gróðurlítill svæði á öræfum landsins s.s. Möðrudals- og Mývatnsöræfum, svæði þar sem Hringvegurinn liggur með ströndinni s.s. við Breiðdalsvík og við brýr yfir jökulár. Alls ná afmörkuð sandfokssvæði til tæplega 50 km af Hringveginum. Afmörkun svæðanna þar sem tvö svæði liggja saman skýrist af mismunandi aðstæðum s.s. fokefni eða landfræðilegum aðstæðum. Sjá má afmörkun sandfokssvæða á loftmyndum í viðauka 1.

4.2.1 Suðursvæði

Hringvegurinn á Suðursvæði nær frá sýslumörkum Árnessýslu og Gullbringu- og Kjósarsýslu að sýslumörkum Austur Skaftafellssýslu og Suður Múlasýslu.

Sandfokssvæði á þeim kafla Hringvegarins sem tilheyrir Suðursvæðinu eru á kaflanum frá Markarfljóti að Hvalnesskriðum. Þau einkennast af því að vera flest við brýr yfir jökulár eins og við Jökulsá í Lóni, Núpsvötn, Múlakvísl, Skeiðará og Sandgígjukvísl. Auk þess eru sandfokssvæði á Hvaldalssandi, undir Lómagnúpi, við Árkvísar og á Mýrdalssandi.

Sandfok á Suðursvæðinu er algengast á Hvaldalssandi í nágrenni Hvalnesskriða og við Sandgígjukvísl, yfir 20 sinnum á ári. Hviðufok, sem er líklegra til að valda alvarlegum skemmdum á farartækjum, er líklegast undir Lómagnúp en einnig er talsverð hætta á skemmdum á Hvaldalssandi og við Sandgígjukvísl. Hætta á að sandur safnist á veginn er einkum við Markarfljót, Núpsvötn, Sandgígjukvísl og við Skeiðarárbú. Við Núpsvötn hefur slíkum tilvikum fækkað vegna uppgræðslu. Algengustu fokáttir á Suðursvæðinu eru norðlægar áttir en á Hvaldalssandi og austast á Mýrdalssandi valda suðlægar áttir sandfoki.

4.2.2 Norðaustursvæði

Hringvegurinn á Norðaustursvæði nær frá sýslumörkum Austur Skaftafellssýslu og Suður Múlasýslu að sýslumörkum Eyjafjarðarsýslu og Skagafjarðarsýslu.

Sandfokssvæði innan Norðaustursvæðisins eru einkum bundin við Möðrudals- og Mývatnsöræfi. Sandfok er algengast á svæði vestan Jökulsár á Fjöllum, á Biskupshálsi og á Meleyri við Breiðdalsvík. Mest hætta er á hviðufoki á kafla frá Þröng að Skarösa við Vegaskarð og allt að vegamótum að Möðrudal. Á þessum svæðum er mest hætta á skemmdum á bílum. Á kaflanum um Grjót getur skyggni orðið mjög takmarkað eða allt niður í um 100 m. Á Meleyri getur blautur sandur fokið inn á veginn og myndað þar sandskafla. Sandskaflar geta einnig myndast á veginum vestan Jökulsár á Fjöllum. Algengustu fokáttir á Norðaustursvæðinu eru suðlægar áttir, utan kaflans á Meleyri en þar eru suðaustan og austanáttir algengustu fokáttir.

Tafla 2. Yfirlit yfir svæði við Hringveginn þar sem sandfok á sér stað.

Heiti svæðis	Fjöldi tilvika sandfoks á ári	Eðli sandfoks	Fokefni (þvermál mm)	Helstu vindáttir sandfoks
Núpsvötn	10-20	Renningur	0,05-1	NA, N
Undir Lómagnúp	10-20	Hviðufok	>1	N, NA
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
Markarfljótsbrú	10-20	Renningur	0,05-1	N, NA
Grjót	10-20	Renningur	<0,05; 0,05-1;>1	S, SV
Jökulsá á Fjöllum	10-20	Renningur/ hviður	<0,05; 0,05-1; >1	S, SV
Biskupsháls	10-20	Renningur/ hviður	<0,05; 0,05-1	S, SV
Víðidalur (Biskupsh.-Víðidalsá)	<10	Renningur	<0,05;>1	SSV
Víðidalur (Víðidalsá-Þröng)	<10	Renningur	<0,05; 0,05-1;>1	SSV
Víðidalur (Þröng-Skarðsá)	<10	Hviðufok	<0,05; 0,05-1	SSV
Möðrudalur (Skarðsá-vegamót)	<10	Hviðufok	<0,05; 0,05-1; >1	S
Möðrudalur (Vegamót-Langidalur)	<10	Renningur	<0,05; 0,05-1	S
Meleyri við Breiðdalsvík	10-20	Renningur	0,05-1	A, SA, V
Hvaldalssandur	>20	Hviðufok	>1	SV, N, NV
Jökulsá í Lóni	10-20	Renningur	<0,05	N, NV
Skeiðarárbrú, austan ár	10-20	Renningur	<0,05; 0,05-1	N, NA
Skeiðarárbrú, vestan ár	10-20	Renningur	<0,05; 0,05-1	N, NA
Sandgígjukvísl	>20	Renningur	<0,05; 0,05-1	N, NA

4.2.3 Norðvestursvæði

Hringvegurinn á Norðvestursvæði nær frá sýslumörkum Eyjafjarðarsýslu og Skagafjarðarsýslu að nyrðri enda Hvalfjarðarganga.

Samkvæmt heimildum Vegagerðarmanna er ekki um að ræða sandfok á Hringveginn á þessu svæði.

4.2.4 Áhrif sandfoks á umferðaröryggi

Mat á áhrifum sandfoks á hverju svæði á umferðaröryggi er unnið út frá gögnum sem safnað var í rannsókninni. Lagt var mat á hættu á skemmdum á ökutækjum, áhrif á skyggni eða vegsýn og loks hvort hætta væri á skaflamyndun á vegi. Hættumat byggðist á því hvernig fokefni var um að ræða og hvers eðlis fokið væri og ekki síst á upplýsingum frá staðkunnugum. Gott samræmi reyndist vera á milli þessara upplýsinga.

Þar sem fokefni er gróft, >1 mm, og einkum er um að ræða hviðufok eru nokkrar eða miklar líkur á skemmdum á ökutækjum. Foksvæði undir Lómagnúp, á Biskupshálsi, Möðrudal við Skarðsá og Hvaldalssandur eru dæmi um slík svæði.

Neikvæð áhrif á skyggni eða vegsýn verða einkum á svæðum þar sem um er að ræða fínt fokefni. Þetta á einkum við þar sem sífelld endurnýjun verður á fokefni s.s. við jökulámar. Gróður og uppgræðsla virðast draga mjög úr þessum áhrifum.

Skaflamyndun á vegi virðist einkum eiga sér stað við brýrnar. Bæði getur það stafað af eðli fokefnisins, sem er einkum efni sem hreyfist með skopphreyfingum, 0,05-1 mm og veghönnuninni. Oft eru vegfláar mjög brattir við brýrnar og auk þess fyrirstaða í formi vegriða.

Tafla 3. Flokkun sandfokssvæða á Hringveginum m.t.t. afleiðinga og áhrifa á umferðaröryggi. Svæði þar sem teljast vera nokkrar eða talsverðar líkur á áhrifum eru rauðleit. Tilgreint er hvar er unnið að uppgræðslu til að stemma stigu við sandfoki.

Heiti	Áhrif á skyggni/vegsýn	Hætta á skemmdum á ökutækjum	Skaflamyndun á vegi	Unnið að uppgræðslu
Núpsvötn	+	+	++	Já
Undir Lómagnúp	+	++	+	Já
Árkvíslar - Brestur	++	+	+	-
Mýrdalssandur 3	+	+	+	Já
Mýrdalssandur 2 - milli Dýralækja og Blautukvíslar	+	+	+	Já
Mýrdalssandur 1 - Múlakvísl	+	+	+	Já
Markarfljótsbrú	+	+	++	Já
Griót	++	+	+	-
Jökulsá á Fjöllum	++	++	++	-
Biskupsháls	+	++	+	Já
Víðidalur (Biskupsh.-Víðidalsá)	+	+	+	Já
Víðidalur (Víðidalsá-Þróng)	+	+	+	Já
Víðidalur (Þróng-Skarðsá)	+	++	+	Já
Möðrudalur (Skarðsá-vegamót)	+	++	+	Já
Möðrudalur (Vegamót-Langidalur)	+	+	+	-
Meleyri við Breiðdalsvík	+	+	++	-
Hvaldalssandur	+	++	+	-
Jökulsá í Lóni	++	+	+	-
Skeiðarárbrú, austan ár	++	++	++	-
Skeiðarárbrú, vestan ár	++	++	++	-
Sandgígjukvísl	++	++	++	Já

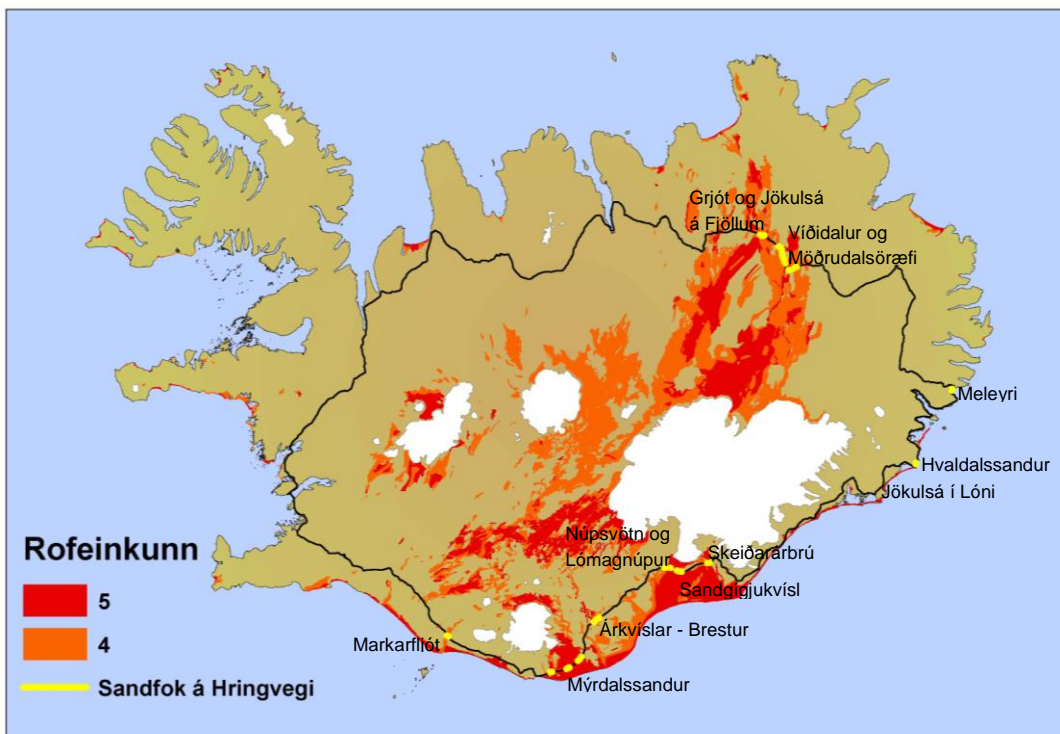
+: Litlar eða engar líkur

++: Nokkrar eða talsverðar líkur

4.2.5 Samanburður við eldri gögn

Niðurstöður rannsókna Rannsóknastofnunar landbúnaðarins (Rala) og Landgræðslu ríkisins (Lr) á jarðvegsrofi á Íslandi (Ólafur Arnalds o.fl., 1997) voru lauslega bornar saman við kortlagningu á sandfoki á Hringveginnum. Kannað var hversu mikið jarðvegsrof skv. kortlagningu Rala og Lr var á þeim svæðum þar sem sandfok reyndist vera á Hringveginnum.

Jarðvegsrofi er gefin einkunn á bilinu 0-5 eftir því hversu hraðfara það er (Ólafur Arnalds o.fl., 1997). Einkunn 5 er mjög mikið jarðvegsrof, einkunn 4 er mikið jarðvegsrof en rofeinkunn 3 er talsvert jarðvegsrof (mynd 4).



Mynd 4. Sandfokssvæði á Hringveginum og jarðvegsrof. Rauð og appelsínugul svæði sýna hvar mikið (4) eða mjög mikið (5) jarðvegsrof er á landinu (Ólafur Arnalds o.fl. 1997). Svört lína sýnir Hringveginn og gul svæði sýna hvar sandfok á sér stað.

Þessi samanburður sýnir að á flestum svæðum var mikið eða mjög mikið jarðvegsrof fyrir 10 árum síðan (mynd 4). Undir Lómagnúp og við Jökulsá í Lóni er talsvert jarðvegsrof. Algengast er að fokefnið komi af sandi eða sandmel en einnig af melum, úr sendnum hraunum, úr skriðum, rofabörðum og áfoksgeirum. Samkvæmt þessum niðurstöðum þarf ekki að koma á óvart að á þessum svæðum sé fokefni til staðar. Niðurstöður kortlagningar sandfokssvæða við Hringveginn eru í samræmi við fyrrgreint rofkort (mynd 4).

5. Umræður

Þegar litið er á niðurstöður verkefnisins blasir við að það er einkum þrennt sem einkennir svæði þar sem sandfok er á Hringveginn:

1. Vegurinn liggur um lítt eða ógróin sandsvæði þar sem mikið eða mjög mikið jarðvegsrof er til staðar (mynd 4). Dæmi um þetta eru Mývatns- og Möðrudalsöræfi og Mýrdalssandur (myndir 14 og 15).
2. Vegurinn liggur yfir jökulár þar sem mikill framburður er af fínu efni sem sest til nálægt brúnum og fýkur þegar það þornar eins og við jökulárnar á Suðurlandi.
3. Vegurinn liggur um eða nærri sjávarsandi sem getur fokið inn á veginn við vissar aðstæður eins og á Malareyri við Breiðdalsvík.

Til að minnka eða koma í veg fyrir tjón af völdum sandfoks á vegi hafa ýmsar leiðir verið reyndar. Hér á landi er uppgræðsla með harðgerðum plöntutegundum hvað best þekkt en erlendis hafa fjölmargar aðferðir verið reyndar. Má þar nefna að þekja og binda sand með bindiefnum, stöðva hann með hindrunum eins og foggirðingum og einnig með uppgræðslu og skógrækt (Zhiwen o.fl., 2003).

5.1 Val á nýjum vegstæðum

Við val á nýjum vegstæðum er eðlilegt að líta til þess hvort hætta verði á sandfoki. Eins og kemur fram í umfjöllun í 2. kafla þá eru fjölmargir þættir sem hafa áhrif á sandfok og afleiðingar þess. Ólafur Arnalds (1998) gerir grein fyrir mögulegri þróun sandsvæða þar sem sandur fýkur um á ógrónu eða lítt grónu landi og að sú þróun sé meðal annars háð eftirfarandi atriðum:

- Framboði á nýjum fokefnum.
- Einkennum landsins. Sumar landgerðir geta bundið mikið magn af sandi s.s. hraun. Yfirborð myndar því mismikla mótstöðu gegn foki.
- Veðurfari. Þurrir stormar auka hættu á foki eins og sést glögggt í suðvestlægum vindum á Norðausturlandi og norðlægum vindum á Suðurlandi. Landslag mótar líka veðurfar. Þannig geta vindstrengir með fjöllum borið mikinn sand.
- Vatnsrennsli. Vatn flytur sand til og safnar honum í lægðir þar sem straumhraði minnkar. Þar getur vindur tekið efnið þegar það þornar.
- Kornastærð og eðli sandsins. Eftir því sem kornastærð er einsleitari og kornin eru eðlisléttari, því meiri hætta er á sandfoki.

Æskilegt væri að þróa gátlista sem ber að taka til skoðunar við val á vegstæðum og sem mætti nýta við áhættugreiningu fyrir ný vegstæði. Með því móti væri hægt að meta hvort slík hætta væri til staðar og draga úr þeirri áhættu á viðkomandi vegstæði. Meðal þeirra þátta sem þarf að líta til eru ofangreindir þættir og einnig hvaða afleiðingar það getur haft á umferðaröryggi að leggja veg um svæði þar sem hætta er á sandfoki.

Þau gögn sem liggja fyrir úr kortlagningu á jarðvegsrofi 1997 gefa vísbendingu um hvort hætta sé á jarðvegsrofi. Því væri mögulegt að nýta þau til að greina t.d. ný vegstæði. Hins vegar eru þessi gögn niðurstöður kortlagningar í mælikvarðanum 1:100.000 og gefa því aðeins hugmynd um helstu drætti innan hvers svæðis. Auk þess eru þau komin nokkuð til ára sinna og víða gæti því verið ástæða til að kortleggja svæði á nýjan leik og af meiri nákvæmni m.t.t. þessa þáttar.

Gögn um jarðvegsrof þarf að skoða út frá upplýsingum um veðurfar, hvað eru ríkjandi þurrar áttir og hvort líkur eru á vindhviðum. Með þessu mætti leggja mat á hættuna á sandfoki fyrir hvert nýtt vegstæði.

5.2 Veghönnun

Veghönnun gæti haft áhrif á hversu greiðlega sandur kemst upp á vegi og eins hvort sandur stöðvast á vegi. Þannig virðist 7-10% halli geta hægt á og hindrað fokefni í að komast upp á veg sbr. kafli 2.3. Á það ber hins vegar að líta að þar með gæti sandur og annað fokefni safnast smám saman upp í vegfláann.

Sé tekið mið af snjósöfnun á vegum þá getur þverhalli vegar haft töluvert að segja um snjósöfnun á veg og skiptir þá máli samspil þverhalla vegar og halli vegfláa. Þetta má sjá víða á vegum í beygjum þar sem þverhalli er í hámarki inni í beygjunni. Til þess að sporna við skaflamyndun af þessum sökum þarf að fletja út vegfláa á leið inn í beygjuna og í beygjunni sjálfri (Orion Ráðgjöf, 2007). Það kemur heim og saman við reynslu Braga Benediktssonar, sem var lengi vegaeftirlitsmaður á Mývatnsöræfum og Hólsfjöllum (Bragi Benediktsson, munnl. heimildir). Hann telur beygjur á vegum safna frekar sandi á veginum. Einnig virðast brattir vegfláar vera frekar til þess fallnir að safna sandi á vegi en flatir fláar.



Mynd 5. Sandskafi að myndast við Markarfljótsbrú (Ljósm. Gylfi Júlíusson).

Talsverð hætta virðist á sandfoki þar sem brýr liggja yfir jökulár. Framburður ána sest til nálægt brúnum í lygnum, þornar þar og fýkur síðan. Oft virðist um mjög fínt efni að ræða sem fýkur í litlum vindi. Við það geta myndast aðstæður sem takmarka skyggni og sandur getur sest á veginn (mynd 5). Ekki er ólíklegt að þessi tilvik tengist einnig gerð varnargarða með þessum sömu ám, sem varna eiga landbroti og að tjón verði á veginum vegna flóða. Þessir varnargarðar geta skapað aðstæður þar sem lygnur myndast og fokefni safnast sífellt upp.

Ekki verða settar fram leiðbeiningar á sviði veghönnunar í þessari skýrslu en bent á ofangreind atriði til að hafa í huga við veghönnun á svæðum þar sem hætta er á sandfoki.

5.3 Uppgræðsla

Vegagerðin hefur í gegnum tíðina varið fjármunum til heftingar á sandfoki og yfirleitt í samráði, samstarfi og kostnaðarþátttöku Landgræðslu ríkisins (Sveinn Runólfsson, munnl. heimildir). Dæmi um slík svæði eru Mýrdalssandur, við brýrnar yfir Markarfljót og Núpsvötn og á Mývatns- og Möðrudalsöræfum. Einnig hafa vegfarendur notið góðs af öðru uppgæðslustarfi í gegnum tíðina við mörg vegsvæði sem ekki eru við hringveginn þar sem ríki og aðrir hafa unnið slíkt starf þó því hafi e.t.v. ekki verið gagnert ætlað að hamla sandfoki á vegi.



Mynd 6. Séð austur yfir uppgræðslusvæði með Hringveginum yfir Mýrdalssand. Hægra megin glittir í Hjörleifshöfða (Ljós. Kjartan Sigurðsson).

Uppgræðsla stendur nú yfir meðfram vegstæði Suðurstrandarvegur þar sem hann liggur um Hafnarsand vesta Þorlákshafnar og er það dæmi um aðgerð sem koma á í veg fyrir fok á nýjan veg. Einnig stendur yfir uppgræðsla í nágrenni nýrrar hafnar og vegar í Bakkafjöru í A-Landeyjum, sem á að koma í veg fyrir fok á veg, farartæki og hafnarmannvirki.





Mynd 7. Uppgræðsla með sáningu grasfræs með Hringveginum við Vegaskarð á Möðrudalsöræfum (Ljós. Auður Magnúsdóttir).

Uppgræðsla er þannig valkostur þar sem nauðsynlegt þykir að leggja vegi um svæði þar sem fok jarðvegsefna er áhættuþáttur. Þar sem uppgræðsla er langtímaverkefni þá þarf að gera ráð fyrir að það taki tíma að hefta fok einkum þar sem mikið er um fokefni og aðstæður til uppgræðslu eru erfiðar.

5.4 Upplýsingar og fræðsla til vegfarenda

Vegfarendur hafa ekki margar leiðir til að verða sér úti um upplýsingar um hættu á sandfoki. Í veðurspám Veðurstofunnar er varað við sandfoki en samkvæmt heimildum frá Veðurstofunni (Trausti Jónsson, munnl. heimildir) eru ekki í gildi formlegar reglur um hvenær eða við hvaða aðstæður Veðurstofan spáir fyrir um moldrok eða sandfok. Oft er þó miðað við að ef þurrir hefur verið í langan tíma þá geti þurrir vindar með vindhraða yfir 15 m/s valdið moldroki á þeim svæðum þar sem slíkt er algengt.

Á vefsíðu Vegagerðarinnar er varað við sandfoki í tilkynningum um færð og ástand og byggja þær viðvaranir á upplýsingum frá þjónustumiðstöðvum. Á landfræðilegu upplýsingakerfi á vefsíðunni er hins vegar ekki gert ráð fyrir að sandfok sé sérstaklega merkt á korti (sjá mynd 8). Þau gögn sem hefur verið safnað í þessu verkefni geta nýst til að vara við slíkum aðstæðum.

	Greiðfært		Óveður
	Hálkublettir		Snjócoma
	Hált		Skafrenningur
	Flughált		Stórhrið
	Krap/snjór		Éljagangur
	Þæfingur		Þoka
	Þungfært		Opnun
	Ófært		Fært fjallabílum
	Allur akstur bannaður		Ekki vitað

Mynd 8. Tákn og skýringar af upplýsingavef Vegagerðarinnar, vegagerdin.is.

Á þjónustustöðvum og svæðisstöðvum Vegagerðarinnar starfar fólk sem býr yfir mikilli þekkingu á því hvar og við hvaða aðstæður er helst að vænta sandfoks á þjóðvegum landsins. Best er að nýta þá þekkingu til að koma upplýsingum á framfæri. Hins vegar eru svæði fjarri byggð sem erfitt getur verið að fylgjast með og segja fyrir um hvort sandfok á sér stað.

Ferðamenn sem þekkja lítt til íslenskra aðstæðna eru vafalítið í hvað mestri hættu að lenda í tjóni af völdum sandfoks. Fræðsla um þennan þátt umferðaröryggis á heima meðal þeirra upplýsinga sem ferðamenn fá um akstur á íslenskum vegum.

5.5 Sandfok á vegum utan Hringvegarins

Þessi rannsókn nær eingöngu til Hringvegarins en aðrir vegir liggja margir hverjir um svæði þar sem sandfok geisar reglulega. Nýlegt dæmi er sandfok við Óseyrarbrú yfir Ölfusá. Fjölmargir vegir á hálendi landsins liggja um ógróin svæði s.s. Sprengisandsleið og Kjalvegur. Vegir með sjávarsíðunni eru einnig í áhættu vegna sandfoks frá ströndinni t.d. um Garðssand í Skagafirði og fyrirhugað vegsvæði við Suðurstrandarveg. Ennfremur er iðulega sandfok á vegi í Sauðlauksdal, í Meðallandi og víðar (Sveinn Runólfsson, munnl. heimildir).

Í umræðum um að stytta vegalengdir á milli landshluta er ekki óalgengt að lagt sé til að leggja vegi um lítt gróin öræfi t.a.m. Stórasand, eða bæta núverandi vegi yfir Kjöl og Sprengisand. Ljóst er að víða á hálendinu eru víðfeðm svæði þar sem sandfok og/eða moldrok geisa reglulega og geta því verið umtalsverður áhættuþáttur við lagningu slíkra vega. Eins getur veðurhæð verið ólíkt meiri en á láglandi.

Ljóst er að hvergi liggja á einum stað upplýsingar um umfang sandfoks á vegi landsins eða það tjón sem það veldur. Sú aðferðafræði sem beitt hefur verið í þessu verkefni við söfnun upplýsinga og mat á hættu sem stafa kann af sandfoki getur nýst fyrir önnur svæði. Upplýsingar um umfang viðfangsefnisins eru forsenda þess að hægt sé að leggja mat á hvort bregðast þurfi við á einhvern hátt.

Niðurstöður þessarar rannsóknar sýna að sandfok hefur neikvæð áhrif á umferðaröryggi með Hringveginum með því að takmarka skyggni og með því að sandur sest á vegi. Auk þess getur sandfok valdið umtalsverðum skemmdum á bílum. Fræðsla til vegfarenda, ekki síst ferðamanna, um þennan þátt umferðaröryggis hefur ekki farið hátt og er e.t.v. ástæða til að bæta þar úr. Ekki eru til upplýsingar um það tjón sem verður vegna sandfoks eða hversu umfangsmikið vandamál sandfok er á öðrum vegum landsins. Hönnun vega, brúa og varnargarða eru allt þættir sem geta haft áhrif á hvort sandfok verður og hver áhrif þess eru. Víða er hægt að vinna gegn sandfoki með uppgræðslu og að sama skapi er víða unnt að taka tillit til hættu á sandfoki við val á vegstæðum.

6. Heimildir

Bagnold, R. A.: 1943, *The Physics of Blown Sand and Desert Dunes*, Methuen, London.

Chepil, W.S. og N.P. Woodruff, 1963. *The physics of wind erosion and its control. Advances in Agronomy*, 15: 211-302.

Fanney Ósk Gísladóttir, 2000. *Umhverfisbreytingar og vindrof sunnan Langjökuls*. Meistaraprófsritgerð við Háskóla Íslands. 105 s.

Fanney Ósk Gísladóttir, Ólafur Arnalds and Guðrún Gísladóttir, 2005. *The effect of landscape and retreating glaciers on wind erosion in South Iceland*. Land Degrad. Develop. 16: bls. 177–187.

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

Hjalti Sigurjónsson, Fanney Gísladóttir and Ólafur Arnalds, 1999. *Measurements of eolian processes on sandy surfaces in Iceland*. Fjölrit Rala 201. Rannsóknastofnun landbúnaðarins.

Moursy, F.I., E.I. Gaber and M. Samak, 2002. Sand drift potential in El-Khanka area, Egypt. *Water, Air, and Soil Pollution* 136: 225–242.

Oddur Sigurðsson, Fanney Ósk Gísladóttir og Sigmar Metúsalemsson, 2001. *Norðlingaöldulón, vindrof*. Unnið fyrir Landsvirkjun af VSÓ Ráðgjöf. 115 bls.

Orion Ráðgjöf ehf, 2004. *Skafrenningur og staðbundin skaflamyndun*. Verkefni fjármagnað af Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar. 32 bls.

Orion Ráðgjöf ehf, 2007. *Snjóhönnun vega*. Handbók. 21 bls.

Ólafur Arnalds, 1998. *Sandur – sandfok*. Græðum Ísland: Árbók Landgræðslunnar. Árgangur 1995-1997. bls. 69-82.

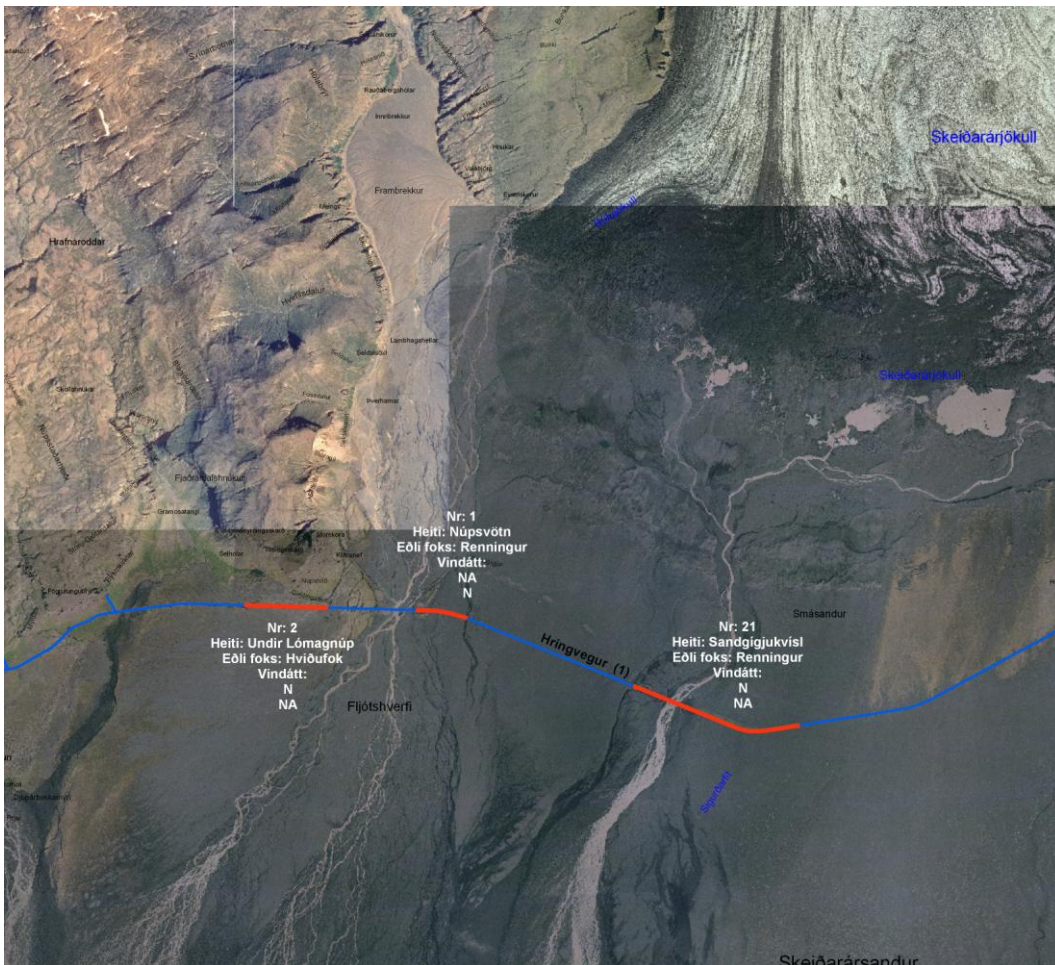
Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Árnason, 1997. *Jarðvegsrof á Íslandi*. Landgræðsla ríkisins og Rannsóknastofnun landbúnaðarins. 157 bls.

Veðurstofan, 2008. *Veðurathuganir sem sýna moldrok eða sandfok*.

Zhiwen H., WANG T., SUN Q., DONG Z. and, WANG X., 2003. *Sand harm in Taklimakan Desert highway and sand control*. *Journal of Geographical Sciences* 13, 1 (2003) 45-53 ISSN: 1009-637X.

7. Viðauki 1. Yfirlitsmyndir af sandfokssvæðum

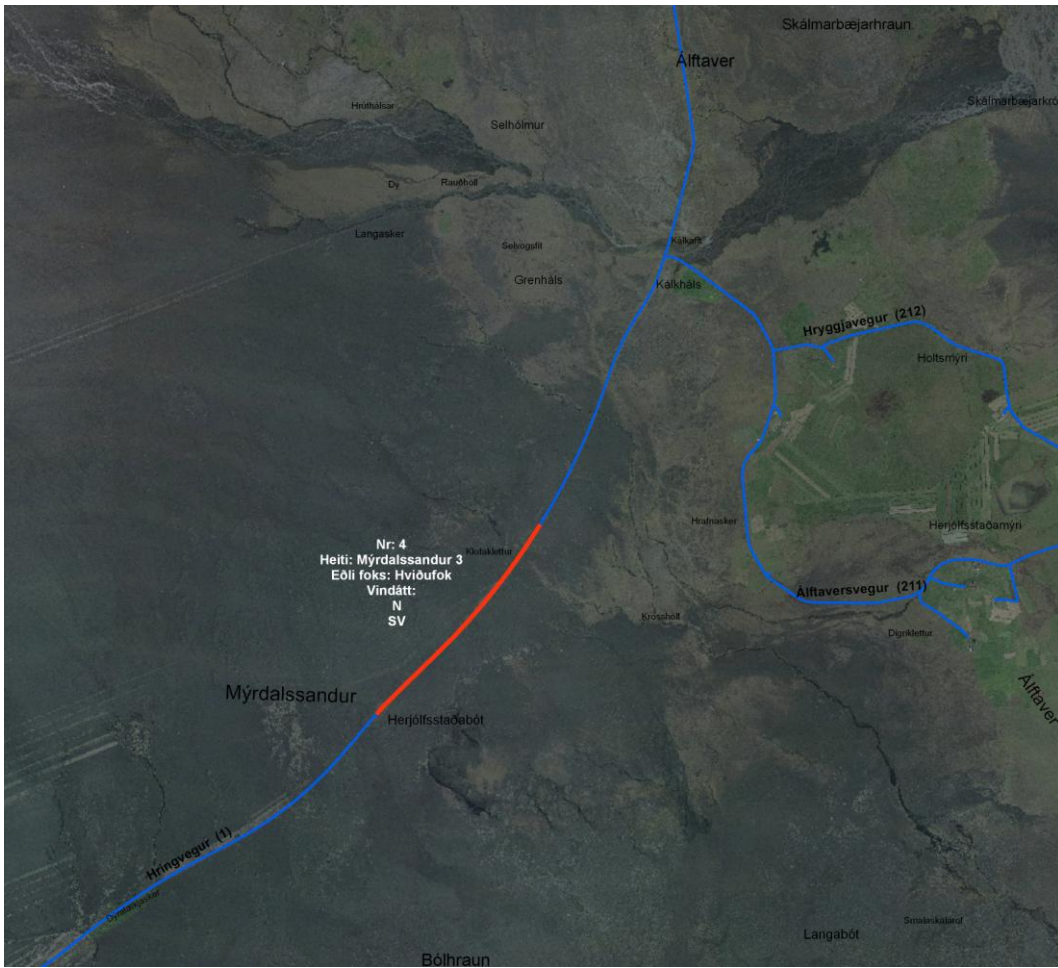
Hér á eftir eru myndir sem sýna legu sandfokssvæða á Hringveginum þar sem Hringvegurinn og vegakerfið er sýnt með blátri línu en afmörkun sandfokssvæða með rauðri línu. Einnig eru við hvert svæði sýnt númer og heiti svæðisins, eðli foks og algengustu fokáttir. Loftmyndir eru frá Loftmyndum ehf og örnefni koma frá Landmælingum Íslands. Myndirnar eru unnar af Hersi Gíslasyni hjá Vegagerðinni.



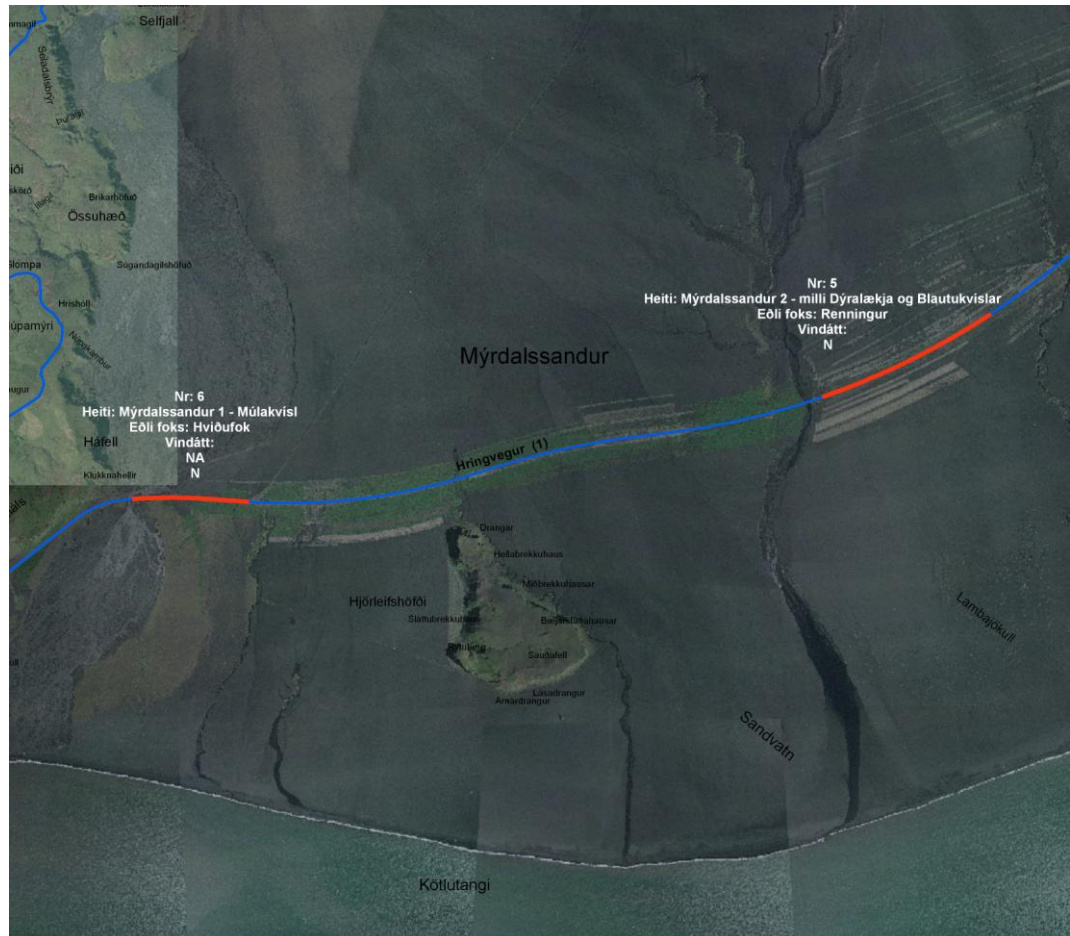
Mynd 9. Sandfokssvæði 1 við Núpsvötn, svæði 2 við Lómagnúp í V-Skaftafellssýslu og svæði númer 21 við Sandgjúkvisl í A-Skaftafellssýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



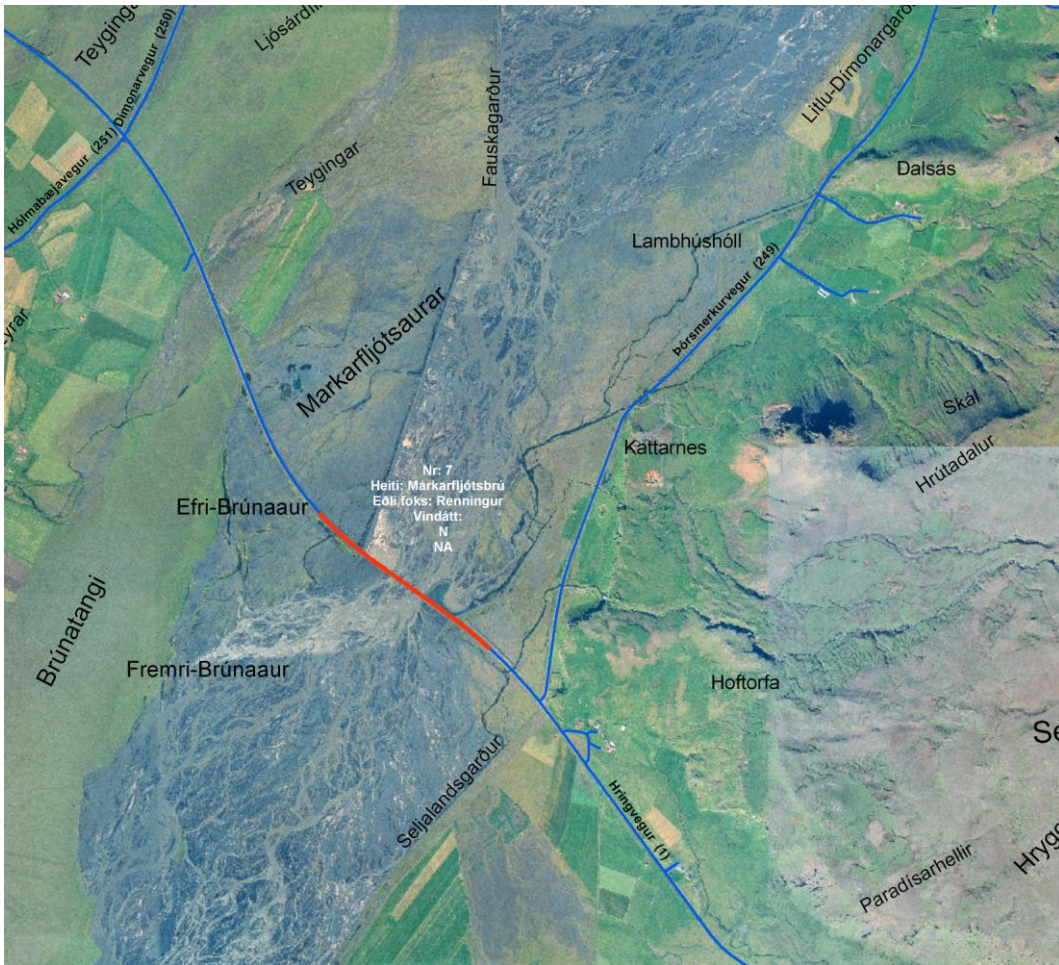
Mynd 10. Sandfokssvæði nr. 3 við Árkvislar og Brest í V-Skaftafellssýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



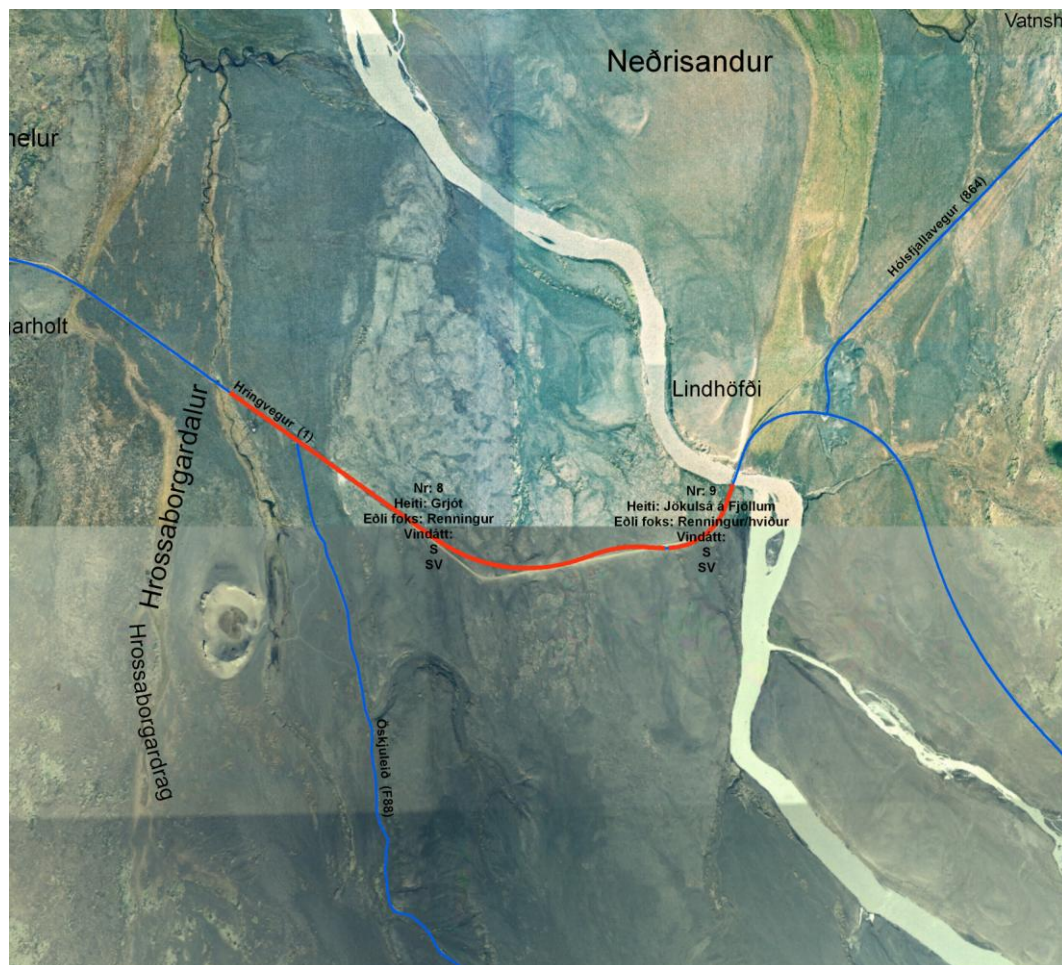
Mynd 11. Sandfokssvæði nr. 4 austast á Myrdalssandi í V-Skaftafellssýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



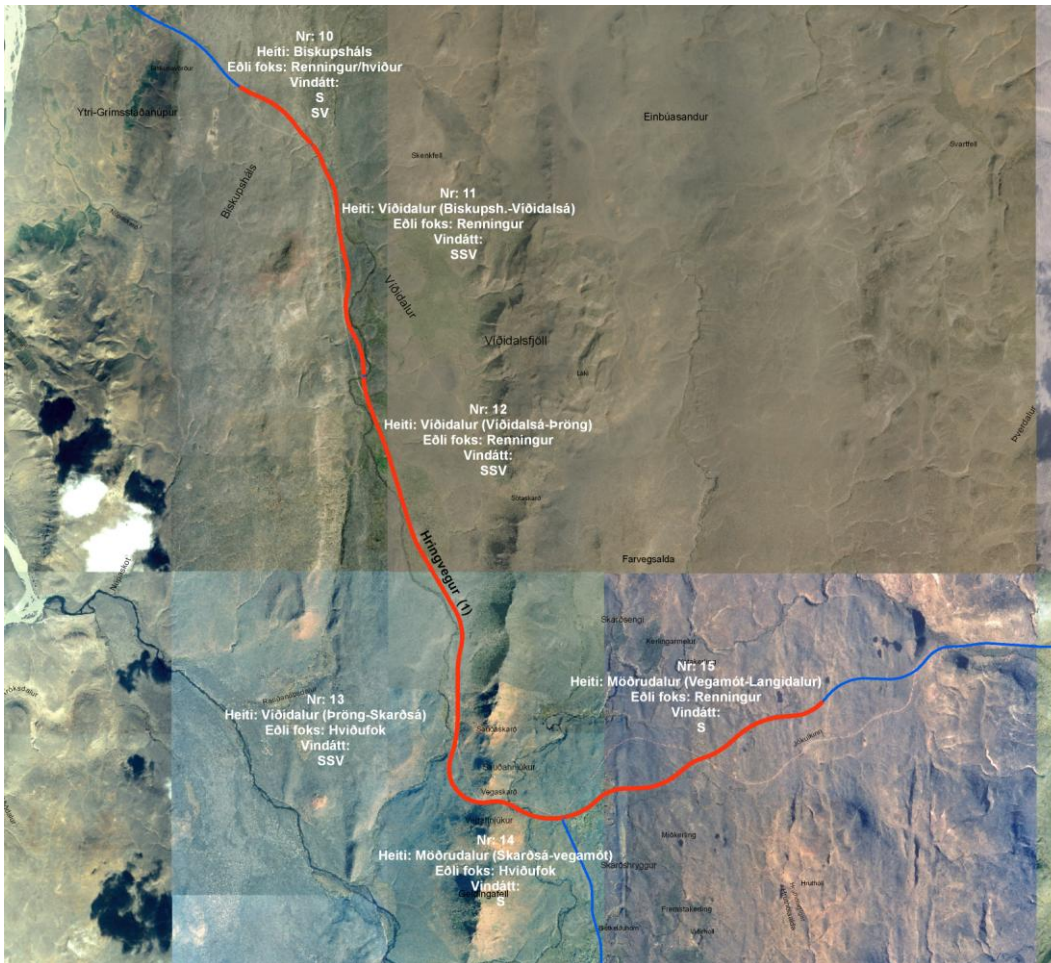
Mynd 12. Sandfokssvæði nr. 5 milli Dýralækja og Blautukvíslar og svæði nr. 6 við Múlavísl, bæði á Myrdalssandi í V-Skaftafellssýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



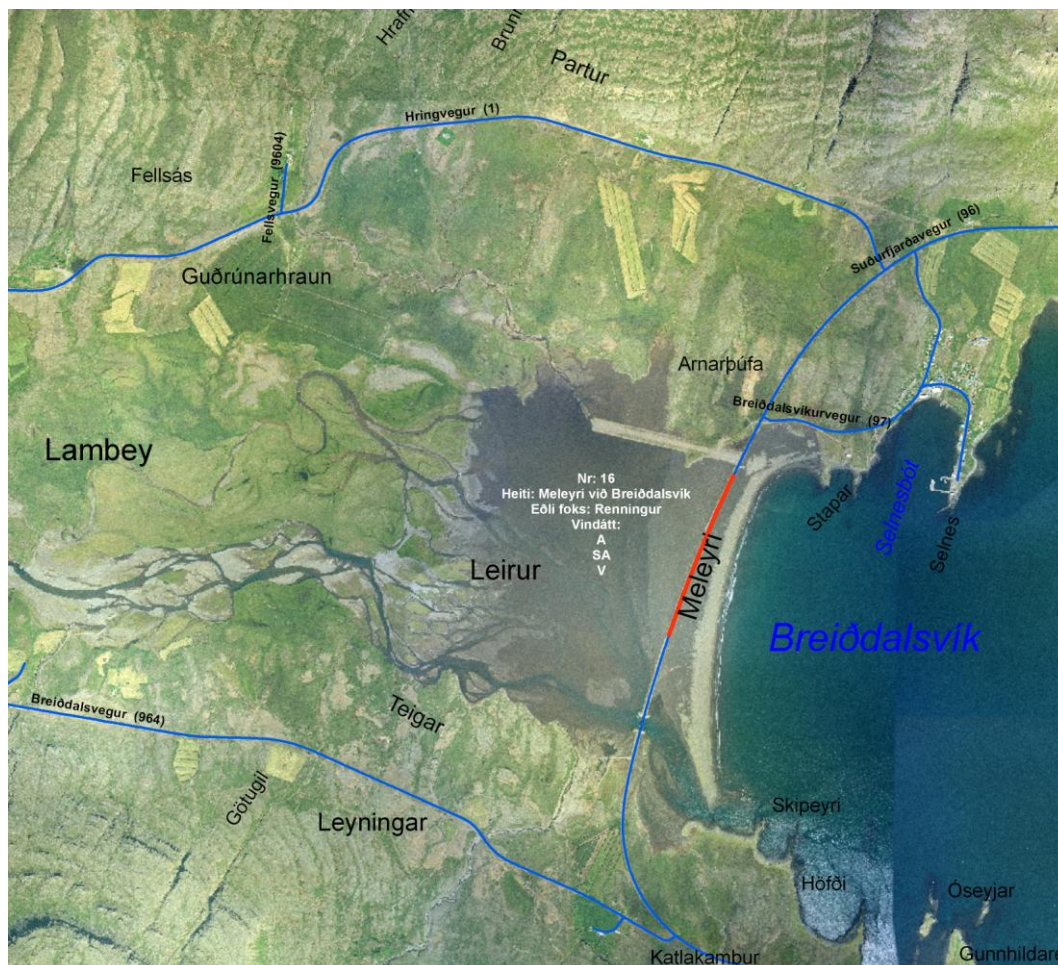
Mynd 13. Sandfokssvæði nr. 7 við Markarfljótsbrú í Rangárvallasýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



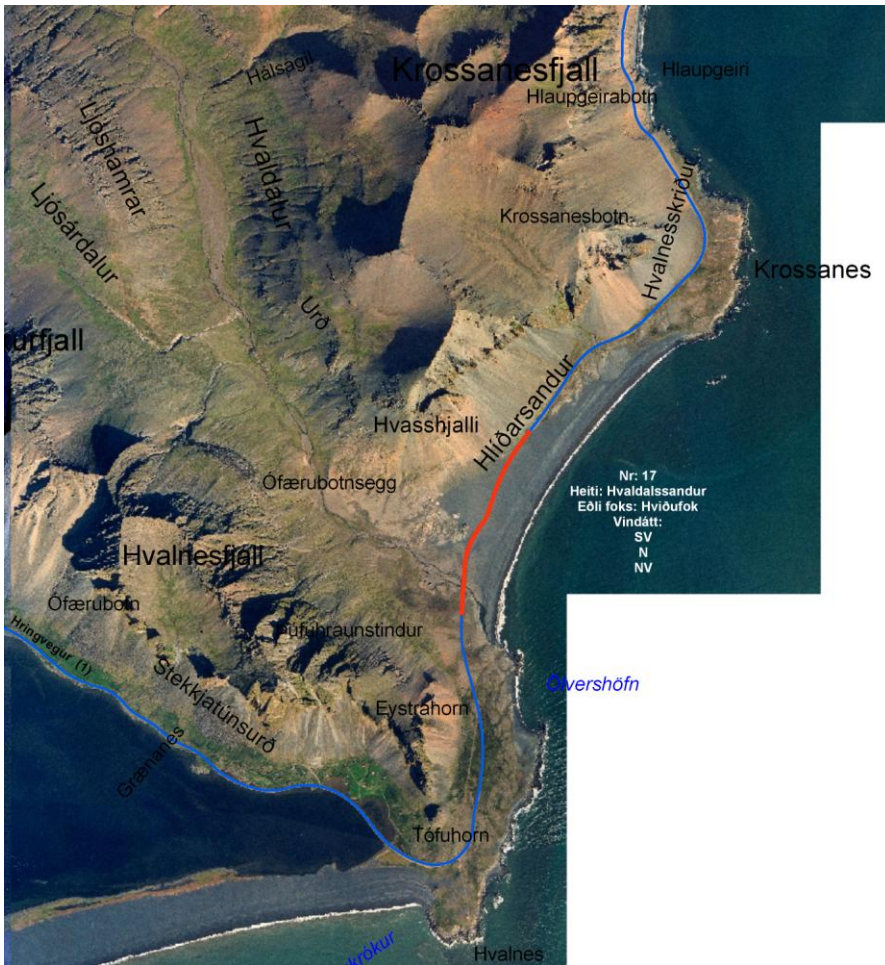
Mynd 14. Sandfokssvæði nr. 8 við Grjót og svæði nr. 9 Jökulsá á Fjöllum í S-Pingeyjarsýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



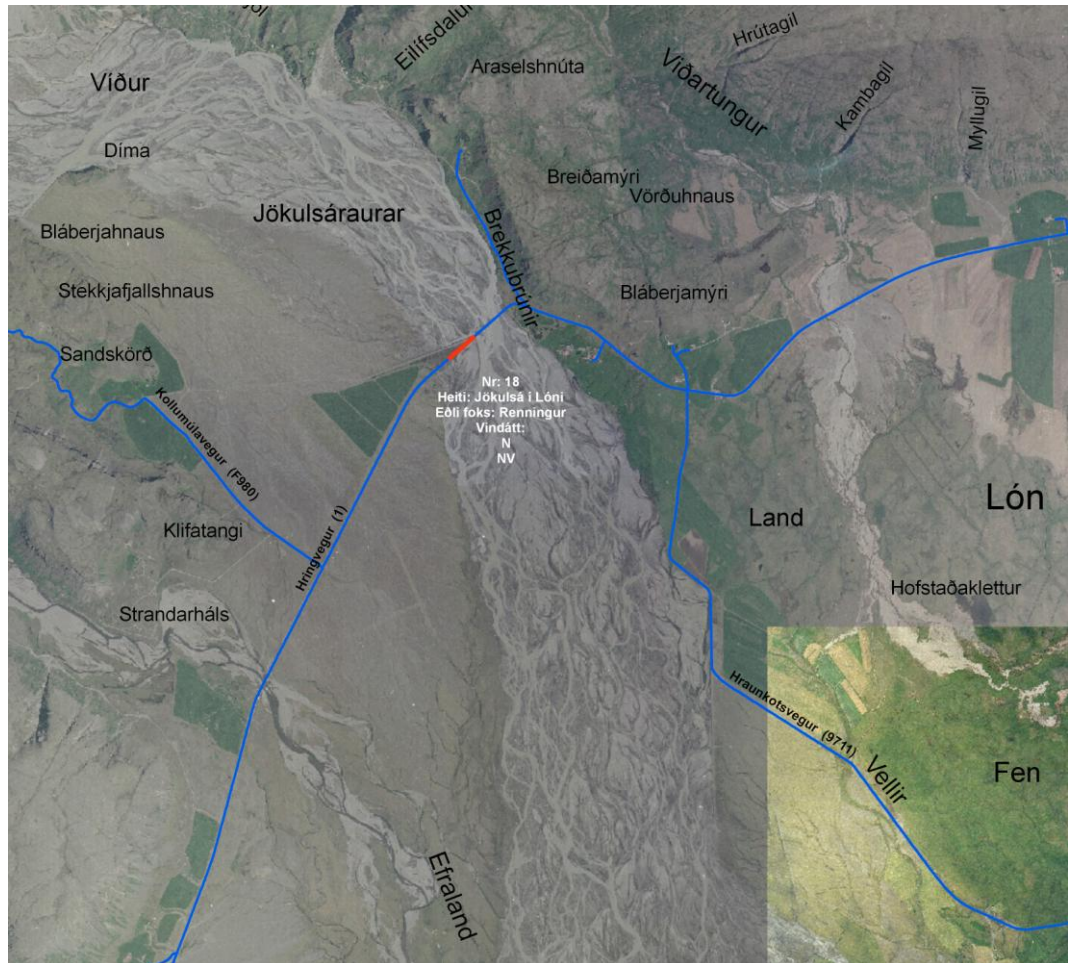
Mynd 15. Sandfokssvæði nr. 10-15 frá Biskupshálsi í N-Þingeyjarsýslu að Langadal í N-Múlasýslu. Um er að ræða samfellt svæði en mismunandi eiginleikar sandfoks á hverjum kafla (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



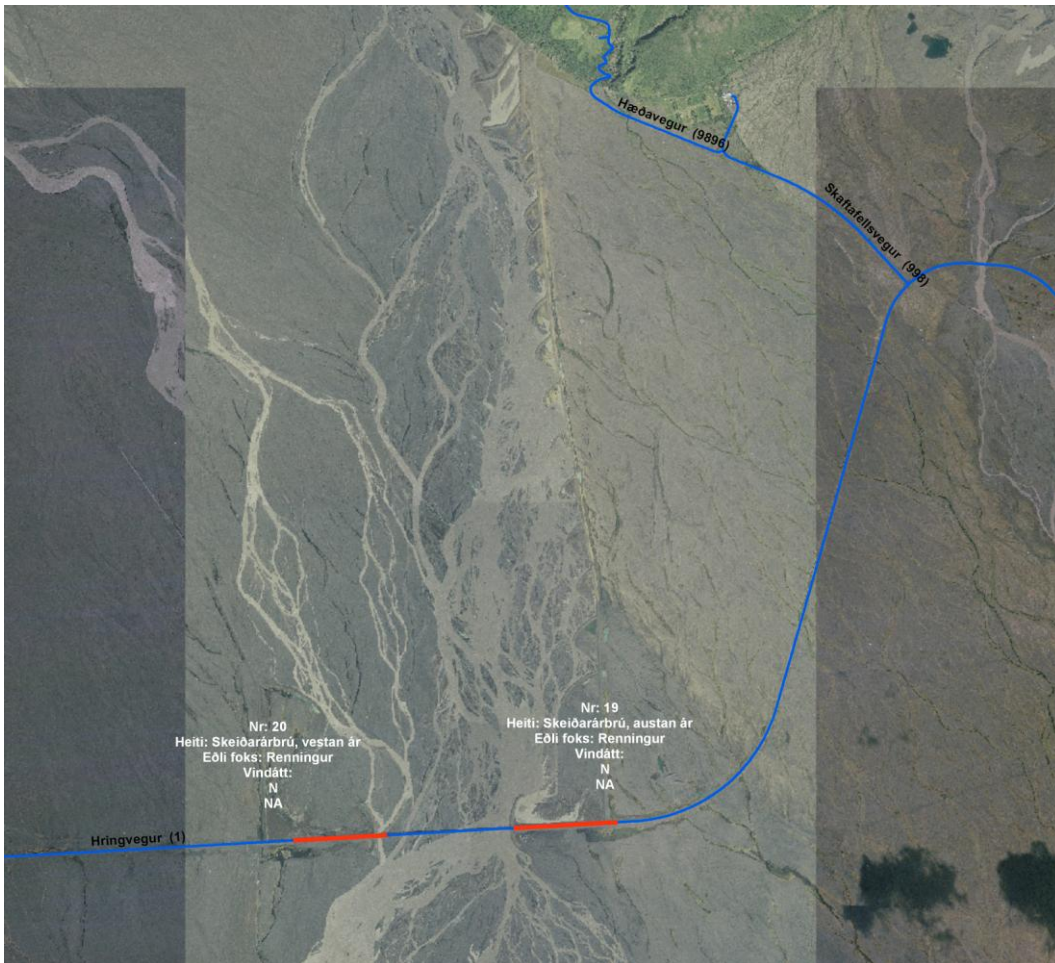
Mynd 16. Sandfokssvæði nr. 16 þar sem Hringvegurinn liggur um Meleyri við Breiðdalsvík í S-Múlasýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



Mynd 17. Sandfokssvæði nr. 17 á Hvaldalssandi við Hvalneskriður í A-Skaftafellssýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



Mynd 18. Sandfokssvæði nr. 18 við brúna yfir Jökulsá í Lóni í A-Skaftafellssýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).



Mynd 19. Sandfokssvæði nr. 19 og 20 austan og vestan Skeiðarárbrúar í A-Skaftafellssýslu (© Loftmyndir ehf og Landmælingar Íslands).

8. Viðauki 2. Sandfokssvæði á Hringveginum

Heiti	Tilvik /ári	Eðli foks	Fokefni (mm)	Vindáttir	Athugasemdir	Skerðir skyggni	Hætta á skemmdum	Skaflamyndun
Núpsvötn	10-20	Renningur	0,05-1	NA, N	Búið að græða upp leirur í kringum brúna. Sandfok fer minnkandi.	+	+	++
Undir Lómagnúp	10-20	Hviðufok	>1	N, NA	Mjög grófur sandur eða smá steinar enda fer vindur yfir 90 m/s. Gerð tilraun til uppgræðslu.	+	++	+
Árkvíslar - Brestur	<10	Renningur	<0,05; 0,05-1	N, NV		++	+	+
Mýrdalssandur 3	<10	Hviðufok	0,05-1	N, SV	Búið að sá í svæðið norðan vegar að hluta	+	+	+
Mýrdalssandur 2 - milli Dýralækja og Blautukvíslar	<10	Renningur	0,05-1	N	Búið að sá í svæðið, kemur stöku sinnum sandur ef búin er að vera stíf norðan átt í einhverja daga.	+	+	+
Mýrdalssandur 1 - Múlakvísl	<10	Hviðufok	0,05-1	NA, N		+	+	+
Markarfljótsbrú	10-20	Renningur	0,05-1	N, NA	Búið að sá í báðu megin brúar, tilraun með heyrúllur	+	+	++
Grjót	10-20	Renningur	<0,05; 0,05-1; >1	S, SV	Skemmir ekki bíla en skyggni allt niður í 150-200 m	++	+	+
Jökulsá á Fjöllum	10-20	Renningur/hviður	<0,05; 0,05-1; >1	S, SV	Fokið verður mjög dimmt, allt ofan í 100 m skyggni. Í verstu hviðum fýkur grófur sandur sem skemmir bíla	++	++	++
Biskupsháls	10-20	Renningur/hviður	<0,05; 0,05-1	S, SV	Mjög sterkar vindhviður úr suðvestri. Grófur sandur í hviðum. Bílar hafa skemmt og einnig hafa bílar fokið útaf.	+	++	+
Víðidalur (Biskupsh.-Víðidalsá)	<10	Renningur	<0,05; >1	SSV	Fínt og gróft ryk.	+	+	+
Víðidalur (Víðidalsá-Þröng)	<10	Renningur	<0,05; 0,05-1; >1	SSV	Mest fínt ryk. Gróið meðfram vegi	+	+	+



Víðidalur (Pröng-Skarðsá)	<10	Hviðufok	<0,05; 0,05-1	SSV	Varasamt svæði. Mjög sterkar vindhviður, fínn og grófur sandur. Bílar hafa fokið útaf.	+	++	+
Möðrudalur (Skarðsá-vegamót)	<10	Hviðufok	<0,05; 0,05-1; >1	S	Grjótfok í stöku árum í nokkrar klst. Hættulegt svæði. Rúðubrot, ónýtir bílar og bílar fokið útaf. Byrjað að græða upp.	+	++	+
Möðrudalur (Vegamót-Langidalur)	<10	Renningur	<0,05; 0,05-1	S	Tiltölulega meinlaust.	+	+	+
Meleyri við Breiðdalsvík	10-20	Renningur	0,05-1	A, SA, V	Sandur sest bara á veg þegar hann er blautur og getur þá verið í 10-15 cm lagi. Í þurru þá fýkur hann yfir veginn. Sandur sest á veg tvisvar til þrisvar á ári. Engar mótvægisáðgerðir	+	+	++
Hvaldalssandur	>20	Hviðufok	>1	SV, N, NV	Getur valdið miklum skemmdum á ökutækjum, á lakki og rúðubrot	+	++	+
Jökulsá í Lóni	10-20	Renningur	<0,05	N, NV	Getur hamlað skyggni en veldur litlum eða engum skemmdum	++	+	+
Skeiðarárbrú, austan ár	10-20	Renningur	<0,05; 0,05-1	N, NA	Fínn sandur getur hamlað skyggni og valdið nokkrum skemmdum á ökutækjum	++	++	++
Skeiðarárbrú, vestan ár	10-20	Renningur	<0,05; 0,05-1	N, NA	Fínn sandur getur hamlað skyggni og valdið nokkrum skemmdum á ökutækjum	++	++	++
Sandgígjukvísl	>20	Renningur	<0,05; 0,05-1	N, NA	Fínn sandur getur hamlað skyggni og valdið nokkrum skemmdum á ökutækjum. Unnið að uppgræðslu, grasfræi var sáð árið 2006.	++	++	++

Skýringar:

Renningur: Sandur fýkur yfir veginn, oft í ekki mjög hvössum vindi.

Hviðufok: Sandur, oft grófkorna, fýkur yfir veginn í hvössum vindi, oft hviðum.

Fokefni: 0,05 mm fokefni er mjög fínt og þýrlast oft hátt í loft upp. 0,05-1 mm fokefni hreyfist meira með skrið eða skoppheyfingum.

>1 mm fokefni er grófur sandur og fýkur í hvössum vindi.

+ Litlar eða engar líkur.

++ Nokkrar eða talsverðar líkur.

