

# Fallryksmælingar 2005–2025

## við Hálslón, á Brúaröræfum og Fljótsdalshéraði





# Fallryksmælingar 2005–2025 við Háslón, á Brúaröræfum og Fljótsdalshéraði

## Höfundar

Erlín Emma Jóhannsdóttir  
Kristín Ágústsdóttir

## Dagsetning

Desember 2025

# Lykilsíða

Skýrsla LV nr	LV-2025-081	Dagsetning	Desember 2025
Fjöldi síðna	23 s.	Upplag	1
Dreifing	<input type="checkbox"/> Birt á vef LV	<input checked="" type="checkbox"/> Opin innan LV	<input type="checkbox"/> Takmörkuð til [dags.]
Titill	Fallryksmælingar 2005–2025 við Háslón, á Brúaröræfum og Fljótsdalshéraði		
Höfundar/fyrirtæki	Erlín Emma Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir / Náttúrustofa Austurlands		
Verkefnisstjóri	Árni Óðinsson		
Unnið fyrir	Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar	–		
Útdráttur	Í skýrslunni eru teknar saman niðurstöður fallryksmælinga við Háslón, á Fljótsdalshéraði og á Brúaröræfum á árunum 2005 til 2025. Sjá útdrátt Náttúrustofu Austurlands		
Lykilorð	Kárahjúkarvirkjun, Fallryk, upplok, Háslón, sjálfbærnisvar, loftgæði		

Samþykki verkefnisstjóra  
Landsvirkjunar

# Fallryksmælingar 2005–2025 við Háslón, á Brúaröræfum og Fljótsdalshéraði

Erlín Emma Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir

Unnið fyrir Landsvirkjun



## NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

<b>Skýrsla nr:</b> NA-250283	<b>Dags (mánuður, ár):</b> Desember 2025	<b>Dreifing:</b> Opin
<b>Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):</b> Fallryksmælingar 2005–2025 við Háslón, á Brúaröræfum og Fljótsdalshéraði		<b>Síðufjöldi:</b> 23
		<b>Fjöldi viðauka:</b> 1
<b>Höfundar:</b> Erlín Emma Jóhannsdóttir og Kristín Ágústsdóttir		
<b>Unnið fyrir:</b> Landsvirkjun		
<b>Útdráttur:</b> <p>Landsvirkjun óskaði eftir því að Náttúrustofa Austurlands tæki saman gögn um fallryk sem safnað hefur verið frá árinu 2005 – 2025 við Háslón, á Fljótsdalshéraði og á Brúaröræfum. Fallryki var safnað í fallryksgildrum sem staðsettar voru á mismunandi mælistöðum á þessum þremur svæðum. Við Háslón og á Fljótsdalshéraði eru til samfelldar mælingar frá árinu 2005 til 2025 en á Brúaröræfum var hætt að mæla árið 2012. Breytileiki er milli ára hversu margir mælistaðir voru í gangi yfir tímabilið. Flestar voru þær samtals átján en færstar fimm. Fallryksgildrurnar voru settar út þegar snjóa og ísa leysti og var það misjafnt eftir svæðum en alla jafna voru þær settar út í maí eða júní og teknar inn í september. Safnað var í þrjátíu daga í senn og það fallryk sem safnaðist á þeim tíma mælt.</p> <p>Markmið samantektarinnar á fallryks gögnunum var að setja gögnin í samhengi við loftgæðamörk eins og þau eru skilgreind í reglugerð. Auk þess að leggja mat á hvort magn fallryks hafi aukist marktækt eftir myndun Háslóns og hvort augljós tengsl séu milli hæðar vatnsborðs Háslóns og aukins ryks í mælingum á svæðunum.</p> <p>Blönduð línuleg líkön voru notuð til að kanna hvort fallryk hafi aukist á svæðunum milli tímabila fyrir og eftir að Háslón fylltist. Einnig voru líkönin notuð til að kanna fylgni milli lægstu stöðu Háslóns og magns fallryks á hverju svæði sem og breytileika á mánaðarmeðaltölum á rannsóknartímabilinu.</p> <p>Niðurstöður samantektarinnar með tilliti til reglugerðar um loftgæði leiddu í ljós að loftgæði voru í flestum tilvikum góð og fóru gildi þrisvar yfir viðmiðum sem teljast óviðunandi á tímabilinu. Mæligildi fallryks féllu í fimmtán tilfellum í flokk sem skilgreindur er í lagi og þar af voru átta mælingar við Háslón eftir að lónið fylltist í fyrsta sinn. Niðurstöðurnar benda einnig til þess að fallryk hafi ekki aukist við Háslón, á Fljótsdalshéraði og á Brúaröræfum eftir að Háslón fylltist en vísbendingar eru um að meira fallryk mælist á svæðinu við Háslón þegar lónstaða er lág. Ekki komu fram vísbendingar um að hæð Háslóns hefði áhrif á fallryk á Fljótsdalshéraði eða á Brúaröræfum.</p>		
<b>Lykilorð:</b> Fallryk, uppfok, Háslón, sjálfbærnivísar, loftgæði		<b>ISSN nr:</b> 2547-7447 (rafræn útgáfa)
<b>Yfirlit:</b> KÁ		<b>ISBN nr:</b> 978-9935-543-33-2 (rafræn útgáfa)

## Efnisyfrilit

Inngangur .....	4
Aðferðir .....	7
Staðsetning og fjöldi stöðva .....	7
Söfnun og mælingar .....	8
Viðmiðunarmörk .....	9
Úrvinnsla gagna .....	10
Niðurstöður .....	11
Umræður .....	16
Lokaorð .....	16
Viðauki I .....	17
Heimildir .....	21

## Myndaskrá

1. mynd. Bakkar Háslóns í júlí 2022. Skjámynd tekin úr Google Maps 23. nóvember 2025 (©2025 CNES/Airbus, Airbes, NCEs, Google). ..... 5
2. mynd. Allir mælistaðir fallryks 2005–2025. Bakgrunnskort: Landmælingar Íslands, 2017. .... 7
3. mynd. a) Söfnunarílát úr plasti,                      b) Söfnunarílát í grind,                      c) Fallryksmælir ..... 9
4. mynd. Styrkur fallryks á öllum mælistöðum á árunum 2005–2025 flokkað eftir svæðum. Ólíkir litir í bakgrunni tákna viðmiðunargildi reglugerðar nr. 817/2002 og viðmið Hollustuverndar ríkisins um flokkun loftgæða eftir styrk í gott, í lagi, óviðunandi. Söfnunarmánuður er táknaður með ólíkum formum. Sýndar eru allar mælingar sem gerðar voru á tímabilinu..... 11
6. mynd. Dreifing á mælingum fallryks og fjöldi mælinga (n) á hverjum mælistað 2005-2025. Kassarnir innihalda 50% gilda miðgildi dreifingar er sýnd sem svört lína inn í hverjum kassa og meðaltöl sem fylltir hringir. .... 12
7. mynd. Hlutfallsleg breyting á fallryki (%) eftir tímabili fyrir og eftir tilkomu Háslóns á mælistöðum fyrir þrjú svæði: Háslón, Fljótsdalshérað og Brúaröræfi. Punktar sýna áætlaða meðalbreytingu og láréttar línur tákna 95% öryggisbil. .... 13
8. mynd. Samband fallryks og lægstu lónstöðu fyrir mælingar eftir 2007 á hverju svæði. Bláa línan í hverju hólfi er spálina úr blönduðu línulegu líkani, þar sem fallryk ( $\log_{10} p + 1 \text{ g/m}^2$ ) var látið ráðast af lægstu vatnsstöðu Háslóns með slembiskurðpunktum fyrir mælistaði. Textinn efst í hverju hólfi sýnir áætlaðan halla ( $\beta$ ) og  $p$ -gildi fyrir lægstu stöðu Háslóns úr líkaninu..... 15
9. mynd. Dreifing fallryks ( $\log_{10} p + 1$ ) eftir mánuðum og svæðum ásamt aðlöguðum meðaltölum úr blönduðu líkani. Bókstafir sýna niðurstöður úr eftirgreiningarsamanburði, þar sem mánuðir sem deila sama bókstaf eru ekki marktækt frábrugðnir, en mismunandi bókstafir gefa til kynna marktækan mun milli mánaða á viðkomandi svæði..... 15

## Töfluskrá

- Tafla 1. Yfirlit fallryksmælinga árin 2005–2025 á þremur svæðum og 19 mælistöðum, ✓ = mæling til staðar – = engin mæling. Raðað eftir staðsetningu og númeri mælistaðar sem er í sviga. .... 8
- Tafla 2. Loftgæðamörk fyrir fallryk miðað við mánaðar söfnunartíma (Sigurbjörg Gísladóttir 1985). .... 9
- Tafla 5. Hæsta og lægsta staða (m) í Háslóni eftir árum á mælingatímabili fallryks á árunum 2005-2025 (tafla unnin upp úr gögnum frá Landsvirkjun, Árni Óðinsson, verkefnastjóri Landsvirkjunar, tölvupóstur þann 3. september 2025). .... 14

## Inngangur

Ísland er ein af stærstu uppsprettum ryks á jörðinni og hafa allt að 40% landsins verið skilgreind sem uppsprettur. Nokkur megin foksvæði hafa verið skilgreind og þar á meðal Dyngjusandur norðan Dyngjujökuls í Vatnajökli þar sem rykstormar koma fyrir jafnvel daglega yfir sumarið (Arnalds o.fl., 2016; Arnalds, 2010; Meinander o.fl., 2022) og Vikurhraun/Vikursandur austan Öskju (IceDust, 2025). Í samantekt á ryki í andrúmslofti á nokkrum veðurstöðvum víðsvegar um Ísland á tímabilinu 1949–2011 kom í ljós að langflestir skráningar voru á Grímsstöðum á Fjöllum eða að meðaltali 12,5 rykdagar á ári og næst mest á Egilsstöðum eða 3,9 rykdagar á ári. Þó var mikill breytileiki milli ára í fjölda viðburða. Rykviðburðir á Norðausturlandi voru algengastir í suðvestan, sunnan og suðaustanáttum (Dagson-Waldhauserova o.fl., 2013). Ryk í andrúmslofti getur haft áhrif á lífsgæði og heilsu fólks og umhverfi.

Frá árinu 2005 hefur verið fylgst með rykmistri frá stærsta lóni Kárahnjúkavirkjunar, Háslóni, til að meta áhrif tilkomu lónsins á rykmistur í lofti. Vöktunin er hluti af sjálfbærniverkefni Alcoa Fjarðaáls og Landsvirkjunar en við undirbúning Kárahnjúkavirkjunar komu fram áhyggjur af rykmistri frá Háslóni en jafnframt var bent á að erfitt gæti verið að greina milli ryks frá Háslóni og ryks frá öðrum svæðum m.a. frá eyrum Jökulsár á Fjöllum (Landsvirkjun og Alcoa, 2005). Meginmarkmið sjálfbærniverkefnisins var að ryk myndi ekki aukast á Fljótsdalshéraði. Jökulsá á Dal ber með sér mikið magn svifaurs frá Vatnajökli, sem áður dreifðist með ánni yfir áreyrar í Jökuldal og olli þar jarðefnafoki í þurrum veðrum.

Með tilkomu Háslóns breyttist rennslismynstur árinna, og svæði sem áður voru virk rykuppspretta eru nú víða undir vatni. Á móti hafa nýir rykfletir myndast meðfram lóninu, sérstaklega þegar vatnsborð stendur lágt. Vatnsborð Háslóns sveiflast að jafnaði um 35 metra á ári, á bilinu 575–625 m y.s., en sveiflan getur orðið allt að 58 metrar í þurrustu árum (Byggt á gögnum frá Árna Óðinssyni, verkefnastjóri Landsvirkjun, í tölvupósti þann 3. september 2025). Þegar vatnsborð stendur lágt að vori og fram á sumar eru strandsvæði lónsins þurr og viðkvæm fyrir vindi (1. mynd), og þá getur orðið verulegt uppfok jarðefna frá bakkasvæðum.



1. mynd. Bakkar Háslóns í júl 2022. Skjámynd tekin úr Google Maps 23. nóvember 2025 (©2025 CNES/Airbus, Airbes, NCES, Google).

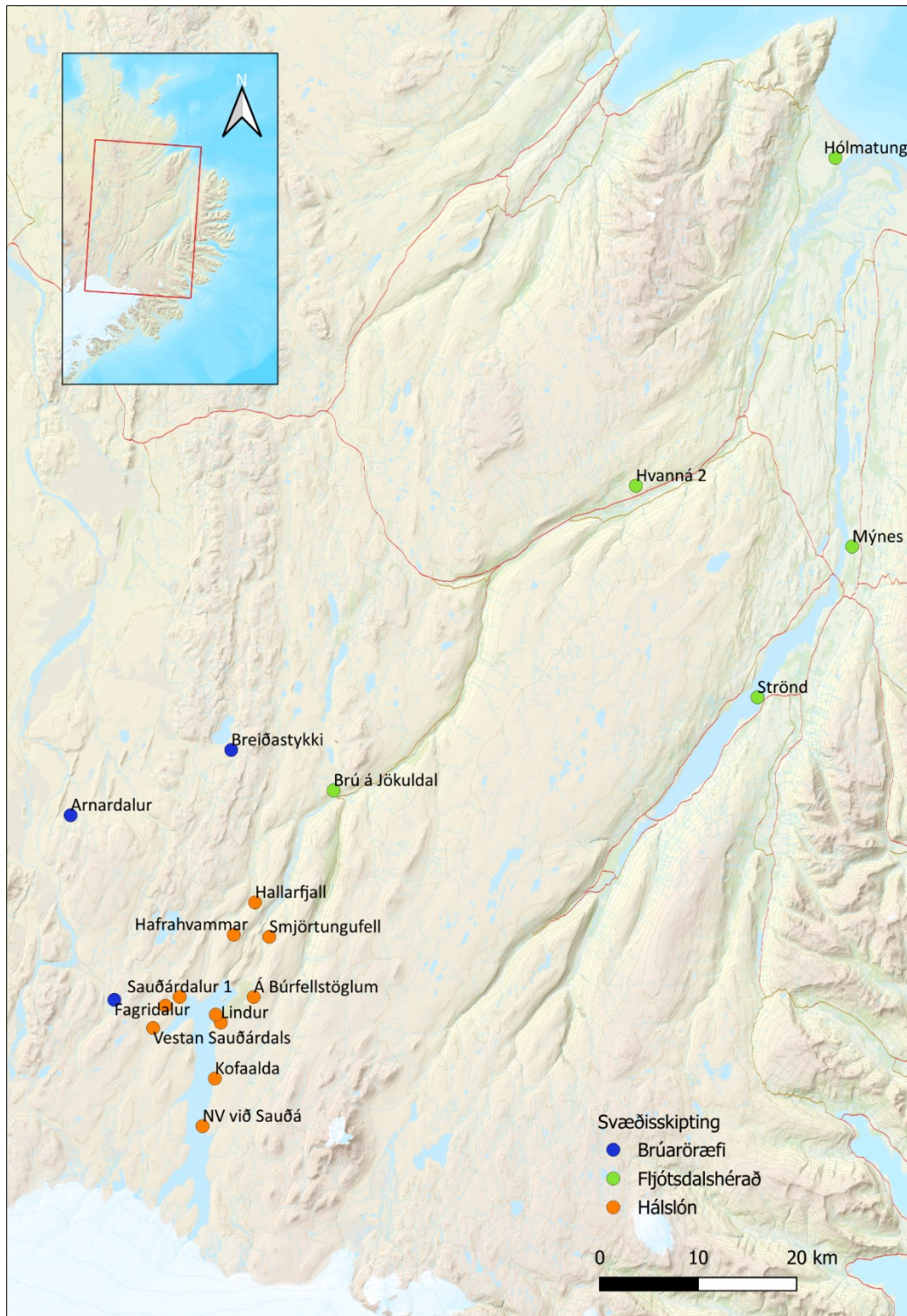
Til að meta þessi áhrif voru settir upp fallryksmælar við Háslón, á Brúaröræfum og Fljótsdalshéraði sem átti að fanga ryk í byggð, áður en Háslón var myndað til þess að geta borið saman magn fallryks fyrir og eftir virkjun. Fallryk er skilgreint sem ryk sem sest sjálfkrafa á rakt yfirborð og er að mestu samsett úr grófum ögnum ( $>10 \mu\text{m}$  í þvermál). Það er sá hluti jarðefnafoks sem berst upp í andrúmsloftið en fellur tiltölulega hratt til jarðar. Samkvæmt reglugerð nr. 817/2002 um loftgæði má meðalstyrkur fallryks sem ekki er vatnsleysanlegt ekki fara yfir  $10 \text{ g/m}^2$  á mánuði. Upphaflega voru mælingar staðsettar með hliðsjón af reiknilíkani sem sýndi að mest af áfoki myndi berast norður eftir Jökuldal og að hluta til austurs eftir því sem fjær drægi. Við val á stöðvum var einnig tekið tillit til að þær væru utan svæða þar sem önnur rykmyndun gæti truflað mælingar, og að aðgangur dýra væri takmarkaður (Snorri Páll Kjara og Hjalti Sigurjónsson, 2004).

Í þessari skýrslu eru niðurstöður mælinga frá 2005 til 2025 teknar saman og settar í samhengi við loftgæði eins og þau eru skilgreind í reglugerð. Markmið úrvinnslunnar er að leggja mat á hvort magn fallryks hafi aukist marktækt eftir myndun Háslóns og hvort augljós tengsl séu milli hæðar vatnsborðs Háslóns og aukins ryks í mælingum.

# Aðferðir

## Staðsetning og fjöldi stöðva

Fallryksmælingar fóru fram á þremur svæðum: á Fljótsdalshéraði, á Brúaröræfum og við Háslón (2. mynd).



2. mynd. Allir mælistaðir fallryks 2005–2025. Bakgrunnskort: Landmælingar Íslands, 2017.

Á árinu 2005, þegar mælingar hófust, voru settir út tólf mælar. Árið 2006 var tveimur mælum bætt við á Brúaröræfum og voru mælarnir þá samtals fjórtán á árunum 2006–2008. Árið 2009 var bætt við fimm mælum við Háslón og einn felldur út á Fljótsdalshéraði þannig að mælingar fóru fram á samtals átján stöðum á árunum 2009–2012. Af þeim voru ellefu mælistaðir við Háslón, fjórir á Fljótsdalshéraði og þrír á Brúaröræfum. Eftir árið 2012 fækkaði mælum verulega þegar vöktun með myndavélum hófst og mælingum við Brúaröræfi var þá hætt, en áfram voru þrír til fimm mælistaðir við Háslón og tveir til þrjár á Fljótsdalshéraði til og með árinu 2025 (Tafla 1).

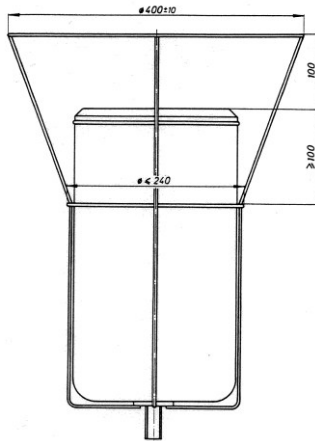
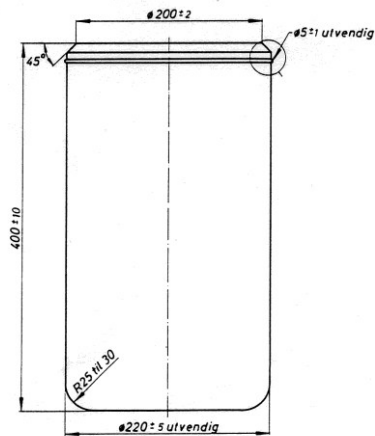
Tafla 1. Yfirlit fallryksmælinga árin 2005–2025 á þremur svæðum og 19 mælistöðum, ✓ = mæling til staðar – = engin mæling. Raðað eftir staðsetningu og númeri mælistaðar sem er í sviga.

Staðsetning	Mælistaður	2005	2006-2008	2009-2012	2013-2024	2025	
Fljótsdalshérað	Strönd Vallahrepp (1)	✓	✓	✓	✓	✓	
	Mýnes Eiðahreppi (2)	✓	✓	–	–	–	
	Hólmatunga Hlíðarh (3)	✓	✓	✓	–	–	
	Hvanná 2 Jökuldal (4)	✓	✓	✓	✓	✓	
	Brú á Jökuldal (5)	✓	✓	✓	–	✓	
Háslón	Lindur (6)	✓	✓	✓	–	✓	
	Kofaalda (7)	✓	✓	✓	✓	✓	
	Sauðárdalur (8)	✓	✓	✓	✓	✓	
	Vestan Sauðárdals	✓	✓	✓	–	✓	
	Á Búrfellstöglum (10)	✓	✓	✓	✓	✓	
	Sauðárdalur (11)	✓	✓	✓	–	–	
	Hafrahvamar (15)	–	–	✓	–	–	
	Hallarfjall (16)	–	–	✓	–	–	
	Smjörtungu (17)	–	–	✓	–	–	
	SV við Sandfell (18)	–	–	✓	–	–	
	NV við Sauðá (19)	–	–	✓	–	–	
	Brúaröræfi	Breiðastykki (12)	✓	✓	✓	–	–
		Arnardalur (13)	–	✓	✓	–	–
		Fagridalur (14)	–	✓	✓	–	–

## Söfnun og mælingar

Fallryksmælar fóru upp þegar snjó og ísa leysti en það var misjafnt eftir mælistöðum og árum hvenær hver mælir fór upp og fór það eftir færð og aðgengi. Flest ár voru mælarnir settir út í maí eða júní og teknir inn í september, yfirlit yfir útsetningu og vitjun mæla á hverjum mælistað og hvert ár er að finna í viðauka I. Árið 2021 voru fáir dagar bakvið mælingar í júní og árið 2023 misfórurst mælingar í júní frá öllum mælistöðum.

Fallryksmælar til söfnunar á ryksýnum voru samkvæmt norskum staðli NS 4852 og frágangur mæla og söfnun sýna voru einnig samkvæmt honum. Staðallinn er sambærilegur við ISO staðal (International Standardization Organization) ISO/DIS 4222.2 (Karsten Fuglsang o.fl. 2003). Söfnunarílát voru úr plasti, sívöl, 200 mm í þvermál og 400 mm há (3. mynd a). Í þau voru settir 500 ml af 5% 2-methoxyethanoli (til að hindra bakteríu- og þörungavöxt og að vatn frjósi) og þeim komið fyrir í grind á stöng, þannig að efri brún ílátsins var í um það bil 2 m hæð (3. mynd b–c) (Norges Standardiseringsforbund (NFS) 1981).



3. mynd. a) Söfnunarlát úr plasti,

b) Söfnunarlát í grind,

c) Fallryksmælir

Skipt var um ílát á um það bil 30 daga fresti ( $\pm 2$  dagar) og sýnum komið til Matís ohf í Neskaupstað þar sem magn fallryks í sýnum var mælt. Við skipti á íláti var skráð dagsetning og hvort einhverjar sérstakar aðstæður gætu haft áhrif á niðurstöður mælinga. Umsjónarmaður með mælunum lýsti veðurfari um söfnunartímann hvert sinn. Nánari lýsingu á fallryksmælum og aðferðum við sýnatöku og vigtun er að finna í NS 4852 (Norges Standardiseringsforbund (NFS) 1981). Árni J. Óðinsson, starfsmaður í Fljótsdalsstöð sá um að setja mælana upp og tæma þá.

Gögn um vatnsstöðu Háslóns voru fengin frá Landsvirkjun (Árni Óðinsson, verkefnastjóri Landsvirkjun, tölvupóstur þann 3. september 2025).

## Viðmiðunarmörk

Á Íslandi eru reglur um loftgæðamörk fyrir fallryk úr andrúmslofti þannig að styrkur fallryks sem ekki er vatnsleysanlegt má ekki fara yfir  $10 \text{ g/m}^2$  miðað við mánaðar söfnunartíma (Reglugerð nr. 817/2002). Í reglugerðinni er  $10 \text{ g/m}^2$  eina viðmiðið. Í skýrslu Hollustuverndar ríkisins frá 1985 um fallryksmælingar á Höfn í Hornafirði voru settar fram tillögur um loftgæðamörk fyrir fallryk þar sem viðmiðið var að fallryk milli  $5$  og  $10 \text{ g/m}^2$  á 30 daga tímabili væri talið í lagi en ef fallryk væri minna en  $5 \text{ g/m}^2$  væru loftgæði í góðu lagi (Sigurbjörg Gísladóttir 1985). Í þessari samantekt er unnið með þessi viðmið.

Tafla 2. Loftgæðamörk fyrir fallryk miðað við mánaðar söfnunartíma (Sigurbjörg Gísladóttir 1985).

<u>Ástand</u>	<u>Magn</u>
<u>Óviðunandi</u>	<u><math>&gt; 10 \text{ g/m}^2</math></u>
<u>í lagi</u>	<u><math>5\text{-}10 \text{ g/m}^2</math></u>
<u>Gott</u>	<u><math>&lt; 5 \text{ g/m}^2</math></u>

## Úrvinnsla gagna

Til að áætla magn fallryks á fermetra yfir 30 daga tímabil var notuð eftirfarandi jafna (Norges Standardiseringsforbund (NFS) 1981).

$$m_A = m_1 * \frac{10^4}{A} * \frac{30}{T}$$

Töluleg gögn voru færð í Microsoft Excel en öll greining og úrvinnsla gagna fór fram í R (R Core Team 2025) með tilheyrandi þökkum.

Meðaltal fallryks var reiknað út fyrir hvert svæði (Hálslón, Fljótsdalshérað og Brúaröræfi) sem og hvern mælistað innan svæðis ásamt staðalfráviki meðaltalanna (sd) og staðalskekkju (se). Miðgildi var einnig fundið. Út frá gögnum um vatnsborðshæð Hálslóns var fundin hæsta og lægsta staða lónsins sem og reiknað út meðal lónhæð fyrir hvert 30 daga söfnunar tímabil (mánuð) þessi úrvinnsla og myndræn framsetning fór fram með pakkanum tidyverse (Wickham o.fl. 2019).

Til að meta hvort fallryk hafði aukist eftir tilkomu Hálslóns var sett upp röð blandaðra líkana fyrir hvert rannsóknarsvæði: Hálslón, Fljótsdalshérað og Brúaröræfi. Fallryksgögnum var log-umbreytt áður en greining fór fram. Í öllum líkönum voru slembiáhrif sett á mælistaði til að leiðrétta fyrir staðbundnum mun og háðum endurteknum mælingum innan mælistaðar. Líkönin voru keyrð með REML-aðferð (Restricted Maximum Likelihood), sem hentar vel þegar meta á dreifni slembiáhrifa og leifa í endurteknum mælingum, í pakkanum *nlme* v3.1-168 (Pinheiro o.fl. 2025). Til að kanna mun á fallryki á einstaka mælistöðum fyrir og eftir tilkomu Hálslóns var notað parað samanburðarpróf (estimated marginal means, EMMs).

Áhrifastærðir ( $\beta$ ) úr líkönunum tákna föst áhrif skýribreytanna og lýsa bæði stefnu og styrk sambandsins milli skýribreytu og fallryks, eftir að tekið hefur verið tillit til breytileika milli mælistaða með slembiáhrifum. Jákvæð  $\beta$ -gildi benda til þess að aukning í skýribreytu tengist aukningu í fallryki, en neikvæð  $\beta$ -gildi til þess að aukning í skýribreytu tengist minnkun í fallryki. Þar sem fallryksgögn voru log-umbreytt endurspegla  $\beta$ -gildi hlutfallslega breytingu í fallryki fyrir hverja einingu breytingar í skýribreytu.

Til að meta áhrif lágrar vatnsstöðu í Hálslóni (eftir 2007) á fallryk var einnig keyrt blandað líkan fyrir hvert svæði, þar sem log-umbreytt fallryksgildi voru notuð sem svarbreyta og lágmarks vatnshæð (m) sem skýribreyta, með slembiáhrifum á mælistaði líkt og getið er um hér að ofan. Hallatalan  $\beta_{\text{vatnsstaða}}$  metur línulegt samband milli vatnsstöðu og fallryks. Neikvæð hallatala gefur til kynna að fallryk sé meira þegar lág vatnsstaða er í lóninu. Jákvæð eða ómarktæk hallatala bendir til þess að vatnsstaða hafi engin eða lítil áhrif á fallryk á viðkomandi svæði.

Munur á fallryki milli mánaða (30 daga söfnun) innan hvers svæðis var einnig metinn með blönduðu líkani. Í líkaninu var log-umbreytt fallryk sett fram sem fall af mánuði og svæði sem föstum áhrifum, en mælistaður skilgreindur sem slembiáhrif. Með þessu líkani var hægt að bera saman meðalfallryk milli mánaða og meta hvort munur milli mánaða væri sambærilegur á öllum svæðum.

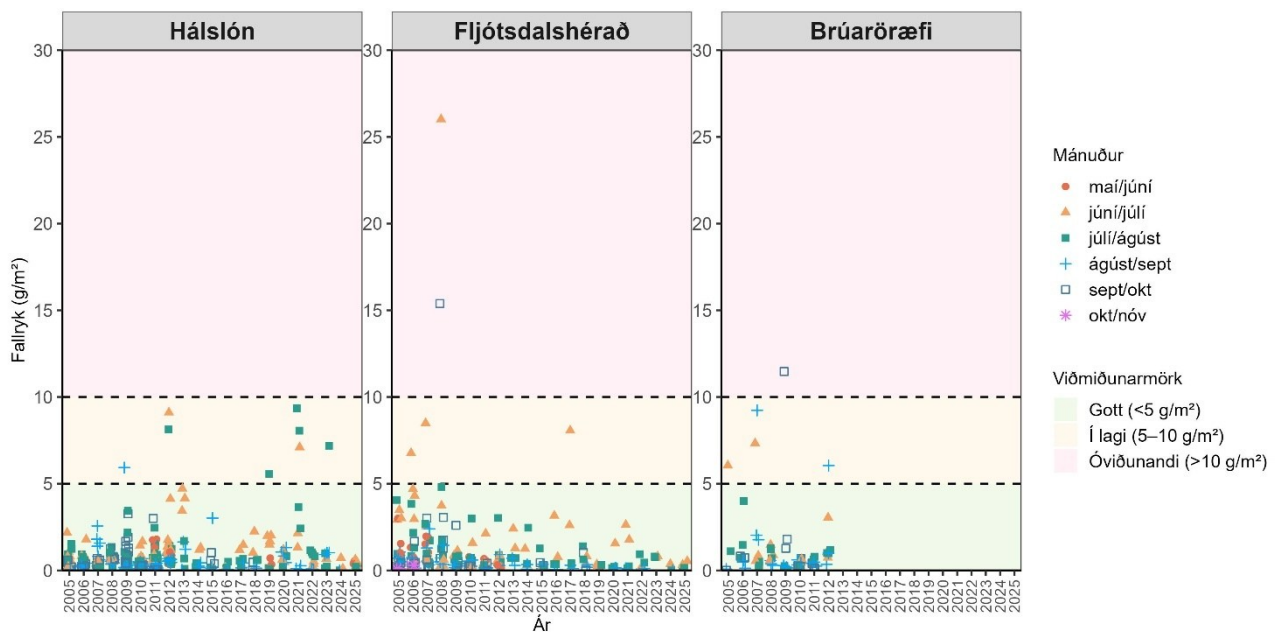
Eftirgreining (*post-hoc*) var framkvæmd með pörðum samanburðarprófum til að ákvarða hvaða mánuðir voru marktækt ólíkir. Jöfnunarmeðaltöl (*estimated marginal means*) voru reiknuð með pakkanum emmeans (Lenth, 2025) og pörð samanburðarpróf framkvæmd á þeim grundvelli. Marktæknibókstafir (*Compact Letter Display*, CLD) voru síðan reiknaðir með pakkanum multcomp (Hothorn o.fl., 2008) til að sýna niðurstöðurnar á grafi. Mánuðir sem deila sama bókstaf tilheyra

sama hópi og eru því ekki marktækt frábrugðnir, en mánuðir með ólíka bókstafi eru marktækt ólíkir ( $p < 0,05$ ).

Framkvæmd var leifagreining (residual diagnostics) á öllum líkönum til að meta hvort forsendur blandaðra línulegra líkana væru uppfylltar. Slík líkön gera ráð fyrir normaldreifðum leifum, jafnri dreifni leifa (homoscedasticity), línulegu sambandi milli spábreyta og svarbreytu, engum kerfisbundnum mynstrum í sambandi leifa og spágilda (residuals vs. fitted values) og rétt skilgreindum slembiáhrifum (random effects). Ef þessar forsendur eru í lagi má treysta niðurstöðum líkananna (Zuur o.fl., 2009)).

## Niðurstöður

Út frá 710 fallryks mælingum sem gerðar voru á tímabilinu 2005–2025 töldust loftgæði góð ( $<5 \text{ g/m}^2$ ) í 692 mælingum, eða í 97,5% tilfella. Þrjár mælingar (0,4%) reyndust óviðunandi eða yfir  $10 \text{ g/m}^2$  á mánuði og þar með yfir íslenskum reglum um loftgæðamörk (Reglugerð nr. 817/2002), tvær árið 2008 á Fljótsdalshéraði og ein árið 2009 á Brúaröræfum (4. mynd). Mæligildin á Fljótsdalshéraði sem fóru yfir viðmið voru annars vegar í Mýnesi í Eiðahreppi ( $26,0 \text{ g/m}^2$ ) í söfnun sem fór fram í júní/júlí og hins vegar í Hólmatungu Hlíðarhaga ( $15,4 \text{ g/m}^2$ ) á tímabilinu september/október. Á Brúaröræfum fóru gildi yfir viðmið í Arnardal ( $11,5 \text{ g/m}^2$ ) í söfnun á tímabilinu september/október. Mæligildi sem féllu í flokkinn í lagi ( $5\text{--}10 \text{ g/m}^2$ ) voru fimmtán (2,1%) og þar af voru átta mælingar við Háslón eftir að lónið fylltist í fyrsta sinn en það gerðist í október árið 2007 (4. mynd).



4. mynd. Styrkur fallryks á öllum mælistöðum á árunum 2005–2025 flokkað eftir svæðum . Ólíkir litir í bakgrunni tákna viðmiðunargildi reglugerðar nr. 817/2002 og viðmið Hollustuverndar ríkisins um flokkun loftgæða eftir styrk í gott, í lagi, óviðunandi. Söfnunarmánuður er táknaður með ólíkum formum. Sýndar eru allar mælingar sem gerðar voru á tímabilinu.

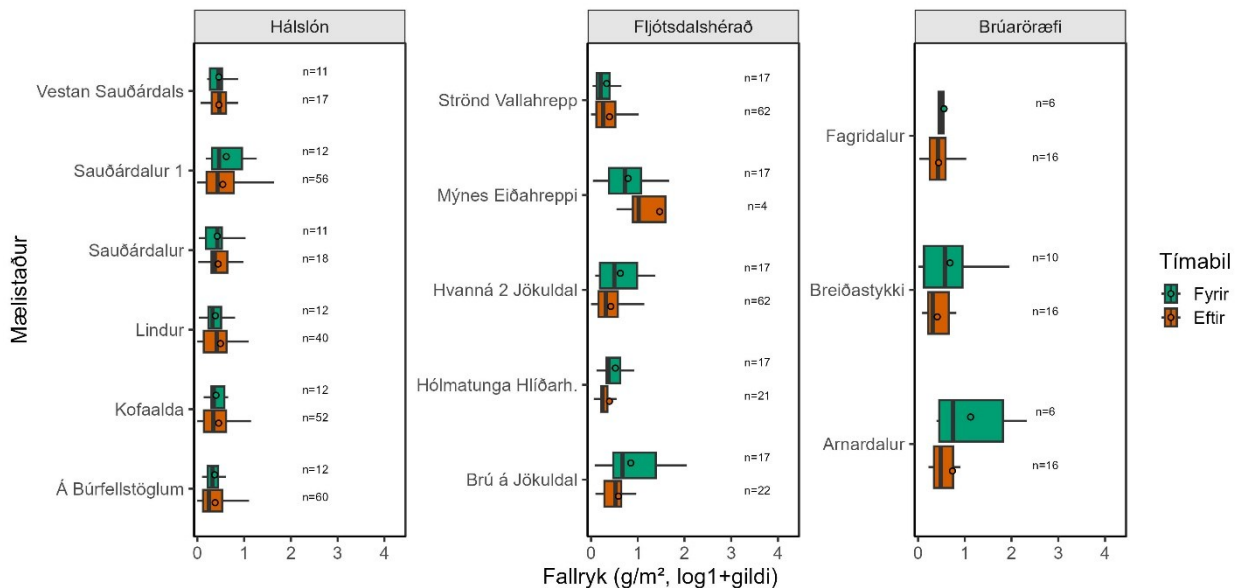
Fallryksgildi reyndust nokkuð breytileg milli ára á öllum svæðum. Á Háslónssvæðinu voru ársmeðaltöl fyrir tilkomu Háslóns á bilinu  $0,50\text{--}0,68 \text{ g/m}^2$ , en eftir miðlun tóku þau að sveiflast mun meira, frá  $0,07 \text{ g/m}^2$  árið 2014 upp í  $3,14 \text{ g/m}^2$  árið 2021.

Á Fljótshéraði mældist ársmeðaltal fallryks 0,98–1,41 g/m<sup>2</sup> fyrir tilkomu Háslóns, en eftir það lágu gildin á bilinu 0,062–3,34 g/m<sup>2</sup>, með lægstu mælingum árið 2024 og hæstu árið 2008.

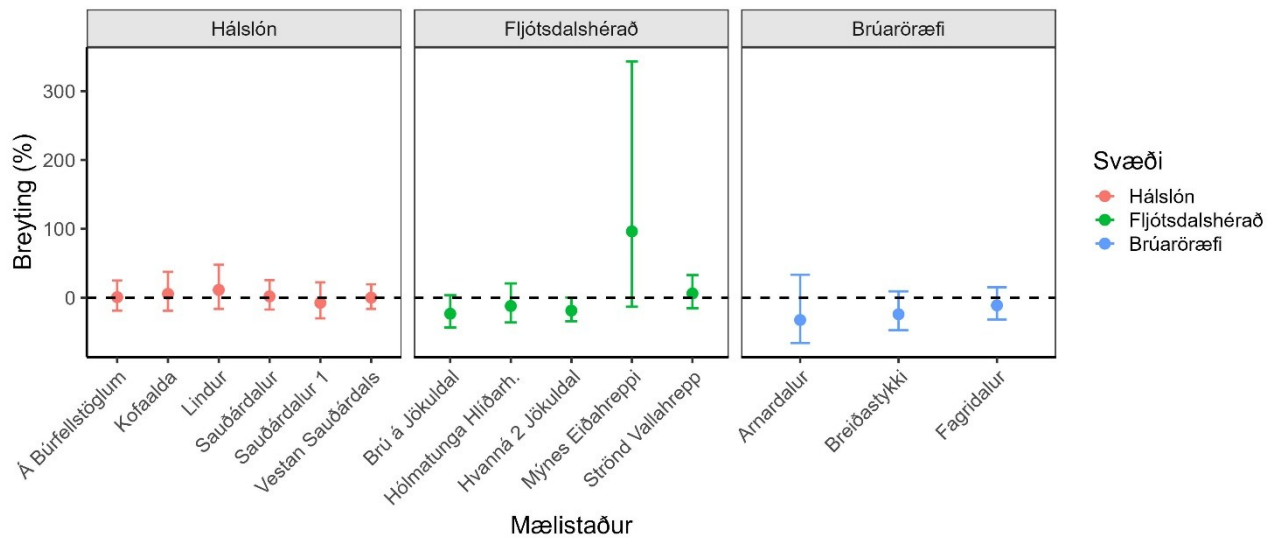
Á Brúaröræfum, þar sem mælingar voru eingöngu gerðar til ársins 2012, voru ársmeðaltöl fyrir tilkomu Háslóns 1,07–2,53 g/m<sup>2</sup>. Eftir að Háslón kom til sögunnar lækkuðu gildin og mældust 0,41–1,72 g/m<sup>2</sup>, lægst árið 2011 og hæst árið 2009.

Þegar gögnin voru skoðuð með tilliti til tímabilanna annars vegar fyrir og hins vegar eftir tilkomu Háslóns með blönduðu líkani fyrir hvert svæði sást að breytingar milli tímabila voru almennt litlar og ómarktækar (5. og 6. mynd). Á Háslónssvæðinu var breyting milli tímabila alls staðar lítil og nálægt núlli. Áhrifastærðir ( $\beta$ , sem lýsa styrk og stefnu sambands milli skýribreytu og svarbreytu eftir að tekið hefur verið tillit til slembiáhrifa) spönnuðu frá -0,076 til +0,108 og  $p$ -gildi voru há (0,46–0,98). Í heildina var áhrifastærðin nálægt núlli ( $\beta = 0,020$ ,  $p = 0,70$ ) (6. mynd). Á Fljótshéraði var að finna mesta breytileika milli mælistaða. Þar voru áhrifastærðir ( $\beta$ ) á bilinu -0,263 til +0,674 og  $p$ -gildi frá 0,059 upp í 0,708 (5. og 6. mynd). Mælistaðurinn við Mýnes skýrir að stórum hluta víð bil áhrifastærðarinnar en hæsta gildi fallryks á tímabilinu mældist þar árið 2008. (4. mynd). Heildarbreyting milli tímabila var ómarktæk ( $\beta = -0,0905$ ,  $p = 0,175$ ).

Á Brúaröræfum voru áhrifastærðir ( $\beta$ ) á bilinu -0,389 til -0,116 og  $p$ -gildi á bilinu 0,153–0,390. Heildarbreytingin á Brúaröræfum var ( $\beta = -0,256$ ,  $p = 0,057$ ) og fallryksgildi því á mörkum þess að vera marktækt lægri eftir tilkomu Háslóns en fyrir (5. og 6. mynd).



5. mynd. Dreifing á mælingum fallryks og fjöldi mælinga (n) á hverjum mælistað 2005–2025. Kassarnir innihalda 50% gilda miðgildi dreifingar er sýnd sem svört lína inn í hverjum kassa og meðaltöl sem fylltir hringir.



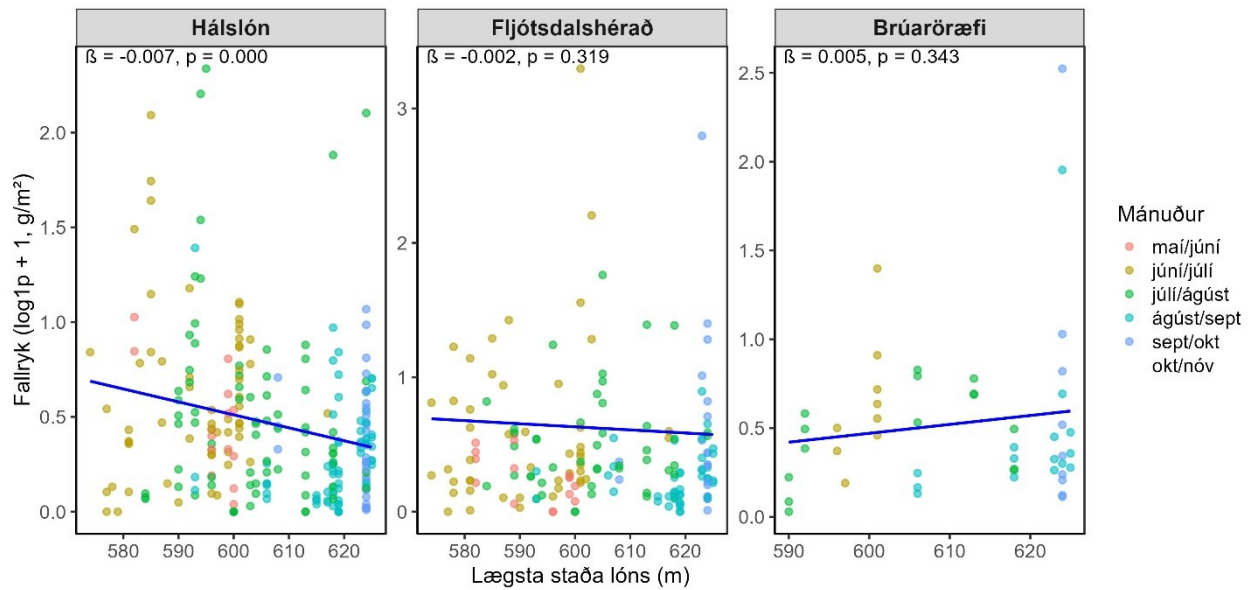
6. mynd. Hlutfallsleg breyting á fallryki (%) eftir tímabili fyrir og eftir tilkomu Háslóns á mælistöðum fyrir þrjú svæði: Háslón, Fljótsdalshérað og Brúaröræfi. Punktur sýna áætlaða meðalbreytingu og láréttar línur tákna 95% öryggisbil.

Lónhæð Háslóns er oftast lægst í maí eða júní og misjafnt er hvenær hæsta staða er og fer á yfirfall en það er alla jafna frá ágúst og fram í september. Mismunur á lægstu og hæstu stöðu yfir athugunartímabilið var 28–58 metrar. Mestur var munurinn árið 2014 en þá var lægsta staða 567 m í maí en minnstur var munurinn árið 2008 28 m (Tafla 3) (Árni Óðinsson, verkefnastjóri Landsvirkjunar, tölvupóstur þann 3. september 2025).

Tafla 3. Hæsta og lægsta staða (m) í Háslóni eftir árum á mælingatímabili fallryks á árunum 2005-2025 (tafla unnin upp úr gögnum frá Landsvirkjun, Árni Óðinsson, verkefnastjóri Landsvirkjunar, tölvupóstur þann 3. september 2025).

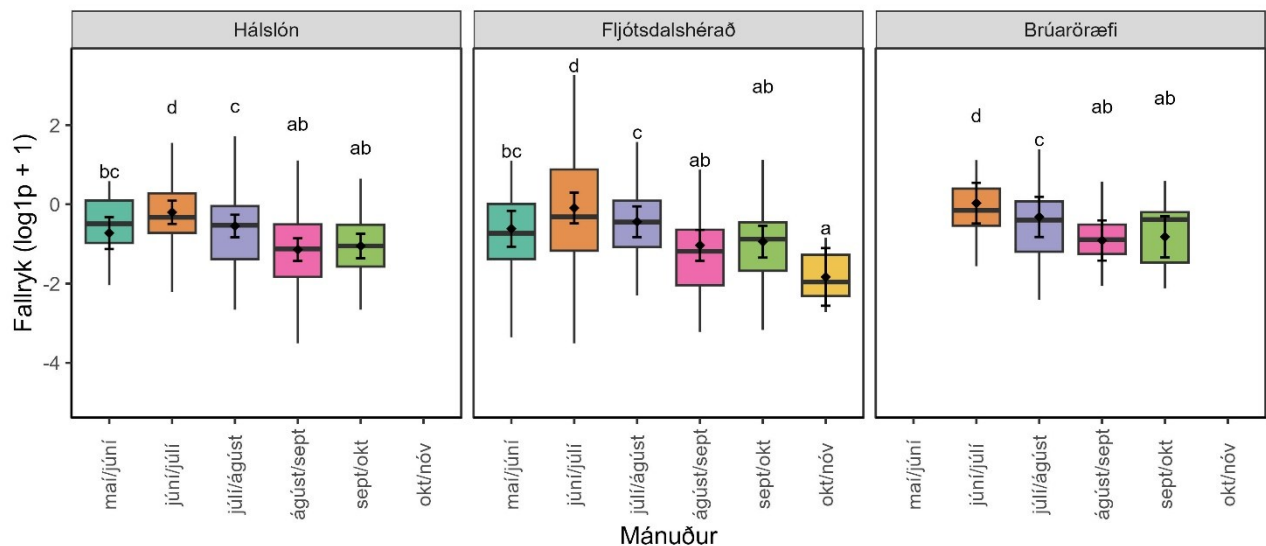
Ár	Mánuður	Lægsta staða (m)	Mánuður	Hæsta staða (m)	Mismunur (m)
2006	September	501	Desember	565	64
2007	Janúar	565	Október	625	60
2008	Maí	598	September	626	28
2009	Maí	580	September	625	45
2010	Maí	589	Ágúst	626	37
2011	Júní	581	September	625	44
2012	Maí	599	Ágúst	626	27
2013	Maí	569	Ágúst	625	56
2014	Maí	567	September	625	58
2015	Júní	578	Október	625	47
2016	Maí	580	Ágúst	625	45
2017	Apríl	599	September	626	27
2018	Maí	590	Ágúst	625	35
2019	Apríl	600	Ágúst	625	25
2020	Maí	581	Ágúst	625	44
2021	Maí	580	Ágúst	626	46
2022	Maí	586	September	625	39
2023	Apríl	600	Júlí	625	25
2024	Maí	573	September	625	52
2025	Apríl	595	Ágúst	626	31

Minni vatnshæð virðist kerfisbundið og marktækt tengd meiri uppsöfnun fallryks á mælistöðum við Háslón. Á Fljótsdalshéraði og á Brúaröræfum var sambandið ekki marktækt (7. mynd). Niðurstaða blandaðs línulegs líkans á log-umbreytt fallryksgildi sem voru notuð sem svarbreyta og lágmarks vatnshæð (m) Háslóns sem skýribreyta, sýndi marktækt neikvætt samband á svæðinu við Háslón ( $p < 0.001$ ). Stuðullinn fyrir lágmarks vatnshæð var  $\beta = -0.007$ , sem bendir til þess að þegar vatnshæð Háslóns er í lægstu stöðu aukist styrkur fallryks að meðaltali í sýnum.



7. mynd. Samband fallryks og lægstu lónstöðu fyrir mælingar eftir 2007 á hverju svæði. Bláa línan í hverju hólfi er spálina úr blönduðu línulegu líkani, þar sem fallryk ( $\log_1 p + 1$  g/m<sup>2</sup>) var látið ráðast af lægstu vatnsstöðu Háslóns með slembiskurðpunktum fyrir mælistaði. Textinn efst í hverju hólfi sýnir áætlaðan halla ( $\beta$ ) og p-gildi fyrir lægstu stöðu Háslóns úr líkaninu.

Þegar fallryksgildi voru skoðuð eftir mánuðum kom í ljós að nokkur breytileiki var yfir mælitímann á öllum svæðum. Hæstu gildin mældust í júní/júlí og voru þau marktækt hærri en í öðrum mánuðum á öllum svæðum. Eftir það lækka fallryksgildi jafnt og þétt, og í ágúst/sept og sept/okt mældust þau mun lægri en í júní/júlí á öllum svæðum. Á Háslónssvæðinu og á Fljótsdalshéraði sást jafnframt að fallryksgildi í maí/júní voru marktækt lægri en í júlí/ágúst, en þó hærri en gildin sem mældust í október/nóvember á Brúaröræfum (8. mynd).



8. mynd. Dreifing fallryks ( $\log_1 p + 1$ ) eftir mánuðum og svæðum ásamt aðlöguðum meðaltölum úr blönduðu líkani. Bókstafir sýna niðurstöður úr eftirgreiningarsamanburði, þar sem mánuðir sem deila sama bókstaf eru ekki marktækt frábrugðnir, en mismunandi bókstafir gefa til kynna marktækan mun milli mánaða á viðkomandi svæði.

Niðurstöður á leifagreiningu sýndu að leifar viku lítið eða uppfylltu í öllum tilvikum forsendur sem gefnar eru fyrir blönduð línuleg líkön.

## Umræður

Fallryk jókst ekki marktækt á neinu rannsóknarsvæðanna, Háslóni, Fljótsdalshéraði eða Brúaröræfum, eftir tilkomu Háslóns. Hafa þarf þó í huga að grunnildi fyrir 2007 byggjast á þremur árum og á þeim tíma stóðu framkvæmdir yfir á Kárahnjúkasvæðinu, sem gæti hafa haft áhrif á mæligildi fyrir lónmyndun, einkum á svæðinu við Háslón.

Markmið um að fallryk myndi ekki aukast á Fljótsdalshéraði með tilkomu Kárahnjúkavirkjunar virðist því hafa náðst, og að loftgæði voru almennt góð þegar litið er til reglugerðar um fallryk og mánaðarlegra mælinga. Tilvik þar sem fallryksgildi fóru yfir viðmið voru fá og má rekja beint til staðbundinna aðstæðna eða einstakra uppfoksatburða, svo sem úr malarnámum og vegna ýmissa framkvæmda eða athafna eins og t.d. torfærkeppni (Gerður Guðmundsdóttir, 2009; 2010; 2012). Þar sem fallryk er mælt yfir 30 daga tímabil getur einn atburður haft veruleg áhrif á niðurstöður einstakra mælinga.

Marktæk fylgni reyndist vera milli magns fallryks og lægstu vatnsstöðu Háslóns á mælistöðum í næsta nágrenni lónsins. Slík tengsl komu hins vegar ekki fram á Fljótsdalshéraði né á Brúaröræfum. Þegar lónið er í lægstu stöðu eru bakkar Háslóns á þurru, sem eykur framboð áfoksefna á því svæði. Uppruni áfoks á Íslandi er margvíslegur og tengist bæði náttúrulegum og manngerðum þáttum. Helstu upptakasvæði áfoks eru sandsvæði við jökuljaðra, gróðurvana auðnir, þurr vötn og lón þar sem fingert set hefur safnast fyrir, rofabarðasvæði, gjóskusvæði, strandsvæði og flóðasvæði jökulvatna, einkum þar sem verða jökulhlaup eða mikil sumarflóð (Arnalds o.fl., 2001; Arnalds, 2010).

Breytileiki í fallryksgildum milli mánaða og ára skýrist að líkindum af samspili veðurfarslegra þátta, svo sem vindhraða og -stefnu, úrkomu og þurrkatíðar, auk breytilegs framboðs áfoksefna yfir mælitímabilið. Veðurfarslegir þættir voru ekki kannaðir í tengslum við þessa samantekt, en rannsóknir á rykmyndun á hálendi Íslands hafa sýnt að umfang uppfoks ræðst af árstíðabundnum aðstæðum, rakastigi jarðvegs og berum setsvæðum (Arnalds, 2010; Arnalds o.fl., 2016; Meinander o.fl., 2022).

## Lokaorð

Niðurstöðurnar benda til þess að fallryk hafi ekki aukist marktækt eftir tilkomu Háslóns og að loftgæði, metin út frá fallryki, hafi verið góð í meirihluta mælinga. Ekki er hægt að segja út frá þessum gögnum hvort loftgæði hafi verið góð með tilliti til svifryks þar sem fallryksmælar fanga það ekki eða að minnsta kosti þá í litlu mæli. Mælingarnar endurspeglar því ekki að fullu umfang áfoks á svæðunum og mikilvægt er að styðjast við viðbótaraðferðir, svo sem svifryksmælingar, til að fá betri mynd af því fínkorna ryki sem fallryksmælar nema ekki því ryk í andrúmslofti getur haft áhrif á lífsgæði og heilsu fólks og umhverfi.

## Viðauki I

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4	Stöð 5	Stöð 6	Stöð 7	Stöð 8	Stöð 9	Stöð 10	Stöð 11	Stöð 12	Stöð 13	Stöð 14	Stöð 15	Stöð 16	Stöð 17	Stöð 18	Stöð 19
2005	10.05	10.05	11.05	11.05	11.05														
	14.06	14.06	15.06	15.06	15.06	7.06	7.06	7.06	8.06	21.06	21.06	21.06							
	10.07	10.07	10.07	10.07	10.07	9.07	9.07	9.07	9.07	10.07	10.07	10.07							
	12.08	12.08	12.08	12.08	13.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	11.08	13.08						
	11.09	11.09	11.09	11.09	11.09	10.09	10.09	10.09	10.09	10.09	10.09	10.09	11.09						
	12.10	12.10	12.10	13.10	13.10	17.10	17.10	18.10	18.10	17.10	18.10	18.10							
	17.11	17.11	16.11	16.11	16.11														
2006	2.05	2.05	2.05	2.05	2.05														
	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	8.06	8.06	8.06		8.06									
	2.07	2.07	2.07	2.07	2.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	3.07	2.07	4.07	4.07					
	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08				
	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09				
	2.10	2.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10			
	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11														
2007	14.06	14.06	14.06	14.06	14.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06					15.06			
	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	13.07	13.07	13.07	13.07	13.07	13.07	12.07	12.07	13.07					
	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08	14.08	14.08	14.08	14.08	14.08	14.08	14.08	14.08	14.08					
	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09				
	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10								
2008	12.07	12.07	12.07	12.07	12.07	13.07	13.07	13.07	13.07	13.07	13.07	13.07	13.07	13.07					
	12.08	12.08	12.08	12.08	12.08	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08					
	13.09	13.09	13.09	13.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09	14.09					
	14.10	14.10	14.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10								
2009	28.05		28.05	28.05	28.05														
	29.06		29.06	29.06	29.06	30.06	30.06	30.06	30.06	30.06	30.06	30.06	30.06	30.06	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
	1.08		1.08	1.08	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07
	2.09		2.09	2.09	2.09	1.09	1.09	2.09	2.09	1.09	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	1.09	1.09	2.09
	2.10		2.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4	Stöð 5	Stöð 6	Stöð 7	Stöð 8	Stöð 9	Stöð 10	Stöð 11	Stöð 12	Stöð 13	Stöð 14	Stöð 15	Stöð 16	Stöð 17	Stöð 18	Stöð 19	
2010	18.05		18.05	18.05	18.05															
	16.06		16.06	16.06	15.06	16.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	16.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06	15.06
	15.07		14.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07
	17.08		16.08	16.08	16.08	17.08	16.08	17.08	17.08	16.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	16.08	16.08	16.08
	17.09		17.09	16.09	16.09	17.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09	16.09
	16.10		16.10	15.10	15.10	16.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10	15.10
2011	18.05		26.05	18.05	18.05	18.05				18.05									18.05	
	16.06		16.06	16.06	16.06	16.06	16.06	16.06		16.06	16.06				17.06	17.06			16.06	16.06
	18.07		18.07	16.07	16.07	18.07	18.07	16.07	16.07	18.07	16.07	16.07	16.07	16.07	16.07	16.07	16.07	16.07	16.07	16.07
	17.08		18.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08	17.08
	15.09		15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09	15.09
	14.10		14.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10
2012	24.05		25.05	25.05	25.05	24.05	24.05	24.05		24.05									24.05	
	22.06		22.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06	21.06
	19.07		19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07	19.07
	21.08		21.08	21.08	21.08	21.08	21.08	20.08	20.08	21.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	20.08	21.08	21.08	21.08
	19.09		19.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09	20.09
2013	11.06			11.06			26.06	26.06		20.06										
	11.07			11.07			11.07	11.07		11.07										
	13.08			13.08			13.08	13.08		13.08										
	14.09			14.09			14.09	14.09		14.09										
2014	10.06			10.06				23.06		10.06										
	9.07			9.07			9.07	9.07		9.07										
	8.08			8.08			8.08	8.08		8.08										
	9.09			9.09			9.09	9.09		9.09										
2015	11.06			11.06																
	9.07			9.07			9.07	9.07		9.07										
	6.08			6.08			6.08	6.08		6.08										
	5.09			5.09			5.09	5.09		5.09										
	6.10			6.10			6.10	6.10		6.10										

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4	Stöð 5	Stöð 6	Stöð 7	Stöð 8	Stöð 9	Stöð 10	Stöð 11	Stöð 12	Stöð 13	Stöð 14	Stöð 15	Stöð 16	Stöð 17	Stöð 18	Stöð 19
2016	8.06			8.06						8.06									
	8.07			8.07			8.07	8.07		8.07									
	8.08			8.08			8.08	8.08		8.08									
	8.09			8.09			8.09	8.09		8.09									
2017	9.06			9.06			9.06	9.06		9.06									
	11.07			11.07			11.07	11.07		11.07									
	13.08			14.08			14.08	14.08		14.08									
	13.09			13.09			13.09	13.09		13.09									
2018	31.05			29.05				30.05		30.05									
	29.06			29.06				29.06		29.06									
	25.07			25.07				25.07		25.07									
	23.08			23.08				23.08		23.08									
	23.09			23.09				23.09		23.09									
2019	22.05			22.05		22.05	22.05	22.05		22.05									
	24.06			24.06		24.06	24.06	24.06		24.06									
	24.07			24.07		25.07	25.07	24.07		24.07									
	22.08			22.08		22.08	22.08	22.08		22.08									
2020	11.06			11.06		11.06	19.06	19.06		11.06									
	9.07			9.07		9.07	9.07	9.07		9.07									
	12.08			12.08		12.08	12.08	12.08		12.08									
	10.09			10.09		10.09	10.09	10.09		10.09									
2021	16.06			16.06		23.06	23.06			23.06									
	7.07			7.07		7.07	8.07	7-Jul		7.07									
	5.08			5.08		5.08	5.08	5.08		5.08									
	3.09			3.09		3.09	3.09	3.09		3.09									
2022	8.06			8.06		23.06	21.06	21.06		7.06									
	6.07			7.07		7.07	6.07	6.07		6.07									
	3.08			3.08		5.08	3.08	3.08		3.08									
	2.09			2.09		3.09	2.09	2.09		2.09									
2023*	30.05			31.05		30.05	30.05	30.05		30.05									

Ár	Stöð 1	Stöð 2	Stöð 3	Stöð 4	Stöð 5	Stöð 6	Stöð 7	Stöð 8	Stöð 9	Stöð 10	Stöð 11	Stöð 12	Stöð 13	Stöð 14	Stöð 15	Stöð 16	Stöð 17	Stöð 18	Stöð 19
	29.06			29.06		29.06	29.06	29.06		29.06									
	27.07			27.07		27.07	27.07	27.07		27.07									
	29.08			29.08		29.08	29.08	29.08		29.08									
	5.09			5.09		5.09	5.09	5.09		5.09									
2024	19.06			19.06		19.06	19.06	24.06		19.06									
	22.07			23.07		22.07	22.07	22.07		22.07									
	20.08			20.08		20.08	20.08	20.08		20.08									
	21.09			21.09		21.09	21.09	21.09		21.09									
2025	14.05			14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05	14.05									
	18.06			18.06	18.06	18.06	18.06	18.06	18.06	18.06									
	18.07			18.07	18.07	18.07	18.07	18.07	18.07	18.07									
	19.08			19.08	19.08	19.08	19.08	19.08	19.08	19.08									
	17.09			18.09	17.09	17.09	17.09	17.09	17.09	17.09									

\*2023 ath. fyrsta mæling misfórst í rannsókn

## Heimildir

- Arnalds O., F.O. Gísladóttir & H. Sigurjónsson 2001. Sandy deserts of Iceland. An overview. *Journal of Arid Environments* 47:359-371. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196300906803>
- Arnalds O. (2010). Dust Sources and deposition of aeolian materials in Iceland *Icelandic Agricultural Science* 23 (2010), 3-21. Sótt í nóvember 2025 á: [https://ias.is/wp-content/uploads/Icelandic\\_Agricultural\\_Sciences\\_23\\_2010/Dust-sources-and-deposition-of-aeolian-materials.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://ias.is/wp-content/uploads/Icelandic_Agricultural_Sciences_23_2010/Dust-sources-and-deposition-of-aeolian-materials.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Arnalds, O., Dagsson-Waldhauserova, P., & Olafsson, H. (2016). The Icelandic volcanic aeolian environment: Processes and impacts — A review. *Aeolian Research*, 20, 176-195. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.075>
- Dagsson-Waldhauserova, P., Arnalds, O., & Olafsson, H. (2013). Long-term frequency and characteristics of dust storm events in Northeast Iceland. *Atmospheric Environment*, 77, 117–127. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.075>
- Gerður Guðmundsdóttir (2009). *Kárahnjúkavirkjun. Fallryksmælingar við Háslón, á Brúaröræfum og í byggð á Fljótsdalshéraði sumarið 2008*. Unnið fyrir Landsvirkjun. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands. LV-2009-003.
- Gerður Guðmundsdóttir (2010). *Kárahnjúkavirkjun. Fallryksmælingar við Háslón, á Brúaröræfum og í byggð á Fljótsdalshéraði sumarið 2009*. Unnið fyrir Landsvirkjun. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands. LV-2010-043.
- Gerður Guðmundsdóttir (2012). *Fallryksmælingar við Háslón, á Brúaröræfum og í byggð á Fljótsdalshéraði sumarið 2012*. Unnið fyrir Landsvirkjun. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands. LV-2013-059
- Hothorn, T., Bretz, F., og Westfall, P. (2008). Simultaneous inference in general parametric models. *Biometrical Journal*, 50(3), 346–363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- IceDust, Icelandic Aerosol and Dust Association (2025). Dust storms in Iceland
- Ingvar Björnsson (2006). *Kárahnjúkavirkjun, Fallryksmælingar við Háslón og í byggð, Sumarið 2005*. Landsvirkjun LV 2006/002.
- Landmælingar Íslands (2017). LMÍ Landslag. Sótt á: <https://gis.lmi.is/geoserver/gwc/service/wmts>
- Landsvirkjun og Alcoa (2005). Sjálfbærni-verkefni. Mælingar á árangri Alcoa og Landsvirkjunar við uppbyggingu o grekstur Fjarðaáls og Kárahnjúkavirkjunar. Áfangaskýrslu. Vísar og grunnástand. Sótt í nóvember 2025 á: <https://www.sjalfbaerni.is/static/research/files/afangaskyrsla-1.pdf#page=58>
- Lenth R (2025). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. R package version 1.11.2-8. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.
- Meinander, O., Dagsson-Waldhauserova, P., Amosov, P., Arnalds, O., Vukovic Vimic, A., & others. (2022). *Newly identified climatically and environmentally significant high-latitude dust sources*. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 22, 11889–11930. <https://doi.org/10.5194/acp-22-11889-2022>
- NS 4852 (1981). *Luftundersøkelser, Uteluft. Måling af støvnedfall, Støvsamler med horisontal samleflade, 2. utg.* Norges Standardiseringsforbund (NFS).
- Pinheiro J, Bates D, R Core Team (2025). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1-168. <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.

- R Core Team (2025). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reglugerð um mörk fyrir fallryk úr andrúmslofti. nr. 817/2002. Skoðað í október 2025 á <https://island.is/reglugerdir/nr/0817-2002>
- Snorri Páll Kjara og Hjalti Sigurjónsson (2004). *Dreifing ryks af bökkum Háslóns, Áfangaskýrsla III*. Verkfræðistofan Vatnaskil unnið fyrir Landsvirkjun LV-2004/84.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. New York, NY: Springer.
- Wickham o.fl., (2019). „Welcome to the tidyverse“. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686, <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A., og Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>

# NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Bakkavegi 5 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774

Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • [www.na.is](http://www.na.is)