

Lokaskýrsla

Áhrif gufu frá virkjunum við Suðurlandsveg á umferðaröryggi



Ljósm. Einar Sveinbjörnsson

28. apríl 2011



Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar



Umhverfis- og orkurannsóknasjóður Orkuveitu Reykjavíkur



Haraldur Sigþórsson, lektor



HÁSKÓLINN Í REYKJAVÍK
REYKJAVIK UNIVERSITY

Einar Sveinbjörnsson, veðurfræðingur

Veðurvaktin ehf



Árni Sigurðsson, veðurfræðingur



Efnisyfirlit

0 Inngangur	4
1.0 Samandregnar niðurstöður	6
1.1 Veðurstöðvar og staðsetning þeirra.....	7
2.0 Um hálfu og umferðaröryggi.....	8
2.1 Almennt um hálfu	11
Héla fellur á veg (1)	11
Vatn sem fyrir er frýs á vegi (2).....	12
Snjókoma á veg (3)	13
Ísing í þöku (4)	14
Frostrigning (5)	15
3.0 Umferðaröryggi á Suðurlandsvegi að vetrarlagi	16
4.0 Niðurstaða vettvangsferða með raka- og hitamæli.....	18
4.1 Vettvangsferð sunnudaginn 15. nóvember 2009.....	18
4.2 Vettvangsferð miðvikudaginn 18. nóvember 2009.....	19
4.3 Vettvangsferð, sunnudaginn 22. nóvember 2009.....	21
4.4 Vettvangsferð, miðvikudaginn 25. nóvember 2009.....	22
4.5 Vettvangsferð þriðjudaginn 1. desember 2009	25
4.6 Vettvangsferð, miðvikudaginn 23. desember 2009.....	27
5.0 Veðurmælingar í Hveradalabrekkunni 26. nóvember 2010 til 21. febrúar 2011.....	28
5.1 Túlkun niðurstaðna.....	28
5.2 Tilvik 7. janúar 2011	29
5.3 Tilvik 1. febrúar 2011.....	31
5.4 Tilvik 15. til 16 febrúar 2011	33
5.5 Líklegur forstúði 8. janúar 2011.....	35
5.6 Ályktanir og niðurstöður að loknum hita og rakamælingum í Hveradalabrekkunni	38
6.0 Helstu niðurstöður um þátt gufu frá Hellsheiðarvirkjun á ísingu í Hveradalabrekku.....	39
Viðauki I -Skráð óhöpp af völdum hálfu á Hellsheiði	40

0 Inngangur

Annað veifið á undanförunum árum hafa á opinberum vettvangi verið viðraðar kenningar í þá veru að jarðgufa frá borholum á Hellisheiði og síðar sjálfri virkjuninni valdi aukinni hálfu á Suðurlandsvegi, einkum í Hveradalabrekku. Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar og Umhverfis- og orkurannsóknasjóður Orkuveitu Reykjavíkur styrktu verkefnið, sem gengur undir heitinu: Áhrif gufu frá Hellisheiðarvirkjun á umferðaröryggi á Suðurlandsvegi. Að verkefninu standa Háskólinn í Reykjavík, Veðurvaktin ehf og Veðurstofa Íslands.

Lagt var upp með að skoða veðurskilyrði, sem líkleg þykja að beina gufu frá uppsprettu yfir veg. Í því sambandi er mikilvægt að meta þátt vinds og vindáttar sem og stöðugleika í lægstu loftlögum á útþynningun og dreifingu vatnsgufunnar. Öflun veðurgagna fór fram í tveimur áföngum. Sá fyrri veturinn 2009-2010 þá voru farnar nokkrar vettvangsferðir í veðurlagi, þar sem líklegt má telja að gufan geti verið áhrifavaldur. Þessi hagfelldu veðurskilyrði komu öll í nóvember og desember 2009. Mældur var hiti og raki með færanlegum mæli frá Veðurstofu Íslands. Eftir greiningu þessara mælinga var skilað áfangaskýrslu 2. febrúar 2010. Í síðari áfanga var komið fyrir veðurstöð tímabundið í Hveradalabrekkunni veturinn 2010-2011.

Í kafla 2 í þessari áfangaskýrslu er fjallað almennt um hálfu og hálfkuslys. Í kafla 3 er fjallað um fyrri rannsóknir á umferðaröryggi á Suðurlandsvegi og slysaskráningu á árunum 2000-2007. Í kafla 4 er gerð nánari grein fyrir vettvangsferðunum ásamt úrvinnslu mæligagna færanlega mælisins. Að lokum eru í 5. kafla gerð grein fyrir veðurmælingum í brekkunni, rýni gagnanna og fjögur tilvik skoðuð og greind. Í 6. kafla eru birtar niðurstöður, en samandregnar niðurstöður er að finna á eftir inngangi. Í viðauka er síðan getið tveggja hálfkuslysa á Hellisheiði og nágrenni hennar á Suðurlandsvegi eftir að Hellisheiðarvirkjun var gangsett.



Mynd 1. Loftmynd sem sýnir afstöðu Hellisheiðarvirkjunar til Suðurlandsvegjar. Fjarlægð frá virkjun til vegarins er á bilinu 1,3 til 1,8 km á milli gatnamóta Hellisheiðarvirkjunar og Skíðaskálans.

Rannsóknarverkfnið var kynnt með veggspjaldi á kynningu UOOR í Orkuveituhúsinu í apríl 2010. Stefnt er að frekari kynningu á niðurstöðum t.d. með stuttri yfirlitsgrein í Árbók verkfræðingafélagsins.

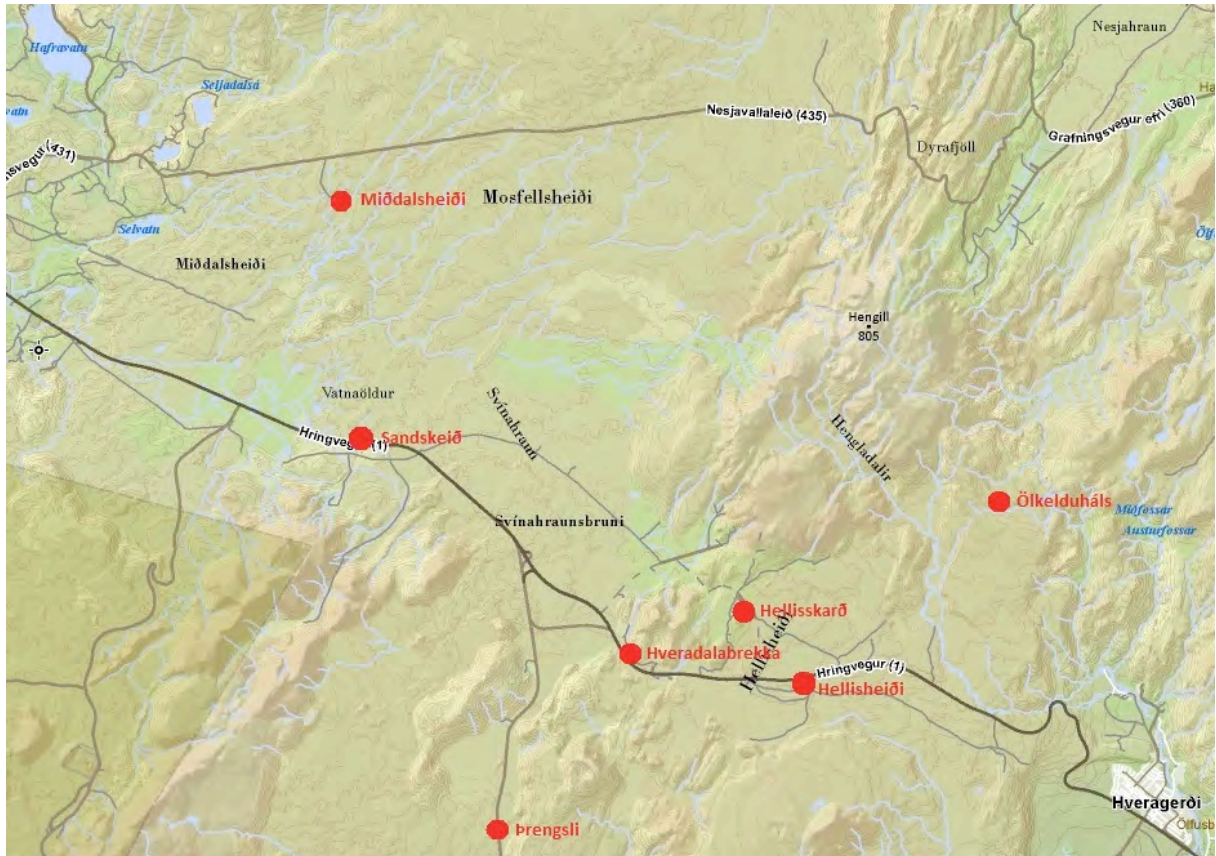
Á grundvelli þeirrar þekkingar sem aflað hefur verið í Hveradalabrekkunni við Hellisheiðarvirkjun hefur verið skapður ágætur grunnur við athugun á sambærilegum aðstæðum við væntanlega Hverahlíðarvirkjun, en þar kemur gufuna til með að leggja yfir veginn um Hellisheiði í suðlægum vindáttum.

1.0 Samandregnar niðurstöður

- Athuganir og mælingar á mögulegum þætti gufu á myndun ísingar í Hveradalabrekkunni fóru fram veturna 2008-2009 og 2010-2011.
- Farnar voru vettvangsferðir með færanlega veðurstöð til hita- og rakamælinga og seinni veturinn var stöðinni komið fyrir og mælt samfellt í um þrjá mánuði.
- Gufan er almennt séð ekki völd að ísingu í Hveradalabrekkunni, nema við sérstök og fremur fátíð veðurskilyrði.
- Í N- og NNV-áttum leggur gufumökkin yfir veginn um Hveradalabrekkuna. Jafnvel þó verði vart við viðbótarraka við veginn er loftið oftast það þurr við þau skilyrði, að hélumyndun á vegi er nánast útilökuð.
- Frostúði í köldu veðri með N-átt er helst valdur að ísingu í Hveradalabrekkunni. Loftið er þá lagskipt og hitahvarf í hæð ofan orkuversins. Gufan blandast lítt eða alls ekki við þurr loftið ofar. Úr mekkinum getur við þær aðstæður fallið smágerður úði sem myndar ísingu á veginum. Eitt hákútilvik er sannarlega rakið til staðbundins frostúða þessa tvo vetur.
- Í mjög hvassri N-átt slær gufunni niður og hún leitar með yfirborði yfir veginn í Hveradalabrekkunni. Ekki hefur verið staðfest að hrímmyndun verði við þær aðstæður og þar með myndun háлку. Að öllum líkindum fellur ekki héla eða þá í óverulegum mæli á veginn.

1.1 Veðurstöðvar og staðsetning þeirra

Þó engin föst veðurstöð sé í sjálfri Hveradalbrekkunni er óvíða jafn mikill þéttleiki sjálfvirkra veðurstöðva og við Suðurlandsveginn frá Reykjavík og austur yfir Hellisheiði. Í þessari athugun er stuðst við veðurmælingar frá nokkrum þessara stöðva og má sjá staðsetningu þeirra á mynd 2. Hveradalabrekka er færanlega stöðin þar sem mældur var hiti og raki um þriggja mánaða skeið veturinn 2010-2011. Stöðvarnar: Sandskeið, Hellisheiði og Þrengsli eru reknar af Vegagerðinni, sú fyrstnefnda var tekin niður vorið 2010. Aðrar stöðvar eru í rekstri Veðurstofu Íslands.



Mynd 2. Staðsetning veðurstöðva sem koma við sögu.

2.0 Um háлку og umferðaröryggi

Umferðarslys eiga sér margar orsakir. Oftast eru einnig margs konar þættir, sem eiga þátt í hverju slysi. Áhrifaþáttum er skipt niður í þrjá flokka. Þættir sem tengjast öikumanni, ökutæki eða vegi og umhverfi. Þáttunum er síðan skipt í svokallaða aðalorsök og svo mismarga meðvirkandi þætti. Á meðan þættir tengdir öikumanni eða svokölluð mannleg mistök eru yfirgnæfandi, ef eingöngu er litið á aðalorsök, þá kemur vegur og umhverfi við sögu í um þriðjungi tilfella. Því valda margvíslegir áhrifaþættir tengdir vegi og umhverfi.

Einn af þeim þáttum, sem óumdeilanlega áhrif á umferðaröryggi, er háлка. Það er þó ekki alltaf augljóst í hve miklum mæli háлкаaðstæður höfðu áhrif á röð þeirra atvika er urðu til þess að slys varð. Þannig telja ýmsir, að merki lögreglan við háлку eða ísingu þá þýði það vetraraðstæður, en ekki endilega mikla háлку. Svo er enn önnur saga, hvort hún gerði útslagið, hvað tilurð slyssins varðar.

Af hverju er háлка hættuleg? Svarið er einfaldlega, að núningsstuðull vegyfirborðsins verður mjög lágur og þar með bremsuvegalengdir lengri. Hann fer t.d. úr 0,55-0,70 fyrir þurrt gamalt malbik fyrir ökutæki á yfir 50 km hraða á klst. í 0,07-0,20 fyrir sömu aðstæður með ísingu.

Table SC-1 Coefficients of friction of various roadway surfaces

TYPE OF ROAD SURFACE	DRY				WET			
	LESS THAN 50 km/h		MORE THAN 50 km/h		LESS THAN 50 km/h		MORE THAN 50 km/h	
	FROM	TO	FROM	TO	FROM	TO	FROM	TO
Portland Cement								
New, sharp	0.80	1.20	0.70	1.00	0.50	0.80	0.40	0.75
Travelled	0.60	0.80	0.60	0.75	0.45	0.70	0.45	0.65
Traffic polished	0.55	0.75	0.50	0.65	0.45	0.65	0.45	0.60
Asphalt or Tar								
New, sharp	0.80	1.20	0.65	1.00	0.50	0.80	0.45	0.75
Travelled	0.60	0.80	0.55	0.70	0.45	0.70	0.40	0.65
Traffic polished	0.55	0.75	0.45	0.65	0.45	0.65	0.40	0.60
Excess Tar	0.50	0.60	0.35	0.60	0.30	0.60	0.25	0.55
Gravel								
Packed, oiled	0.55	0.85	0.50	0.80	0.40	0.80	0.40	0.60
Loose	0.40	0.70	0.40	0.70	0.45	0.75	0.45	0.75
Cinders								
Packed	0.50	0.70	0.50	0.70	0.65	0.75	0.65	0.75
Rocks								
Crushed	0.55	0.75	0.55	0.75	0.55	0.75	0.55	0.75
Ice								
Smooth	0.10	0.25	0.07	0.20	0.05	0.10	0.05	0.10
Snow								
Packed	0.30	0.55	0.35	0.55	0.30	0.60	0.30	0.60
Loose	0.10	0.25	0.10	0.20	0.30	0.60	0.30	0.60

Source: Fricke, 1990

Tafla 1. Mismunandi gildi fyrir núningsstuðla eftir ástandi vegyfirborðs¹.

Hún er hættulegust, þegar hún er óvænt og vegfarendur búast ekki við henni. Munur er á raunverulegu öryggi (objective safety) og öryggistilfinningu (subjective safety, security). Því eru verstu aðstæður þannig, að mikil raunveruleg hætta er til staðar, en menn telja sig örugga.

¹ Road Safety Manual, PIARC 2003.

	Öryggistilfinning góð	Öryggistilfinning slæm
Öryggi mikið	Ok	ok
Öryggi lítið	Hætta	ok

Tafla 2. Umferðaröryggi (d. sikkerhed) og öryggistilfinning (d. tryghed).

Heimildum ber síðan ekki saman um, hversu mikið umferðaröryggi versnar, ef hálfka er á veginum. Til eru fjöldamargar heimildir, sem telja hálkuvörnir og vetrarþjónustu auka umferðaröryggi, t.d. evrópska COST verkefnið.² Niðurstöður hafa verið gefnar út sem sýna greinilegan árangur.³ Hann virðist einnig gilda fyrir mismunandi alvarleika.

	Ekki vetur	Fyrir hálkuvörn	Eftir hálkuvörn
Eignatjón	1,1	7,0	2,0
Minniháttar meiðsli	0,3	1,4	0,4
Meiriháttar meiðsli	0,2	1,1	0,2

Tafla 3. Slysafíðni fyrir og eftir hálkuvörnir í samanburði við aðstæður utan vetrartíma.

Eftirfrandi tilvitnun lýsir tengslum hálfka og umferðaröryggis etv. best:

“Lavere friksjon øker bremselengden. En rekke studier (Väg- och vattenbyggnadsstyrelsen 1972, Ruud 1981, Øberg 1981, Sakshaug og Vaa 1995) viser at førere av motorkjøretøy ikke reduserer farten så mye på glatt føre at de har samme bremselengde som på tørr bar veg. Blant annet av denne grunn er ulykkesrisikoen høyere på snø- og isdekket veg enn på tørr bar veg. På grunnlag av en studie av risiko på saltede og usaltede veger (Vaa 1995A), har Vaa (1996B) anslått den relative ulykkesrisikoen på ulike føreforhold til:

Føreforhold	Relativ risiko
Tørr bar veg	1,0
Våt bar veg	1,3
Slapseføre	1,5
Hard snø	2,5
Løs snø og isdekket veg	4,4

Ulykkesrisikoen på helt eller delvis snø- eller isdekket veg er mellom 1,5 og 4,5 ganger så høy som på tørr bar veg. I gjennomsnitt for perioden 1990-93 skjedde 16% av de politirapporterte personskadeulykkene på snø- eller isdekket veg, 5% på delvis snø- eller isdekket veg og 1% på veger som av andre grunner var glatte.”⁴

Íslenskar athuganir eru einnig til. Á tímabilinu 2001-2005 varð um þriðjungur umferðarslysa með meiðslum á þjóðvegum í dreifbýli þegar hálfka eða ísing var á yfirborði vegar.⁵ Þá gáfu eldri rannsóknir⁶ tilefni til að ætla, að mjög góð fylgni væri á milli slysafíðni að vetrarlagi og veðurfars að vetrarlagi. Þannig sýndu dæmi frá Reykjanesbraut neikvæð áhrif á umferðaröryggi frá hálfka og úrkomu og voru áhrifin greinilegri í myrkri. Um 57% vetrarslysa voru útafakstrar, en aðeins 38% slysa utan vetrartíma. Þá benda niðurstöður til að góð hálkuvörn skili árangri. Í kafla 4 í vetrarþjónustuúttektinni frá 1996 er m.a. yfirlit um rannsóknir erlendis.

² New Developments for Winter Service in Europe, conference proceedings COST 353, Germany May 2008.

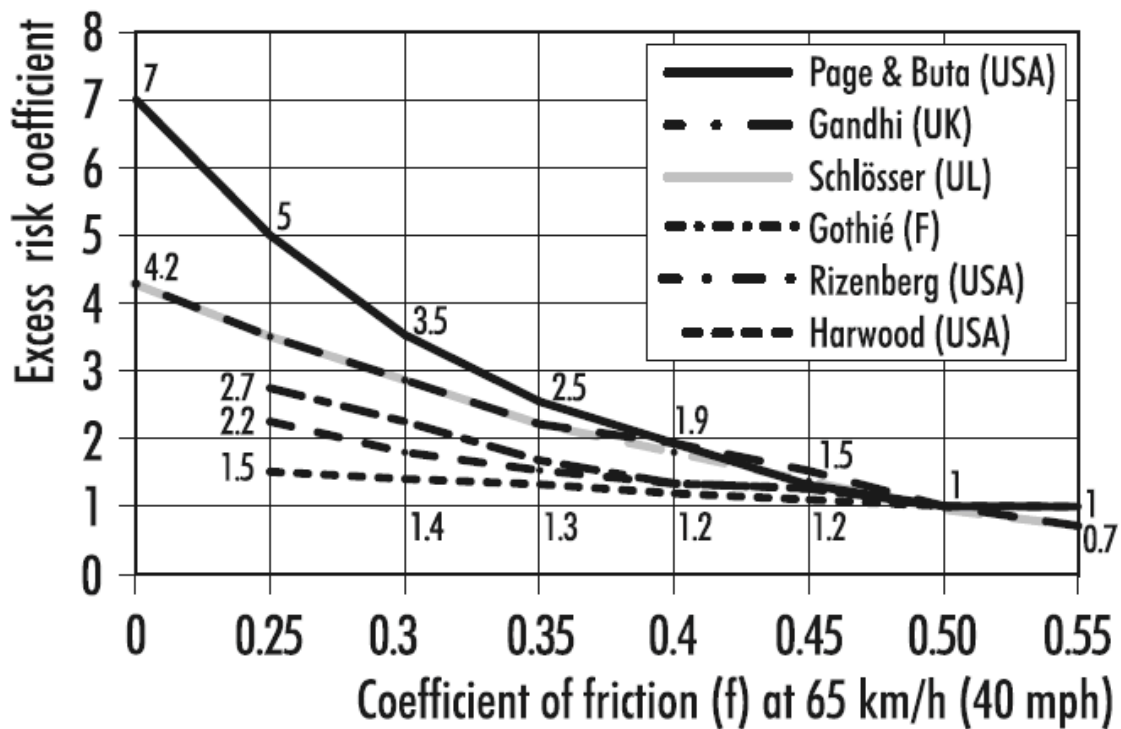
³ Effects of Winter Service on Traffic Safety and Economics, Horst Hanke, German Road Administration 2008.

⁴ Trafikksikkerhetshaandbok, TÖI, Noregur 2008.

⁵ Auður Þóra Árnadóttir, samtal 21. janúar 2010.

⁶ Vetrarþjónustuúttekt 1996, Vetrarþjónusta og umferðaröryggi, skýrsla hóps nr. 7. Vegagerðin maí 1996.

Figure SC-3 Excess risk coefficient (C_{ar})



Source: Delanne and Travert, 1997

Mynd 3. Niðurstaða rannsóknar sem sýna hvernig áhætta eykst við minni núningstuðul (veggrip)².

Skoðuð hafa verið áhrif ýmissa annarra veðursfarslegra þátta en hálfu á öryggi. Er t.d. athyglisvert, að í rannsókn á áhrifum vinds á öryggi⁷ reyndust áhrif hans vera meiri því hærra sem farið var yfir sjávarmál, t.d. á heiðum. Líkur benda til, að þarna sé á ferð samþætt áhrif hálfu og vinds.

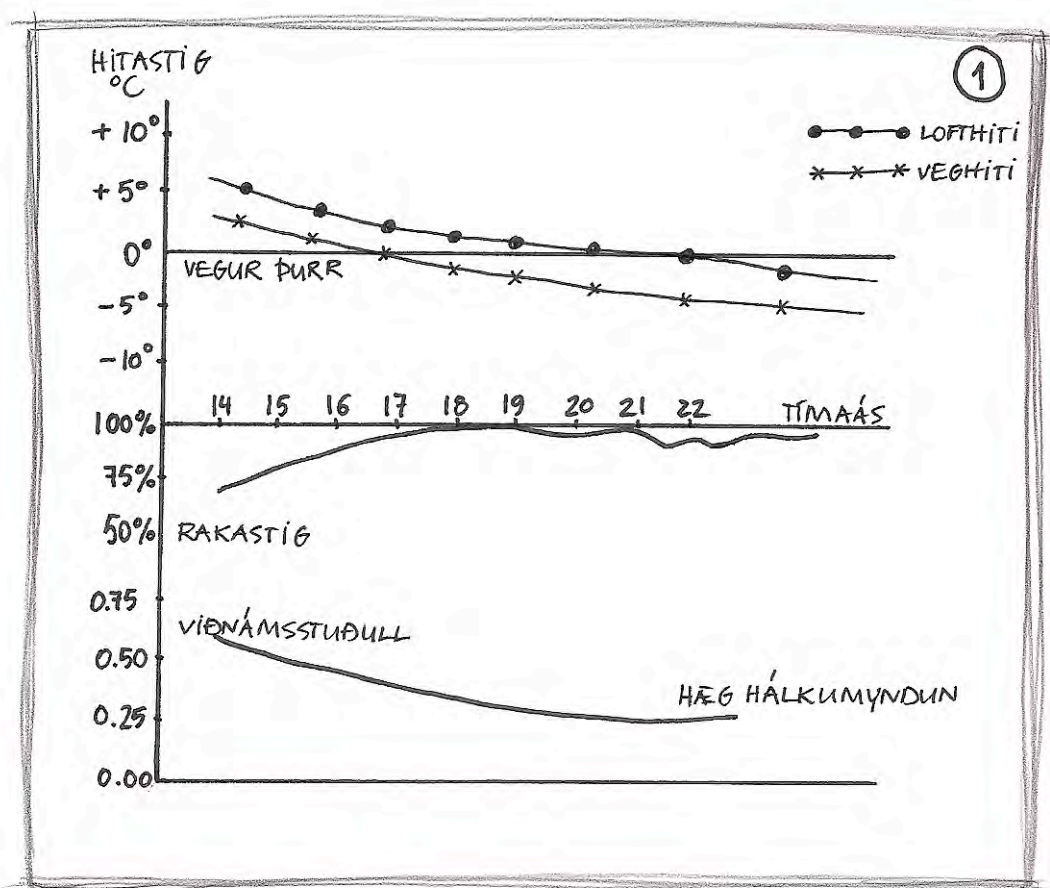
Hér á eftir er gerð grein fyrir helstu tegundum hálfu og eðli hverrar fyrir sig. Í þessu verkefni er sjónum einkum beint að héluísingu, en einnig að einhverju leyti að frostríngingu.

⁷ Vindur og umferðaröryggi, rannsóknarskýrslur Línuhönnunar fyrir RANNUM, 2005-2006.

2.1 Almennt um háлку⁸

Héla fellur á veg (1)

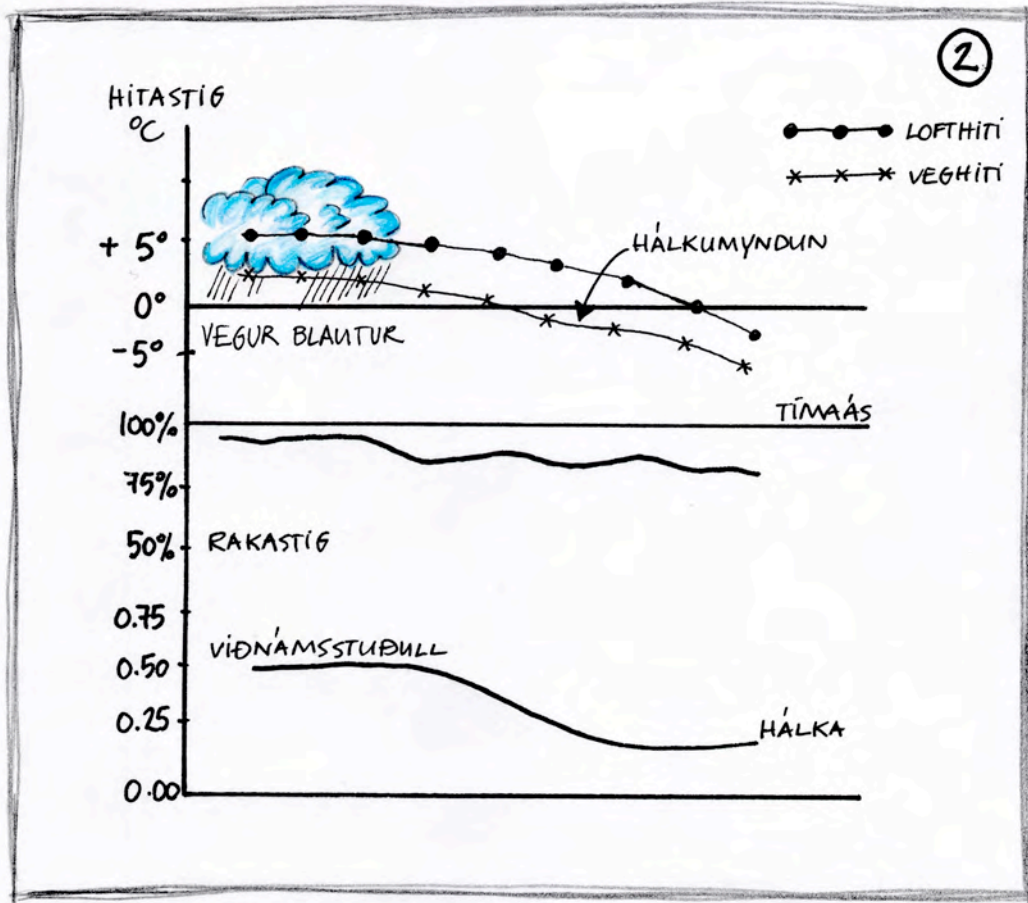
Myndin hér að neðan sýnir varmahag á vegi, eitt ótilgreint síðdegi að haustlagi. Það er léttskýjað og rakastigið tiltölulega hátt. Þegar sólin sest og það dimmir lækkar bæði lofthitinn og veghitinn. Rakastigið hækkar við hitafallið og er nálgast 100% um kl. 18. Hélumyndun á vegi hefst þó nokkru áður eða um leið og veghitinn er kominn niður fyrir frostmark í þetta röku lofti. Frost í tveggja metra hæð er ekki skilyrði fyrir hálkumyndun, heldur verður að horfa samtímis til veghitans og rakastigsins. Það er mikilvægt að hafa í huga að háлка vegna hríms bráðnar auðveldlega vegna núnings frá hjólbörðum í umferðinni. Þá er komið vatn á veginn sem frýs ef veghitinn er enn undir frostmarki á svipaðan hátt og segir í tilviki 2.



⁸ Úr námshefti Veðurvaktarinnar sem unnið var fyrir námskeið vetrarþjónustu Vegagerðarinnar, 2007.

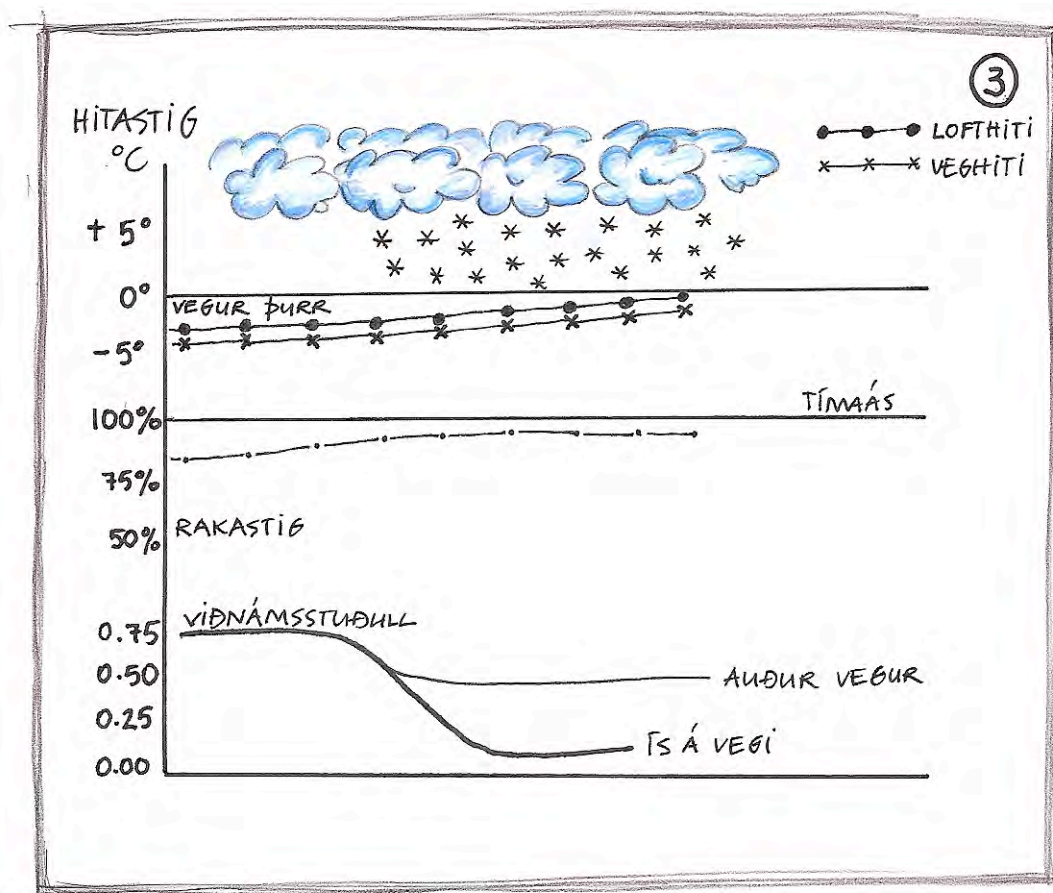
Vatn sem fyrir er frýs á vegi (2)

Hafi rignt á veg og síðan létt til og fryst, myndast glæra á veginum fljótlega eftir að veghitinn fer niður fyrir frostmark. Hér er gert ráð fyrir að vegur hafi verið auður fyrir. Mynd 10 sýnir þetta vel, en héraendis er algengt að í kjölfar veðraskila, með mildu lofti og rigningu, létti til og kólni jafnfamt. Hálka af þessum toga getur myndast mjög snögglega t.a.m. seint á haustin og veturna gangi vindur ákveðið niður í kjölfar rigningar, og um og leið verði himinn nær stjörnuþjartur. Útgeislun verður þá mjög hröð og vatnið á veginum frýs. Athugið að þarna skiptir rakastigið í raun engu máli. Aðeins annar aðdragandi slíkrar hálku er þegar vindur er talsverður að lokinni rigningu. Þá helst veghitinn og lofthitinn í hendur og hálka myndast vegna kælingar loftsins þegar lofthitinn fer niður að frostmarki. Stundum fylgir þessum skilyrðum einhver úrkoma, slydda eða snjóél, sem gera það að verkum að þegar vatnið frýs verður hálkan enn varhugaverðari.



Snjókoma á veg (3)

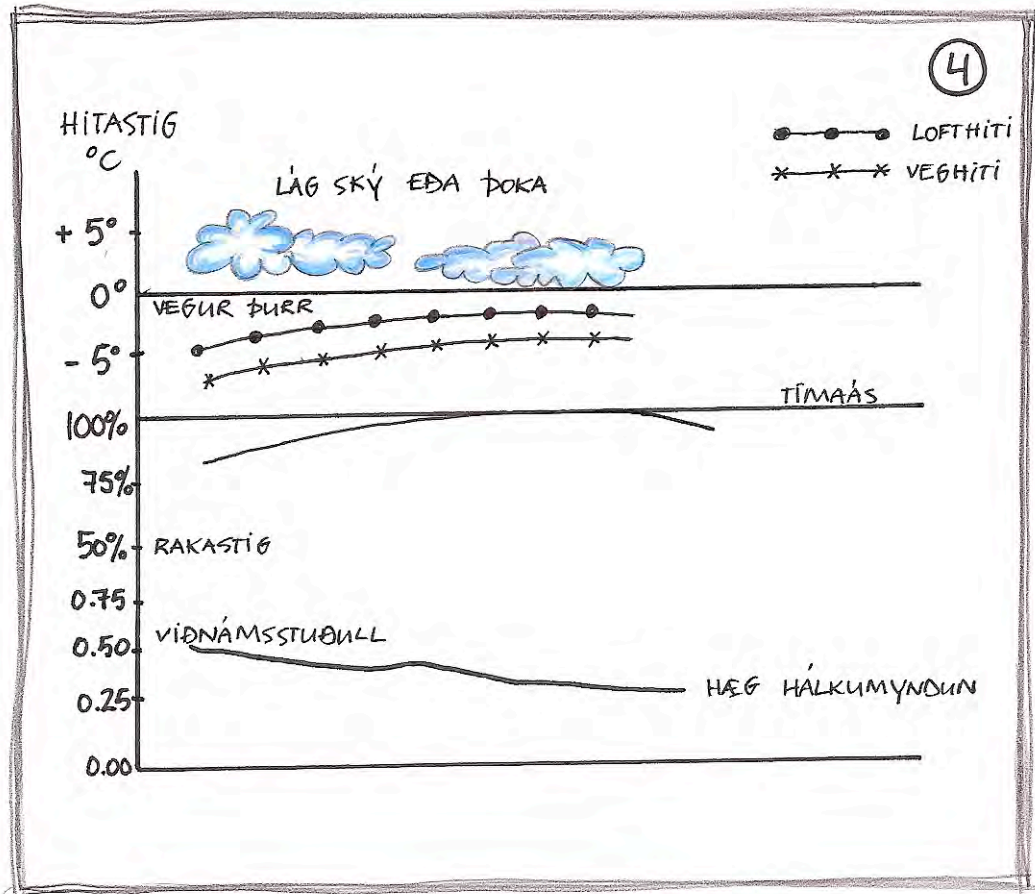
Nýfallinn snjór er blanda af ískristöllum og örsmáum vatnsdropum. Vatnsinnihaldið ræður mestu um það, hversu mikil hálka myndast þegar snjórinn treðst við umferð. Vatnsinnihaldið er mest þegar snjóar nálægt frostmarki. Sé veghitinn lægri en 0°C frýs þessi blanda auðveldlega á veginum. Athugið að stundum snjóar í hita allt að $+3^{\circ}\text{C}$ og svo lengi sem veghitinn er einnig yfir frostmarki þá myndast vitanlega ekki hálka. Þurr snjór í nokkru frosti hefur lítið vatnsinnihald og er síður hálkumyndandi, en það er þó nokkuð háð umferð og að varmi frá núningi dekkja sé nægjanlegur til að bræða hluta ískristallanna. Ein lúmskasta tegund hálku hérlendis er þegar snjóar þurrum snjó á veg sem fyrir er hrímaður eða ísaður. Viðnám vegarins verður þá með minnsta móti (sjá neðri viðnámslínu).



Ísing í þoku (4)

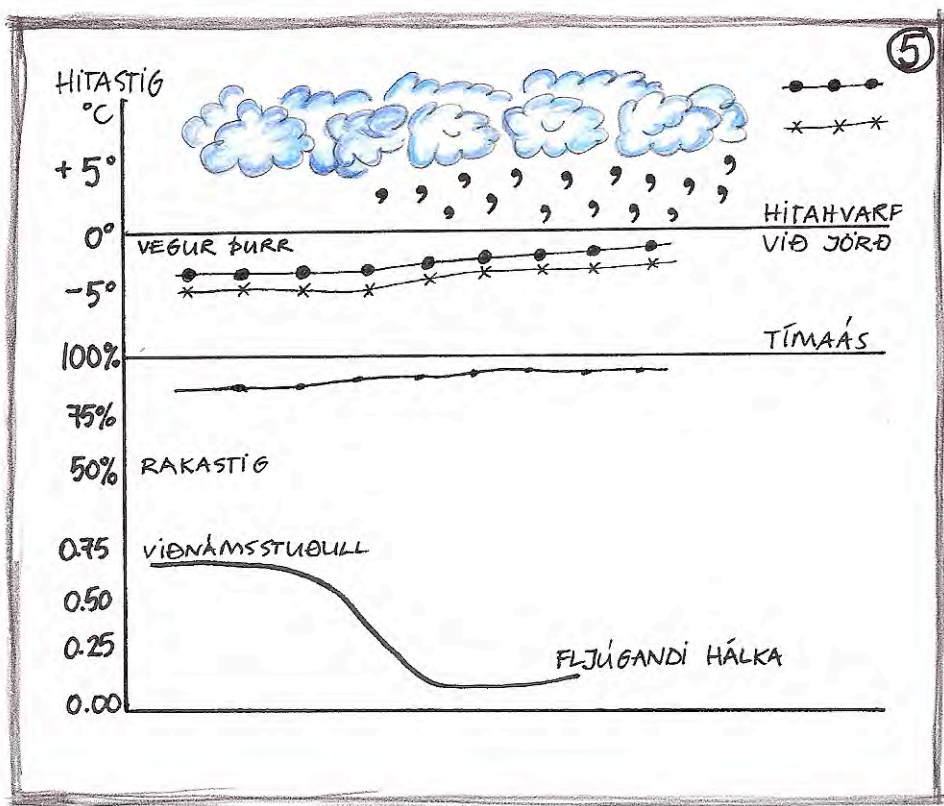
Í vægu frosti, þegar loft er rakt og lágskýjalag leggst yfir og síðar jafnvel þoka, myndast háлка á vegi. Í vægu frosti frjósa undirkældir vatnsdopar á veginum í bland við ískristalla sem falla út og ísing myndast. Þetta ferli er oftast hægfara því mikinn fjölda agnarsmárra vatnsdropa þarf til að mynda samfelld íslag. Háلكublettir eru því frekar réttnefni í þessu tilviki. Á heiðum og fjallvegum er þessi tegund háلكu algeng, því til fjalla er oftast þoka og þá einnig í frosti. Þokan á vegum eins og Holtavörðuheiði og Helliheiði er oftast af þeim toga að vera lágsta skýjalagið. Það gildir einu því loftið er mettað raka og fellur því út á yfirborð jarðar.

Hrímpoka kallast sú þoka þegar lofthitinn er undir frostmarki og hÉla fellur á allt sem fyrir verður, jafnt ökutæki sem veg. Það ræðst einnig hér af vatnsinnhaldi þess íss sem hrímar, hversu fljótt viðnámið á veginum minnkar.



Frostrigning (5)

Frostrigning eða frostúði er nánast sama fyrirbærið og myndast þegar rigning eða úði fellur í gegnum loft, sem er undir frostmarki og nærri yfirborði. Droparnir haldast engu að síður fljótandi þó frost sé þar til þeir lenda, en þá frjósa þeir samstundis og mynda klakabrynju á vegi sem og á ökutækjum. Frostrigning er ekki algeng héraendis, en kemur mönnum nánast alltaf í opna skjöldu. Úrkoma af þessu tagi myndast helst þegar hlýtt loft rennur yfir kalt loft, sem liggur yfir landinu. Vegir á Norður- og Norðausturlandi eru útsettari fyrir frostregni en annars staðar á landinu. Einnig hafa orðið alvarleg hákuslys í staðbundnu frostregni þar sem vegur liggur um djúpa dali og sem dæmi má nefna Þjóðveg 1 um Langadal og Norðurárdal í Skagafirði. Þá situr eftir kalt loft í bollum á meðan annars hlýnar alls staðar í kring.



3.0 Umferðaröryggi á Suðurlandsvegi að vetrarlagi

Á Suðurlandsvegi um Hellisheiði eru 65% allra slysa vetrarslys.⁹ Í athugun árið 2000 var Suðurlandsvegi skipt í tvo hluta, þ.e. frá Breiðholtsbraut að Sandskeiði og frá Sandskeiði að Hveragerði. Seinni kaflinn á betur við þá rannsókn er nú fer fram. Slysatíðni kaflanna er rétt undir landsmeðaltali þjóðvega, en seinni kaflinn er heldur hærri. Á fyrri kaflanum urðu 36% slysa að vetrarlagi, en 62% á seinni kaflanum. Ástæðan liggur eflaust í legu seinni kaflans, en hann liggur hærra yfir sjávarmáli. Vetrarmánuðirnir eru hættulegastir og það er greinilegra, þegar haft er í huga, að umferð að sumarlagi er miklu meiri en á veturna yfir Hellisheiði. Langflest slys eru útafakstrar.

Nýlega var gerð úttekt¹⁰, sem gerir kleift, að skoða aðstæður betur. Á myndum 4 og 5 eru sýndar staðsetningar slysa samkvæmt þessari úttekt á árunum 2000-2007.



Mynd 4. Hringvegur (1) um Hveradali. Búið er að færa inn staðsetningar slysa og óhappa skv. Skráningu frá 2000-2007⁹. Alvarleg slys eru merkt með rauðum punkti, lítil slys með gulum og eingatjón með grænum.

⁹ Vetrarþjónustuúttekt 1996, Vetrarþjónusta og umferðaröryggi, skýrsla hóps nr. 7. Vegagerðin maí 1996.

¹⁰ Slysaathugun á Hringvegi (1) frá Þorlákshafnarvegi (38) að sýslumörkum á Sandskeiði fyrir árin 2000-2007. umferðardeild Vegagerðarinnar apríl 2008.



Mynd 5. Sama og mynd 4, en hér hringvegur (1) frá afleggjara að Hellisheiðarvirkjun og áleiðis upp neðri Hveradalabrekku.

4.0 Niðurstaða vettvangsferða með raka- og hitamæli

4.1 Vettvangsferð sunnudaginn 15. nóvember 2009

Skilyrði til rakamælinga voru nokkuð hagstæð, N-átt 10-12 m/s og vægt frost. Loftið var að auki þurr eins og vænta mátti.

Gufumökkinn lagði yfir Reykjafell. Gufa var greinileg með efri brúnum Reykjafells og aðeins niður með hlémeigin og á leið hennar yfir veginn hvarf sýnileg gufa að mestu sjónum. Finna mátti megnu brennisteinslykt við veginn frá gatnamótum að Skíðaskálanum og áfram niður eftir brekkunni einhverja 400 til 500 metra, en nokkuð flökt var á vindátt og eins sló brennisteinslyktinni fyrir annað slagið.

Komið var á staðinn um kl. 11:30 og mælt í ofanverðri Hveradalabrekkunni til kl. 12:20. Mælingar voru gerðar með mælitækið í bakpoka og fylgst með gildum. Skráð var á nokkrum stöðum við vegbrún að norðanverðu, staðsetning, hiti og raki. Á mynd 6 má sjá áætlaða afstöðu gufumakkarins á meðan mælingar fóru fram.

Tafla 4. Veðurstöðvar 15. nóvember kl. 12

Dags, tími		Vindur	Hiti °C	Rakastig (%)
15. nóv. 1200	Sandskeið	NNA 11 m/s	-0,1	82
15. nóv. 1100	Hellisskarð	NNV 8 m/s	-1,3	80
15. nóv. 1101	Hellisheiði	NNV 8 m/s	-0,8	81

Niðurstaða:

Undir stróknum var rakagildið greinilega 6 til 9 prósentustigum hærra en bakgrunnsgildið, sem fékkst í nokkrum mælingum utan við áhrifasvæði gufumakkarins. Skilin á leið niður brekkuna voru þannig mjög glögg og um leið og lykt hætti að finnast féll rakinn niður í bakgrunnsgildi eða um 77%. Hæsta gildi raka undir kjarna stróksins mældist 86%. Neðan við miðja brekkuna fannst aldrei nein lykt og rakastigið var þar mjög stöðugt. Dálítill héla var við gatnamótin, á leggnum upp að Skíðaskálanum, enda engin umferð um hann. Síður voru ummerki um ís á sjálfum veginum, en greinilegt að smágerðir dropar féllu á bílrúðuna um leið og ekið var undir mökkinn. Þeir mynda frostúða á veginum !



Mynd 6. Áætlaður ferill gufunnar yfir Reykjafell og Suðurlandsveg um Hveradalabrekku. 15. nóvember um kl. 12. Kort frá SAMSÝN ehf.

4.2 Vettvangsferð miðvikudaginn 18. nóvember 2009

Veðuraðstæður voru með þeim hætti að skil vegna lægðar nálgudust með vaxandi A- og NA-átt. Farið var til mælinga eftir að farið var að bæta í vind, en áður en úrkoma tók að falla frá skilunum.

Þegar komið var að Hveradalabrekku sást vel að mökkurinn lagðist undan vindi og leystist frekar fljótt upp. Kjarni gufumakkarins lá ekki yfir þjóðveginn. Til þess var vindáttin of austlæg. Mökkurinn sveiflaðist nokkuð til og lá að mestu yfir veginn að virkjuninni, skammt austan gatnamótanna, en að mestu um 500 til 800 metrum norðar. Brugðið var til þess ráðs að mæla raka eftir virkjunarveginum, þrátt fyrir þá staðreynd að þar er mun skemmra í upptök gufunnar. Mælt var frá gatnamótunum til norðus eftir vegi til móts við stöðvarhúsið.

Komið var á staðinn um kl. 17:30 og síðasta mæling var gerð kl. 18:15.

Tafla 5. Veðurstöðvar 18. nóvember kl. 18.

Dags, tími		Vindur	Hiti °C	Rakastig (%)
18. nóv. 1800	Sandskeið	A 10 m/s	0,6	70
18. nóv. 1800	Hellisskarð	ANA 8 m/s	-0,2	65
18. nóv. 1800	Hellisheiði	NA 11 m/s	0,0	70

Á meðan mælingum stóð fór hiti greinilega hækkandi og að sama skapi bætti í vind. Nokkuð flökt var á rakastiginu, en á öllum þremur veðurstöðvunum fell rakastigið ákveðið. Í Hellisskarði fór það úr 80% niður í 58% frá kl. 16 til kl.19.

Niðurstaða:

Þó óheppilegt sé að gera athuganir á raka, þegar helstu kennistærðir eru að taka miklum breytingum, kom þó í ljós talsverður stígandi í rakastigi sinnhvoru megin kjarnans yfir veginum í áttina að virkjuninni. Vindáttin tók líka breytingum og varð austlægari (í stað ANA-áttar) til að byrja með. Rakastig undir kjarna gufumakkarins var 64% (mælt kl. 18:00), en lækkaði niður í 50% þegar gengið var norður úr honum. Mælingarnar voru gerðar með um 10 til 12 mín. millibili. Munur upp á 12 prósentustig er vissulega verulegur, en á það ber að líta að ekki eru nema um 700 metrar í upptök gufunnar samanborið við um 1.900 metra á þjóðveginum við gatnamótin að Skíðaskálanum.



Mynd 7. Áætlaður ferill gufunnar frá orkuverinu. 18. nóvember um kl. 18. Kort frá SAMSÝN ehf.

4.3 Vettvangsferð, sunnudaginn 22. nóvember 2009

Veðuraðstæður voru með þeim hætti að yfir landinu var NA-strengur, ekki svo hvass, en engu að síður ákveðinn. Loftið suðvestanlands var þurr og lítið um ský á himni.

Langt að mátti sjá, hversu hagstæð vindáttin var þegar svæðið blasti við um kl. 17. Gufan lagðist með utanverðu Litla-Reykjafelli og leystist upp áður en mökkurinn náði yfir neðanverða Hveradalabrekkuna. Loftið var áberandi þurrara en í fyrri mælingaferðum og kom það greinilega fram í minni fyrirferð gufumakkarins og hversu fljótt hann þornaði í loftinu.

Tafla 6. Veðurstöðvar 22. nóvember kl. 17.

Dags, tími		Vindur	Hiti °C	Rakastig (%)
22. nóv. 1700	Sandskeið	NA 8 m/s	1,9	62
22. nóv. 1700	Hellisskarð	NA 10 m/s	0,6	58
22. nóv. 1700	Hellisheiði	ANA 8 m/s	1,0	62

Fyrsta mæling var gerð kl. 17:15 við gatnamótin að Skíðaskálanum, eða vel ofan áhrifasvæðis gufunnar í þessari vindátt. Þar var góður blástur. Næst var farið talsvert niður í brekkuna þar sem vænta mátti viðbótarraka. Þar fannst greinilega að vind hafði lægt. Næstu mælingar voru svipaðar, vindur hægari, og það sem meira var um vert, veður fór hratt kólnandi og rakastigið hækkaði sem því nam. Aldrei fannst brennisteinslykt á meðan á mælingum stóð til kl. 17:40, en þá hafði rakastigið hækkað úr 55% í 65%.

Niðurstaða:

Vegna þess að vind var að lægja og loftið fór kólnandi er lítið mark takandi á mælingum þessarar ferðar. Athyglisvert var þó að sjá breytileikann í vindafarinu á svæðinu. Gufumökkinn lagði greinilega undan NA-átt yfir Litla-Reykjafell, en við veginn var hægur vindur og jafnvel andvari úr hinni áttinni, þ.e. yfir veginn. Þegar veðurathuganir í nágrenninu voru skoðaðar, kom í ljós að á milli kl. 17 og 18 lögði einnig á Sandskeiði og þar var hæg breytileg átt á meðan mælt var. Hitinn féll og rakastigið jókst að sama skapi. Ekki dró hins vegar úr vindstyrk í Hellisskarði og uppi á Hellisheiði. Við skoðun á spákortum (HRAS 3 km), sem gilti kl. 19, sást greinilegur vindstígandi frá brúninni, c.a. ofan Sandskeiðs og austur á Hellisheiði eða frá 2-3 m/s upp í 10-12 m/s. Þetta kemur heim og saman við það, sem þarna var að gerast og tilheyrði neðanverð Hveradalabrekkun þá skjólsvæðinu. Það eitt út af fyrir sig kann að skýra tíðari hálkumyndun þar (sem og á Sandskeiði) vegna skjóls, sem leiðir aftur til lægra hitastigs niðri við veg. Slík hálkumyndun er þá alveg óháð jarðgufunni og á við þegar vegur er blautur. Frekari skoðun kann að færa aukna vitneskju um þennan þátt.



Mynd 8. Áætlaður ferill gufunnar frá orkuverinu. 22. nóvember um kl. 17. Kort frá SAMSÝN ehf.

4.4 Vettvangsferð, miðvikudaginn 25. nóvember 2009

Farið var til mælinga um miðjan daginn í björtu. Strekkingsvindur var í lofti af N og NNA. Vindurinn var nokkuð stöðugur í áttinni á meðan á mælingum stóð. Loftið var ekki svo þurr og skýjað var að mestu af mið- og háskýjum. Sólskin truflaði því ekki mælingarnar. Vart varð við örlítið eljafjúk, sem gat hugsanlega verið vegna þéttingar í gufustróknum, en við nánari aðgæslu og m.a. eftir samtal við reyndan starfsmann Verkís, verkfræðistofu á svæðinu, þótti ljóst að fjúkið var úr éli eða skýjaflóka yfir Henglinum. Vindurinn keyrði gufumökkinn til jarðar og lagði hann með vestanverðu Reykjafelli yfir skarðið austan Litla-Reykjafells og áfram yfir Hveradalabrekkuna. Bólstrarnir leystust þó hratt upp í þetta eindregnum vindi, sem jafnframt tryggir mikla iðublöndun vatnsgufunnar við þurrara loft í umhverfinu.

Tafla 7. Veðurstöðvar 25.nóvember kl. 12.

Dags, tími		Vindur	Hiti °C	Rakastig (%)
25. nóv. 1200	Sandskeið	NNA 8 m/s	0,9	83
25. nóv. 1200	Hellisskarð	NA 11 m/s	0,2	75
25. nóv. 1200	Hellisheiði	N 11 m/s	0,7	77

Fyrsta mæling var gerð kl. 12:01 við afleggjarann að Skíðaskálanum. Hiti var rétt ofan frostmarks og blástur. Gengið var niður með neðri hluta Hveradalabrekku, að gatnamótum að Hellisheiðarvirkjun, og til baka langleiðina upp að Skíðaskála. Þá var farið með mælitækið á bakinu á móti vindi í áttina að upptökum gufunnar í virkjuninni.

Niðurstaða:

Tiltölulega litla breytingu var að sjá á rakastigi, en þó komu fram skörp skil undir lokin þar sem rakahlutfallið fell úr um 79% í um 72% að óbreyttu hitastigi um leið og farið var suður úr áhrifasvæði gufumakkarins á leið upp brekkuna. Rakaaukningin undir mekkinum er í ágætu samræmi við fyrstu mælinguna 15. nóvember. Þó má gera að því skóna að eftir því sem vindur er meiri, þeim mun minni verði þáttur viðbótarraka við veg. Það er vegna þynningaráhrifa þó svo að mökkurinn berist nærri jörðu til að byrja með næst upptökunum. Nokkuð kom á óvart að rakastigið hækkaði lítt þegar gengið var með mælinn svo að segja inn í mökkinn. Hitinn hins vegar sýndi 2 til 3° vegna gufunnar og rakainnhald loftsins eykst að sama skapi, þó svo að rakaprósantan haldist lítið breytt. Víða var hélu að sjá á grastoppum og –torfum eftir því sem var komið nær upptökum gufunnar.



Mynd 9. Veðurstöðin er borin í bakpoka um svæðið. Nemar mælitækisins standa út úr bakpokanum og eru ekki varðir sérstaklega fyrir sólskini. Hægt er að lesa mæliniðurstöður af smáskjá jafnóðum au þess sem öllum mæliniðurstöðum er safnað.
Ljós. Sigurður Bogi Sævarsson



Mynd 10. 25. nóvember. Gufuna leggur með jörðu á milli Reykjafells og Litla-Reykjafells. Myndin er tekin við gatnamótin að Hellisheiðarvirkjun. Ljós. Einar Sveinbjörnsson.



Mynd 11. 25. nóvember. Sami tökustaður. Sjá má til vinstri, hvernig gufan þynnist og hverfur yfir hrauninu áður en hún nær veginum. Ljós. Einar Sveinbjörnsson.



Mynd 12. Áætlaður ferill gufunnar frá orkuverinu. 22. nóvember um kl. 17. Kort frá SAMSÝN ehf.

4.5 Vettvangsferð þriðjudaginn 1. desember 2009

Farið var til mælinga í strekkingsvindi af NA þar sem kalt var í veðri. Tilgangurinn var að kanna, hvort greinanlegt væri hitahvarf í lofti við þessi skilyrði. Vel sást, áður en komið var að Hveradalabrekkunni laust eftir hádegi, hvar gufustrókurinn lá með jörðu og náði hann ekki að reisa sig upp nema að takmörkuðu ráði. Skýjabakki há- og miðskýja var í austri en annars bjart. Þegar komið var á vettvang mátti sjá að vindur var það austanstaður að meginkjarni gufumakkarins lá yfir ysta hluta afleggjarans að virkjuninni, þ.e. nálægt gatnamótunum, en ekki yfir sjálfan þjóðveginn um neðri hluta Hveradalabekkkunnar.

Tafla 8. Veðurstöðvar 1. desember kl. 14.

Dags, tími		Vindur	Hiti °C	Rakastig (%)
01. des. 1400	Sandskeið	ANA 5 m/s	-7,6	67
01. des. 1400	Hellisskarð	ANA 13 m/s	-8,7	66
01. des. 1400	Hellisheiði	NNA 11 m/s	-8,5	71

Mælt var eftir afleggjaranum á milli kl. 14 og 15 og byrjað við gestaskálann og haldið út á þjóðveg. Kjarni stróksins var á þeirri leið. Síðan var snúið við sömu leið til baka.

Niðurstaða:

Loftið var frekar þurr og því þarf ekki að koma á óvart að gufustrókurinn hvarf sjónum fyrr en oft áður við sambærilegar mælingar. Bakgrunnsgildi raka virðast hafa verið um 50%, en undir stróknum mældist greinileg hækkun eða 53-55%. Sú hækkun er minni en hefur fengist oft áður, þrátt fyrir það að vera nær upptökunum þarna en á þjóðveginum um Hveradalabrekku. Líkast til skrifast lítil rakaaukning á reikning þess, hve þurr var í lofti og hve snarpur vindurinn náði vel að blanda í kvikustreymi. Ekki varð vart neinnar aukningar í hita loftsins undir gufumekkinum eins og stundum áður.



Mynd 13. Áætlaður ferill gufunnar frá orkuverinu. 1. desember um kl. 12. Kort frá SAMSÝN ehf.

4.6 Vettvangsferð, miðvikudaginn 23. desember 2009

Þennan dag var kalt í veðri og bjart. Vindur blés nokkuð ákveðið úr NA, en fyrr um morguninn hafði verið hægviðri. Þar sem vindáttin var nokkuð austanstæð lá strókurinn yfir virkjanavegin, fremur en Suðurlandsveg. Þegar til kom voru mælitæki straumlaus og ekkert fékkst út úr ferðinni. Veðurskilyrði voru engu að síður ekki ósvipuð og þegar farið var 1. desember, en heldur hvassara í þetta skiptið.

Tafla 9. Veðurstöðvar 23. desember kl. 12

Dags, tími		Vindur	Hiti °C	Rakastig (%)
23. des. 1200	Sandskeið	ANA 12 m/s	-7,2	69
23. des. 1200	Hellisskarð	ANA 15 m/s	-9,3	74
23. des. 1200	Hellisheiði	NA 13 m/s	-9,0	76

5.0 Veðurmælingar í Hveradalabrekkunni 26. nóvember 2010 til 21. febrúar 2011.

Valinn var staður fyrir færanlegu veðurstöðina norðan við veginn á mel nokkurn veginn fyrir miðri neðri Hveradalabrekkunni, nærri þeim stað sem merktur er inn á mynd 2. Safnkassinn og veðurnemarnir voru settar á staur sem starfsmenn Vegagerðarinnar á Selfossi komu fyrir. Safnað var hita- og rakamælingum á 10 mínútna fresti og að auki hæsta mínútugildi rakans þar á milli. Rekstur stöðavarinnar gekk stórálfallalaust. Mælingar féllu að mestu niður dagana 8. til 10. janúar þegar hleðsla rafhlöðunnar var nánast uppurin. Eftir að skipt var um hleðslu gekk stöðin eins og klukka þar til hún var tekin niður rúmlega mánuði síðar.

5.1 Túlkun niðurstaðna

Ríkjandi veðurfar þessar vikur sem mælingar fóru fram var heldur einsleitt, einkum eftir miðjan janúar. Þá var algengust suðlæg vindátt með fremur háum loftraka og úrkomu flesta daga. Þó kom fyrir N-átt endrum og sinnum, en þá í skamman tíma í senn. Framan af tímabilinu, einkum í desember og fram yfir áramót þótti tíðarfarið óvenjulegt. Það einkenndist af háum loftþrýstingi og þurru lofti. Úrkomudagar voru þannig fáir. Tvisvar til þrisvar gerði þó kalda N-átt. 3. til 4. desember voru dæmigerðar aðstæður, fremur hæg N-átt og talsvert frost. Rakastigið í Hveradalabrekkurinni fór þann tíma þó ekki yfir 75%. Aftur var svipað veður 7. desember, en í raun aðeins hluta úr degi.

Gerð var sérstök könnun á tilvikum þar sem fór saman hár loftraki í Hveradalabrekkunni og lágur hiti ásamt því að vindátt var af norðri á nálægri veðurstöð. Viðmiðunarstöð fyrir vindátt var valin Miðdalsheiði (sjá staðsetningu á mynd 2). Veðurstöðin á Miðdalsheiði er staðsett á mjög opnu svæði í norðvestri við Helligsheiðarvirkjun og Hveradalabrekkunni. Aðrar veðurstöðvar eru nær, en þar er bjögun í mældri vindátt vegna nálægra fjalla. Að sumu leyti einnig í vindstyrknum. Sandskeið hefði verið heppilegri viðmiðunarstöð, væri ekki búið að taka hana niður.

Eftirfarandi veðurskilyrði voru skilgreind:

- Hiti í 2 m hæð í Hveradalabrekkunni er lægri en $+0.5\text{ °C}$.
- Mínútu meðaltal loftraka í Hveradalabrekkunni er a.m.k. stundum hærra en 95%.
- N-átt á veðurstöð Veðurstofunnar í Miðdalsheiði ($d < 40$ eða $d > 345$).

Á mælingatímanum eru þeir þrjú kaflarnir þar sem öllum þessum skilyrðum er fullnægt:

- 7. janúar 2011 kl. 7:40 – 14:20
- 1. febrúar 2011 kl. 9:40 – 12:00
- 15. febrúar 2011 kl. 23:00 – 16. febrúar kl. 6:00

Þessir þrjú veðurkaflar voru skoðaðir sérstaklega með það fyrir augum að grennslast fyrir um það hvort hátt rakastig með N-átt hefði mögulega átt þátt í hælumyndun í Hveradalabrekkunni. Í því skyni var leitað upplýsinga hjá Vegagerðarinni um hálkuvörnir í kjölfar þessara atburða. Arnar Ellert Ragnarsson, verkstjóri í vaktstöð suðvestursvæðis lét góðfúlega í té gögn um ferðir eftirlits og hvort tilefni hafi verið til hálkuvarna.

5.2 Tilvik 7. janúar 2011

Þennan morgun fór saman að það var mjög hvasst af norðri (jafnvel rok) og talsvert frost. Við þessi skilyrði var rakamettað loft í Hveradalabrekkunni en ekki á öðrum veðurstöðvum. Ekki hægt að útiloka að rakamettunin hafi komið frá Hellisheiðarvirkjun og verður reyndar að teljast líklegt. Á myndum 14, 15, og 16 má sjá samanburð mælinga á nokkrum nálægum veðurstöðvum auk mælisins í Hveradalabrekkunni.

Upplýsingar frá vaktstöð suðvestursvæðis Vegagerðarinnar.

7. janúar

Óveður á þessum leiðum fram eftir degi. Eftirlit fór um svæðið kl. 08:20, 11:00 og 12:50 engar aðgerðir voru í gangi á þessu tímabili.

Veðurhæð var mikil, eða um og yfir 20 m/s. Við svo mikinn vind verða sterkir iðusveipir nærri jörðu og ætti því gufan að blandast þurru loftinu umhverfis hraðar en ella væri. Ekki síst þess vegna er athyglisvert að sjá að loftið er rakamettað í Hveradalabrekkunni frá um kl. 08 til kl. 13. Rakinn í loftinu tekur að minnka þegar aðeins slær á mesta vindinn upp úr kl. 13. Vindáttin er hins vegar svipuð og því er ekki um það að ræða að gufan berist í aðra átt. Í mjög hvössum vindi virðist sem gufan sé keyrð niður og leggist með jörðinni, a.m.k dálítinn veg frá orkuverinu. Ef miðað er við vindhraða uppi á Hellisheiði, virðist sá þröskuldur sem þarf til að gufan leggist með landinu og berist þannig undan hvössum vindinum vera um 20 m/s.

Vel þekkt er úr rannsóknum á eðli reyks úr skorsteinum að tiltekinn vindhraði keyrir niður reykinn. Stöðugleiki loftins hefur þar nokkuð að segja og lyftikraftur þeirrar loftblöndu sem dælt er út, sem ræðst aftur af hita útblástursins samanborðið við hita í umhverfinu. Um áratugaskeið hefur verið stuðst við þá meginreglu, að hætt er við því að reykur sogist niður þegar útblásturshraðinn (V_r) er minni en einn og hálfur vindhraðinn (v) í hæð reykháfsins. Í tilraunum í vindgöngum hefur þetta einfalda samband verið staðfest aftur og aftur fyrir algengan lóðréttan stöðugleika lofts¹¹.

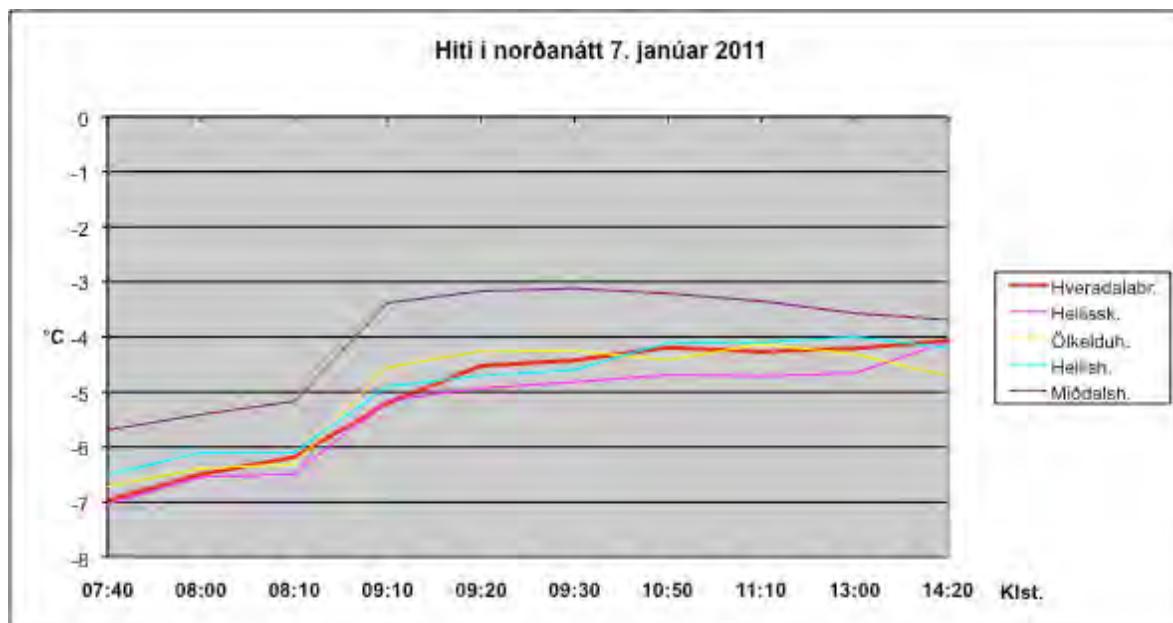
Niðurdráttur á sér stað þegar $V_r < 1.5v$

Fyrir $V_r=20$ m/s er markgildi vinds sem veldur niðurdrætti 13,3 m/s. Útblásturshraði gufunnar úr kæliturnum orkuversins er ekki vel þekktur. Athuganir m.a. í þessari rannsókn benda til þess að niðurdráttur eigi sér stað við 18-20 m/s, í það minnsta þegar vindur er norðanstaður. Svo hár þröskuldur niðurdráttis bendir óneitanlega til þess að kraftur útblástursins sé mikill út frá sambandinu hér að ofan, en vissulega spilar varmi og hitamunur gufunnar við umhverfið þarna inn í.

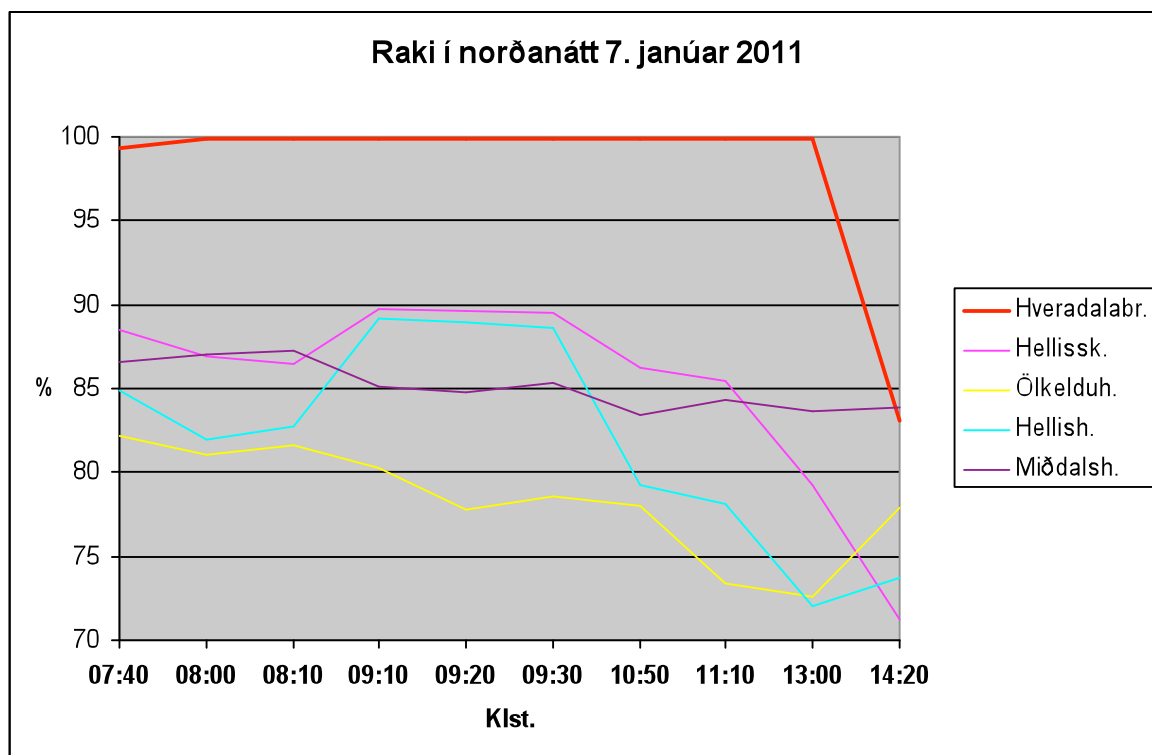
Niðurstaða:

Í miklum vindi, eða um 18-20 m/s má gera ráð fyrir niðurdrætti gufunnar frá Hellisheiðarvirkjun. Mökkurinn fylgir þá yfirborði jarðar ákveðna vegalengd frá virkjuninni. Sé N-átt leggur gufumökkinn yfir veginn í Hveradalabrekkunni og loftið verður hæglega rakamettað eða því sem næst fyrir tilstilli gufunnar.

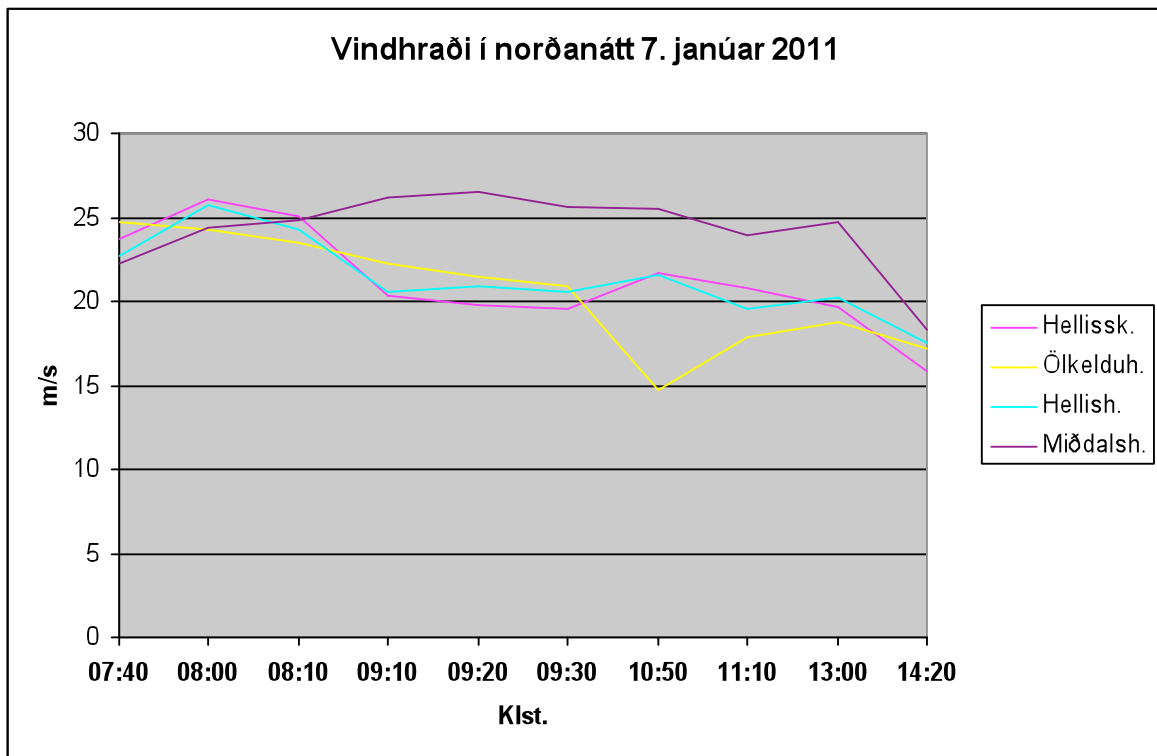
¹¹ Canepa, E. **An overview about the study of downwash effects on dispersion of airborne pollutants.** Environmental Modelling & Software 19 (2004) 1077-1087.



Mynd 14. 7. janúar 2011. Mældur hiti að morgni á stöð í Hveradalabrekku ásamt fjórum öðrum til samanburðar.



Mynd 15. 7. janúar 2011. Mælt rakastig að morgni á stöð í Hveradalabrekku ásamt fjórum öðrum til samanburðar.



Mynd 16. 7. janúar 2011. Mældur vindhraði að morgni í Hellisskarði, Ölkelduhálsi, Hellisheiði og á Miðdalsheiði.

5.3 Tilvik 1. febrúar 2011

Lægð fór norðaustur yfir landið. Skýjasnúður hennar var við vesturströndina um morguninn og með honum rakt loft. Snérist úr SV-golu í NV- og síðan N-kalda undir hádegi. Hiti var nálægt frostmarki, en fór hratt kólnandi. Rakamettað loft var í Hveradalabrekkunni og á Miðdalsheiði, en ekki uppi á Hellisheiði. Eftir hádegið lægði og rofaði til. Á myndum 17, 18 og 19 má sjá samanburð mælinga á nokkrum nálægum veðurstöðvum auk mælisins í Hveradalabrekkunni.

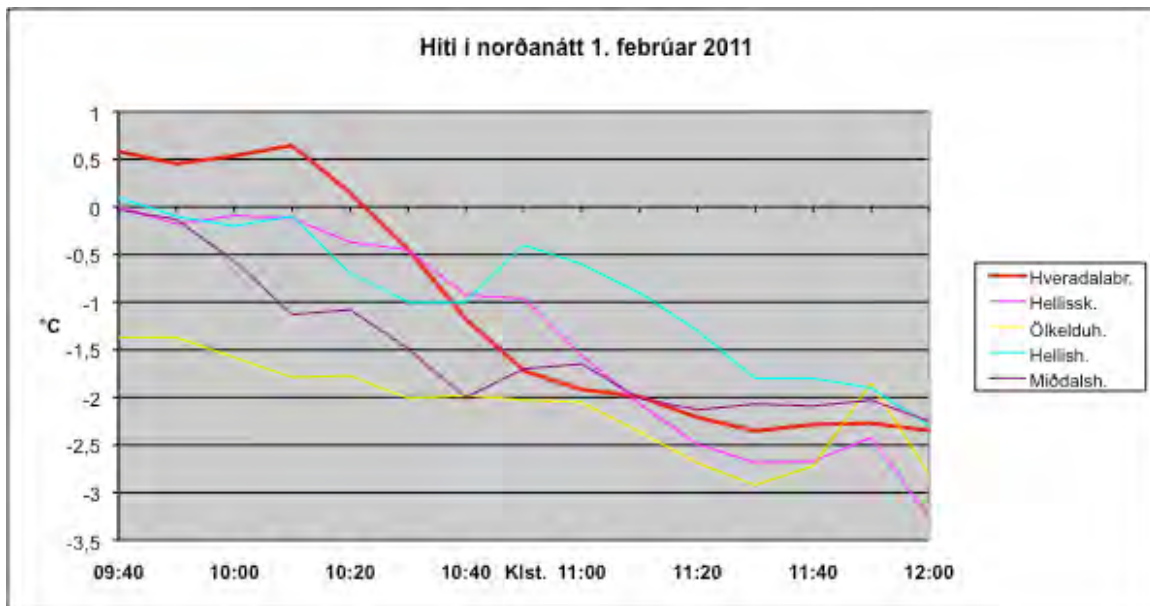
Upplýsingar frá vaktstöð suðvestursvæðis Vegagerðarinnar.

1. febrúar

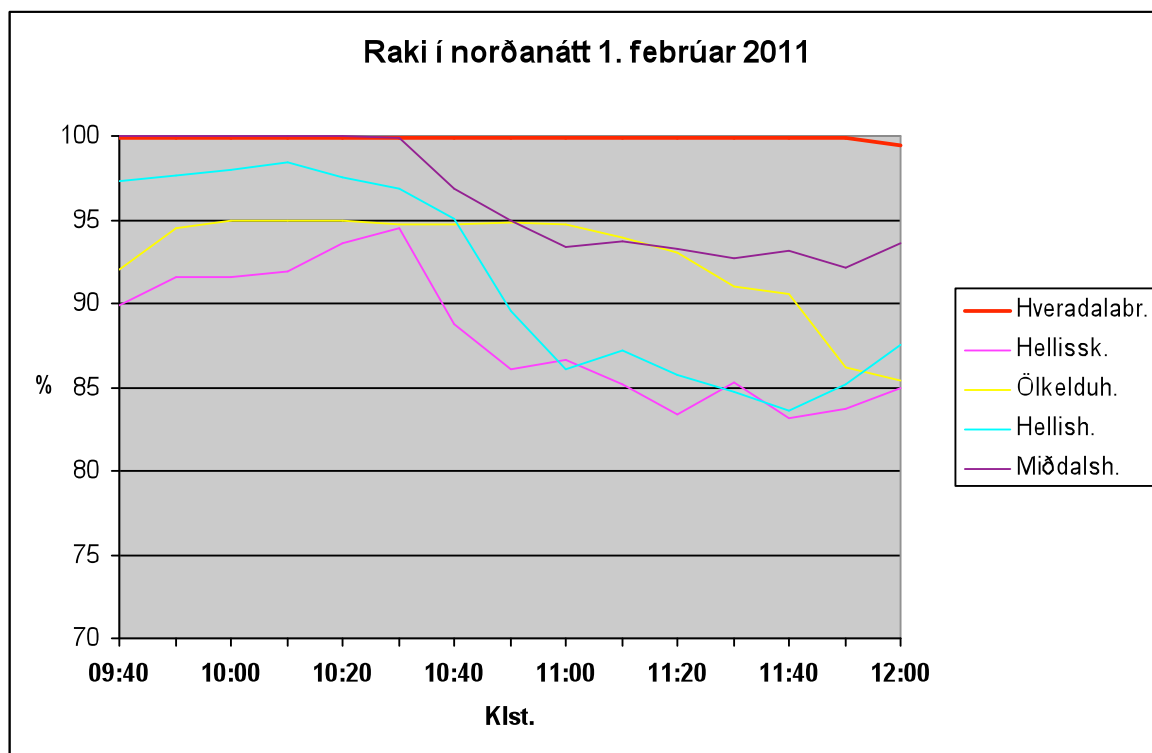
Bíll 310 fór í eftirlit kl 09:00 og aftur kl 10.30 engar aðgerðir voru í gangi á þessu tímabili.

Niðurstaða:

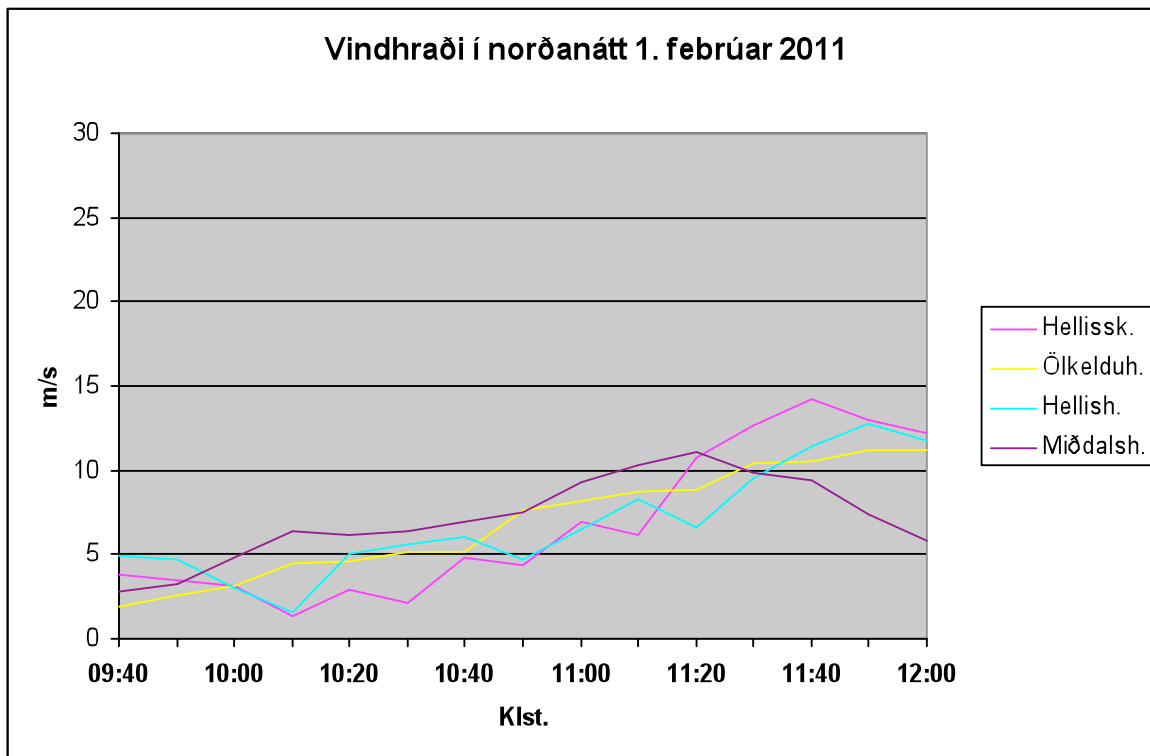
Rakamettun sem mælist í Hveradalabrekkunni er að öllum líkindum vegna skilabakkans, enda loftið rakt og vindur áveðurs á Hengil og Hellisheiðina. Engrar hélumyndunar eða hálfu varð heldur vart.



Mynd 17. 1.febrúar 2011. Mældur hiti á stöð í Hveradalabrekku ásamt fjórum öðrum til samanburðar.



Mynd 18. 1. febrúar 2011. Mælt rakastig á stöð í Hveradalabrekku ásamt fjórum öðrum til samanburðar.



Mynd 19. 1. febrúar 2011. Mældur vindhraði í Hellisskarði, Ölkelduhálsi, Hellisheiði og á Miðdalsheiði.

5.4 Tilvik 15. til 16 febrúar 2011

Lægðarmiðja var við suðurströndina að kvöldi 15. febrúar og skil hennar komu úr norðri með vesturstönd landsins. N-gola eða –kaldi var og hiti við frostmark, en fór hægt hlýnandi. Kringum miðnættið var loftið í Hveradalabrekkunni rakametnað en ekki á öðrum veðurstöðvum. Þegar leið á nóttina snérist í norðaustan golu og hlýnaði upp fyrir frostmark. Ísingarskilyrðin í kringum miðnættið voru að öllum líkindum tengd skilabakkanum ásamt þeim möguleika að raki hafi bæst við frá Hellisheiðarvirkjun, en loftraki var lægri á öllum hinum veðurstöðvunum. Á myndum 20, 21 og 22 má sjá samanburð mælinga á nokkrum nálægum veðurstöðvum auk mælisins í Hveradalabrekkunni.

Upplýsingar frá vaktstöð suðvestursvæðis Vegagerðarinnar.

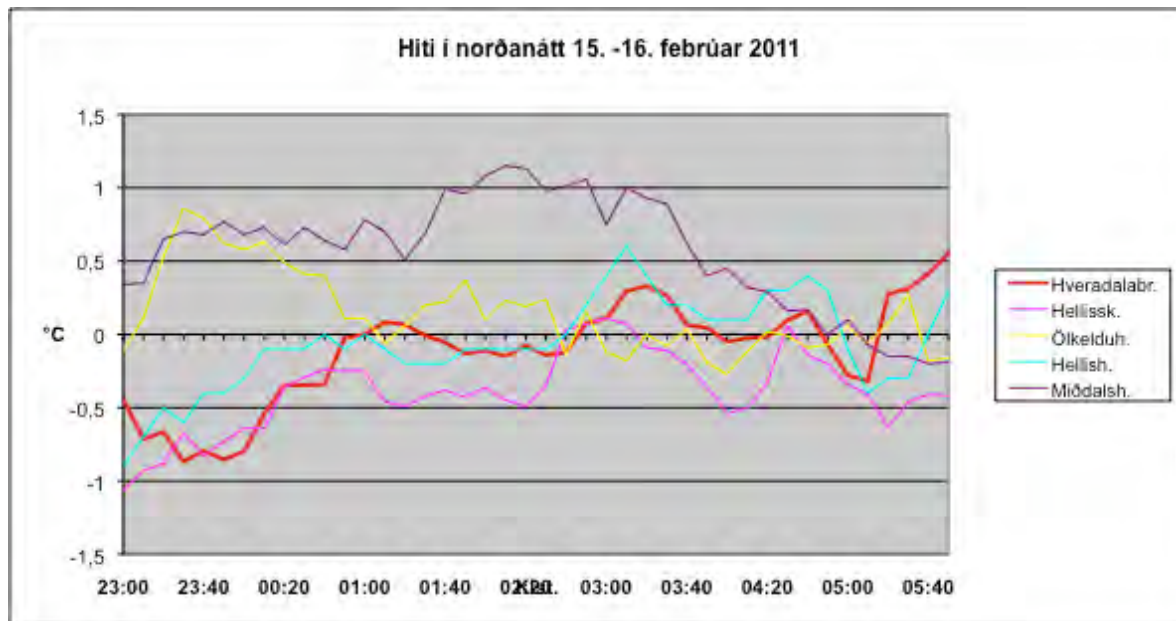
15. – 16. febrúar

Einn bíll var úti í byrjun vaktarinnar og var á Hellisheiði fram yfir miðnætti, skafrenningur og él var á Hellisheiði fram eftir nóttu, tveir bílar fóru á Hellisheiði fyrir morguninn.

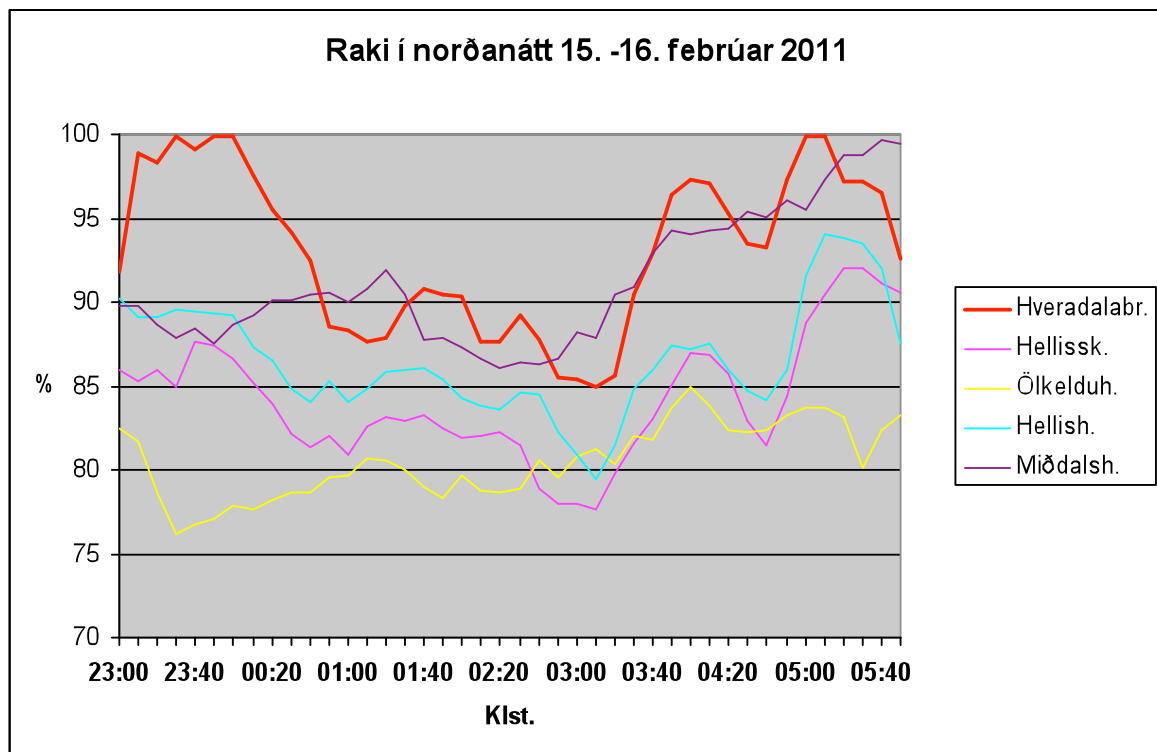
Niðurstaða:

Skafrenningur var og úrkoma og aðgerðir í gangi vegna hálfu á allri Hellisheiðinni um kvöldið og fram á nóttina. Líklegt er að aukinn raki sem mælist í Hveradalabrekkunni hafi verið vegna gufunnar. Vindur var reyndar það hægur að niðursláttur frá orkuverinu verður að teljast útilokaður, möglega svæling gufunnar niður til jarðar þó svo að þetta séu ekki

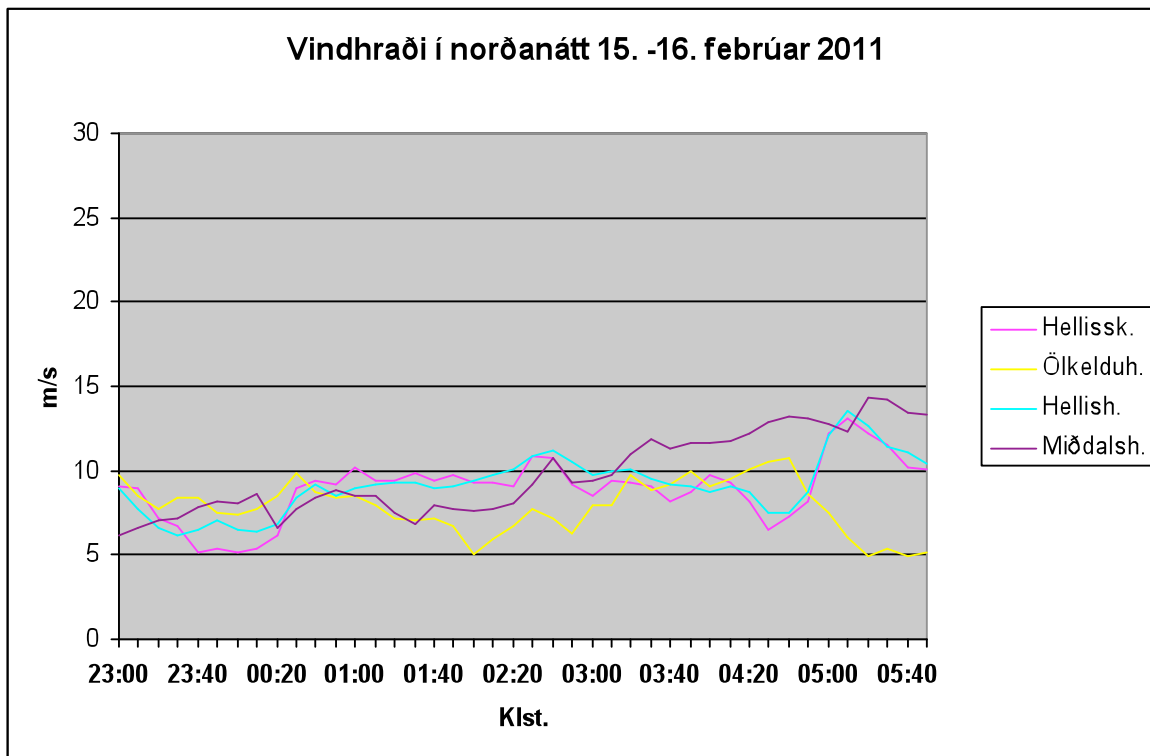
dæmigerð veðurskilyrði svælingar. Ísingarmyndun var vegna veðurs á öllu svæðinu og ekkert sem bendir til þess að hálkan hafi verið meiri eða verri í Hveradalabekkkunni en annars, þrátt fyrir rakamettun loftsins þar.



Mynd 20. 15. til 16.febrúar 2011. Mældur hiti á stöð í Hveradalabrekku ásamt fjórum öðrum til samanburðar.



Mynd 21. 15. til 16. febrúar 2011. Mælt rakastig á stöð í Hveradalabrekku ásamt fjórum öðrum til samanburðar.



Mynd 22. 15. til 16. febrúar 2011. Mældur vindhraði í Hellisskarði, Ölkelduhálsi, Hellisheiði og á Miðdalsheiði.

5.5. Líklegur forstúði 8. janúar 2011

Laust fyrir hádegi laugardaginn 8. janúar varð vart við staðbundna hálfu í Hveradalabrekkunni. Óskaði vegefirlitsmaður á vegum Vegagerðarinnar eftir aðgerðum til hálkueyðingar í Hveradalabrekkunni, en ekki var þörf á henni annarsstaðar á þjóðveginum austur yfir Hellisheiði.

Þennan morgunn mældist á Hellisheiði 6 til 7 stiga frost í 2 m. hæð, en veghiti var mun lægri eða nærri -12°C . Mælingar veðurstöðvar verkefnisins sýndi um 6 stiga frost snemma um morguninn og rakastig var um 75%. Þess má geta að um þetta leyti voru veðurathugunir orðnar stopular þar sem rafhlaða stöðvarinnar var farin að gefa sig. (skipt var um rafhlöðu þ. 12.) Vindur á Hellisheiði var þennan morgunn hægur norðanstaður, jafnvel aðeins vestan við norður, en ekki nema 2-4 m/s.

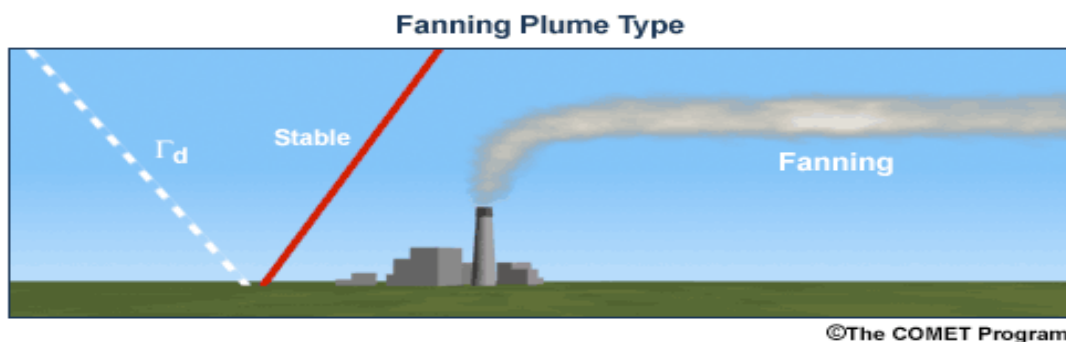
Þegar vindur er aðeins vestan við norður ber gufumökkinn yfir Reykjafell og þaðan yfir veginn. Vindur var hins vegar svo hægur að gufan nær að rísa og varla þá legið með jörðu líkt og getur gerst þegar hvassara er. Stöðugleiki loftins eða réttara sagt hitafall með hæð getur þó undir vissum kringumstæðum haft þar nokkuð að segja. Á Hellisheiði var loftið frekar þurr og rakastigið 70-74% eða svipaður og snemma morguns á mælinum í brekkunni.

Háloftaathugun á Keflavíkurflugvelli á hádegi þ. 8. gefur til kynna að loftið hafi verið stöðugt í neðsta laginu eða undir 100-150 metrum. Hitinn í 2 m hæð í Keflavík var ekki nema rúmlega -2°C og hitahvarf við jörð var ekki til staðar. Vindur var líka um 6-7 m/s í 10 metra

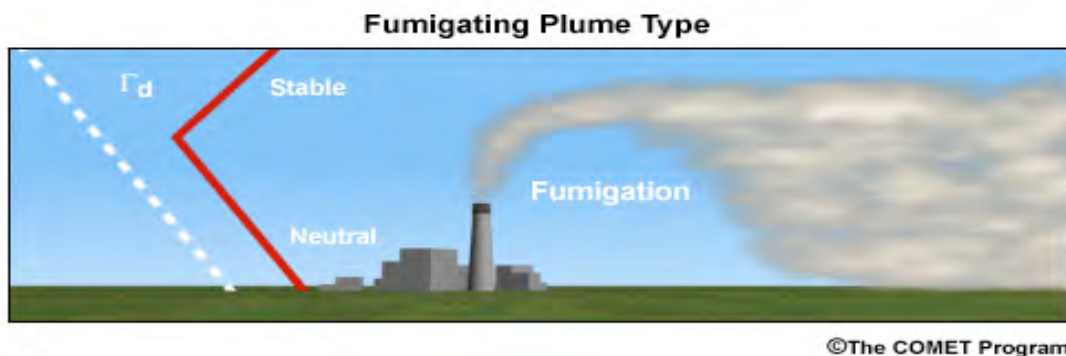
hæð sem er nægjanlegur til að viðhalda lóðréttri blöndun nærri jörðu. Á Helliheiði var hins vegar hægari vindur og vísbendingar þar um skarpara hitahvarf við jörð.

Í köldu og stilltu veðri í N-átt, nær gufan að rísa upp í ákveðna hæð og sú staðreynd að loftið er stöðugt gerir það að verkum að getan til lóðréttrar blöndunar er mjög takmörkuð. Gufan hefur því tilhneygingu til að berast lárétt undan vindi frá orkuverinu. Þetta er svokölluð borðadreifing reyks og sjá má á mynd 23. Borðadreifing reyks er ríkjandi að sumarlagi í þröngum fjörðum, t.a.m. á Austfjörðum, en mun fátíðara er að loft hafi svipuð einkenni hitafallanda yfir landi. Helst í langvinnu kyrrviðri samfara frosti á vetrana. Til er annað afbrigði svipaðar dreifingar, en þá er gert ráð fyrir hitahvarfi nokkru ofan við útblástursopið. Þá verður svokölluð svæling reyksins og skýrð er á mynd 24. Við svælingu safnast útblásturinn upp í neðsta loftlaginu og blandast þar illa eða alls ekki því lofti sem er ofar. Svæling er algeng að vetrarlagi fjarri sjó þar sem vind hreyfir vart svo dögum eða vikum skiptir. Í Mið-Evrópu eru veðurskilyrði nokkuð algeng fyrir svælingu, en hér á landi eru þau fremur óalgeng og stenda alla jafna yfir í aðeins skamma stund.

Vel má hugsa sér í mjög köldu veðri með stöðugu lofti, þegar hitahvarf er við jörð og annað í 80 til 150 metra hæð að þá verði svæling gufunnar. Sé vindur jafnframt af N eða NV, en ekki af NA eða A sem er algengara berst þéttur gufumökkurinn yfir Hveradalabrekkuna. Vegna takmarkaðrar getu loftins til blöndunar við þurrara loft að ofan, fellur fíngerður úði úr gufumekkinum til jarðar og hann frýs við snertingu við yfirborðið og myndar glæru. Þetta er lýsing á dæmigerðum frostúða. Hátt rakastig við jörð er ekki endilega forsenda fyrir frostúðanum, hann getur fallið þegar dreifing gufunnar er mitt á milli þess að teljast til borðadreifingar og svælingar. Mestu skiptir að takmörkuð blöndun við þurrara loft leiðir til þess að rakamettun helst í um 20-100 metra hæð yfir jörðu um nokkurn veg frá orkuverinu.



Mynd 23. Borðadreifin reyks verður þegar loft er stöðugt, þ.e. hitafall með hæð lítið eða jafnvel þannig að kaldara er nærri jörðu en aðeins ofar.



Mynd 24. Dreifing reyks úr verksmiðjuháfi, þegar loft er lagskipt með hitahvarfi í tiltekinni hæð. Þá safnast reykurinn fyrir undir hitahvarfinu.

Niðurstaða:

Mjög líklega má telja að frostúði hafi valdið staðbundinni ísingu í Hveradalabrekkunni 8. janúar. Veður var með þeim hætti að dreifing gufunnar hefur haft einkenni borðadreifingar og jafnvel svælingar sem þó hefur ekki náð niður til yfirborðs jarðar. Því miður náðist ekki ljósmynd af dreifingu gufunnar frá orkuverinu þennan dag. Í einni vettvangsferðinni snemma vetrar 2009 (kafla 4.1) varð vart við lítilsháttar frostúða, sem náði þó ekki að mynda glæru á veginum. Veður var ekki eins kalt og 8. janúar 2011, en stöðugleiki þess var talsverður og hitahvarf ofan orkuversins líklegt ef miðað er við háloftaathugun á Keflavíkurflugvelli þennan sama dag.

Það er þekkt m.a. frá iðnaðarsvæðum N-Ameríku og Englands að snjóað hafi í þurru lofti þegar enginn átti von á úrkomu¹². Snjókoman er þá rakin til stórra kolaorkuvera, en við bruna jarðefnaeldneytis losnar, eins og kunnugt er, allmikið vatn úr læðingi og berst út í lofthjúpin.

¹² Wood, C.R. og Harrison, R.G. Anthropogenic snowfall events in the UK: examples of urban weather modification ? Weather – October 2009, Vol.64, No.10, bls. 277-280.

5.6 Ályktanir og niðurstöður að loknum hita og rakamælingum í Hveradalabrekkunni

Til að gufumökkurinn frá Hellisheiðavirkjun nái að slá sér niður í Hveradalabrekkunni þarf norðanáttin að vera mjög hvöss. Á mælitíma veðurstöðvarinnar í Hveradalabrekkunni fannst annað tilvik en það sem hér er til umfjöllunar (7. janúar 2011), þar sem niðursláttur er líklegur. Síðdegis þann 17. desember blés hraustlega af norðri. Þá jókst rakinn í Hveradalabrekkunni eftir því sem hvessti. Vindur varð mestur um 17-21 m/s (Miðdalsheiði) og hiti -5°C , um svipað leyti. Rakastigið fór í um 95% frá því að vera á milli 70-75% áður en hvessti. Lækkun raka varð síðan aftur þegar vindur snerist meira til NA og gufan barst þar með í aðra átt.

Þegar loft er rakt en ekki mettað getur viðbótarraki frá gufumekki Hellisheiðavirkjunar leitt um stund til mettunar í Hveradalabrekkunni í norðlægum vindi. Enginn merki eru um sérstaka hrímmyndun á vegi þegar svo háttar til, en vel má hugsa sér að héra falli á veg í einhverjum, en þó litlum mæli við slíkar veðuraðstæður. Rakt loft í N-átt er hins vegar síður en svo algengt. Oftast er loftið þurr og jafnvel mjög þurr. Viðbótarraki frá gufu virkjunarinnar hefur þá enga þýðingu því loftið er eftir sem áður oftast langt frá rakamettun.

Mjög líklega má telja að frostúði hafi valdið staðbundinni ísingu í Hveradalabrekkunni 8. janúar 2011. Þá var talsvert frost við jörðu og N-átt í lofti. Lagskipting loftsins og hitahvarf í hæð gerðu það að verkum að loftið hélst rakamettað yfir veginn og úr því féll fingerður úði sem myndaði ísingu á veginum. Kallað var eftir tæki til hálkueyðingar þennan morgun vegna ísingar sem varð vart eingöngu í Hveradalabrekkunni.

6.0 Helstu niðurstöður um þátt gufu frá Hellisheiðarvirkjun á ísingu í Hveradalabrekku

Þær mælingar sem gerðar hafa verið til þessa benda ekki til þess að gufa frá Hellisheiðarvirkjun sé áhrifavaldur á myndun ísingar á Suðurlandsvegi í Hveradalabrekku. Við ákveðin, en fremur óalgeng veðurskilyrði má þó gera ráð fyrir því að gufan geti valdið ísingu úr gufumekki, einkum sem frostúði í köldu veðri.

Við þau veðurskilyrði, sem gufuna frá virkjuninni leggur yfir veginn, þ.e. samfara norðlægrri vindátt, er ekki að sjá að gufan þéttist og myndi hélu á veginum. Engu að síður verður vart við aukinn raka og hækkun rakastigs þar sem gufumökkinn ber yfir. Mælingar leiða í ljós hækkun rakastigs undir kjarna gufamakkarins nemur 5 til 10 prósentustigum. Í N-átt er loft yfirleitt mjög þurr á þessum slóðum, rakastig gjarnan á bilinu 50 til 80%. Þrátt fyrir hækkað rakastig á þeim stað, þar sem gufumökkinn leggur yfir, er aukningin ekki næg til mettnar loftsins og vantar í raun nokkuð upp á.

Athuganir á vettvangi benda til þess að í þurri N-átt þurfi vind sem nemur a.m.k. 18-20 m/s til að keyra gufumökkinn niður, þannig að hann fylgi yfirborði jarðar ákveðna vegalengd frá upptökum. Í hægari vindi en það rís gufumökkurinn til lofts.

Ef gengið er út frá því að hélumyndun sé nær útilokuð í þurri N-átt, sem vissulega er nokkuð algengt veðurlag, má e.t.v. hugsa sér þrenns konar veðurskilyrði, sem hugsanlega eru völd að því að þáttur gufunnar geti hraðað eða aukið á hélumyndun eða ísingu af einhverju tagi á þessum slóðum Suðurlandsvegur:

- a. Hvöss N-átt þar sem gufumökk Hellisheiðarvirkjunar slær niður og fylgir yfirborði. Hélumyndun er þá möguleg, en tilvik eru ekki þekkt. Búast má við N-átt af þeim styrk með frosti veðurlagi einu til þrisvar sinnum að jafnaði yfir veturinn.
- b. Hár raki í lofti og fremur hægur N-vindur. Þá getur viðbótarraki frá gufumekki Hellisheiðavirkjunar leitt um stund til mettnar í Hveradalabrekku. Enginn merki eru um sérstaka hrímmyndun á vegi þegar svo háttar til, en vel má hugsa sér að héra falli á veg í einhverjum mæli við slíkar veðuraðstæður. Oftar fylgir úrkoma þegar loft er rakt í N-átt og hálf myndast þá hennar vegna.
- c. Frostúði er þekktur hákuvaldur. Í köldu og stilltu veðri þar sem engu að síður er greinileg N-átt, nær gufan að rísa upp í ákveðna hæð og sú staðreynd að loftið er stöðugt gerir það að verkum að getan til lóðréttrar blöndunar við þurrara loft er takmörkuð. Lagskipting loftsins á mestan þátt í því að fíngerður úði fellur úr gufumekkinum sem frýs síðan við snertingu við yfirborðið og myndar glæru. Hátt rakastig við jörð er ekki endilega forsenda fyrir frostúðanum. Eitt hákutilvik þessa tvo vetur má nær örugglega rekja til frostúða þar sem gufan kemur við sögu og mögulega fleiri. Gerist aðeins í köldu veðri og frekar stilltu. N-átt eða A-átt er talsvert algengari í slíku veðurlagi heldur en N-átt og þá ber gufumökkinn síður eða alls ekki yfir Suðurlandsveg.

Viðauki I -Skráð óhöpp af völdum hálfu á Hellisheiði

Skráð óhöpp af völdum hálfu á Hellisheiði og í Hveradalabrekku frá gagnsetningu virkjunarinnar

Hellisheiðarvirkjun var gangsett í ágúst árið 2006. Fram til þess tíma var engin gufa losuð frá virkjuninni né heldur kæliturnum hennar. Síðasta ár ofangreindrar athugunar, þ.e. 2007, er eitt óhapp á þessum vegarköflum sem rekja má til hálfu. Síðan þá er ekki aðgengileg samræmd skráning, en leitað var af tilvikum hálfuóhappa af þessu svæði, sem rötuðu í fjölmiðla. Aðeins eitt slíkt er skráð. Þau eru því tvö óhöppin, sem rakin eru til hálfu frá því að virkjunin var gangsett til loka árs 2009. Ekki eru þó útilokað að þau hafi verið fleiri, þá minniháttar óhöpp, sem sjaldnast eru tilkynnt til lögreglu.

5. janúar 2007

Tveir bílar rákust saman um kl. 18. Áreksturinn var harður og höfnuðu báðir bílarnir utan vegar. Tildrög slyssins voru rakin til hálfu á veginum.

Um veðurastæður: Síðdegis þennan dag var V-átt á Hellisheiði (270°). Vindur var mjög hægur og rakastig yfir 95%. Hiti var alveg um frostmark, en veghitamælingar nokkuð sérkennilegar miðað við lofthita og því vart áreiðanlegar. Snjóað hafði um morguninn frá úrkomuskilum á leið norðaustur yfir landið. Hiti var þá rétt um eða yfir frostmarki á Hellisheiði. Í kjölfar skilanna snerist í hæga V-átt með smá eljum. Ljóst má vera að blautur snjórinn frá því um morguninn eða krapí af einhverju tagi, sem ekki hefur náðst að hreinsa í tæka tíð, á þátt í ísingu sem myndast síðdegis, þó vitanlega sé útilokað að fullyrða um slíkt. Í það minnsta er úrkoma, sem fellur sem slydda eða blautur snjór þekktur hálfuvaldur, sérstaklega þegar vind lægir og yfirborðið kólnar heldur. Hvað veghitamælingarnar áhrærir, sem sýna myndu ferlið betur, þá er líklegt að nemi mælisins hafi lent undir snjóruðningi eða einhveru slíku. Á Sandskeiði var svipað hitafar, þ.e. hiti um frostmark allan daginn, en veghitinn sýnir greinilega lækun í kjölfar skilanna um og upp úr kl. 15.

Hálkan, sem er völd að óhappinu, er mjög líklega ekki í neinum tengslum við gufuna frá Hellisheiðarvirkjun.

4. janúar 2009

Í frétt Morgunblaðsins 5. janúar mátti lesa eftirfarandi: “Hellisheiði breyttist í slysgildru í gærdeg þegar skyndilega snöggkólnaði og glerhálfu myndaðist á örskotsstundu. Fimm slys urðu á heiðinni á skömmum tíma. Jeppabifreið fór út af veginum við Skíðaskálann í Hveradölum og valt.”

Aðfaranótt þess 4. janúar var þíða og virðist hafa rígt dálítið víðast suðvestanlands frá skýjabakka. Vindur var hægur af A. Í kjölfarið létti til og yfirborðið kólnaði. Vindur var allan þennan dag hægur eða 1-4 m/s og vindáttin breytileg. Á Hellisheiði lækkaði veghiti niður fyrir frostmark um hádegi og lofthitinn nokkrum klukkustundum síðar. Þarna virðast því hafa verið kjöraðstæður fyrir myndun glerhálfu, þ.e. bleyta sem fyrir er á vegi frýs um leið og yfirborðið kólnar niður fyrir frostmark.

Nánast er hægt að útiloka með öllu af gufa frá Hellisheiðarvirkjun hafi átt þarna hlut að máli.