

Grindavík: Breytingar á umhverfi - breytingar á veðri?

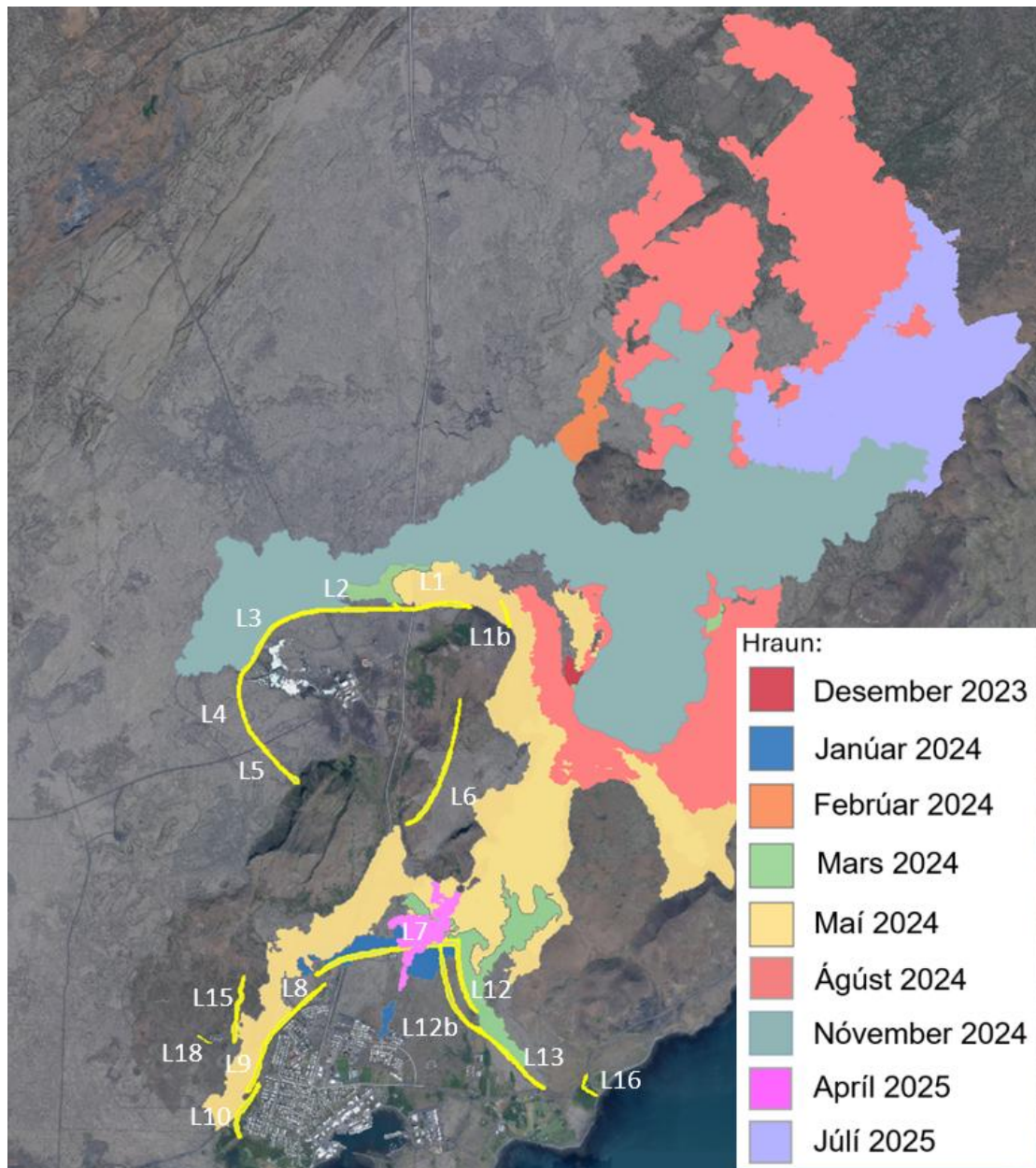
Inngangur

Í tengslum við jarðvirkni í Grindavík og nágrenni hefur orðið töluverð breyting á landslagi í og við bæinn. Fyrst urðu lítilsháttar breytingar austnorðaustan við Grindavík þegar gaus í og austan við Fagradalsfjall. Frá því í lok árs 2023 hafa svo orðið töluvert miklar breytingar á svæðinu norðan og norðaustan við bæinn. Annars vegar hafa verið reistir voldugir varnargarðar til að koma í veg fyrir að hraunflæði næði til bæjarins og hins vegar hafa orðið breytingar á yfirborði lands með nýju hrauni sem orðið hefur á Sundhnúkagígaraöðinni. Fyrst um sinn gefur hraunið frá sér varma sem verkar á loftflæði og blöndun. Hin áhrifin eru varanleg og felast í auknum hrjúfleika eða yfirborðshrýfi eins og það er kallað.

Landbreytingar geta almennt haft mikil áhrif á veður. Við þekkjum vel áhrif skóglendis á vind og hvernig fjöll ýmist hægja á vindi eða magna upp hvirfla. Breytingar á landhæð sér í lagi geta verið áhrifaríkar á vind og hitadreifingu í nærumhverfinu.

Í þessu minnisblaði er ætlunin að leggja mat á það hvort breytt landslag, bæði vegna hraunbreiðunnar, en ekki síður með tilkomu varnargarðanna hafi orðið til þess að veðurfar í Grindavík hafi tekið markverðum breytingum.

Ný hraun þekja stór landsvæði norðan og norðaustan við Grindavík. Þau má sjá á korti frá Verkís. Eins legu varnargarðanna voldugu. Sem dæmi rísa L12 og L7 norðan og austan Grindavíkur 10 til 11 m yfir nánasta umhverfi sitt.



Mynd 1: Útbreiðsla nýrra hrauna við Grindavík ásamt afstöðu þeirra varnargarða sem gerðir hafa verið.

Almennt um veðurfar í Grindavík

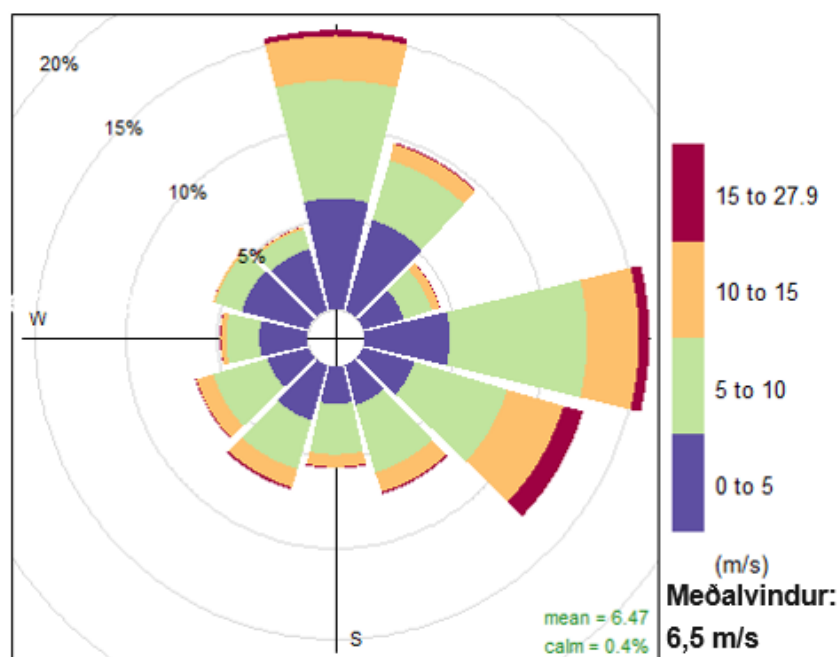
Til þess að meta breytingar á veðri fyrir og eftir eldvirkni, þá miðum við við veðurathugunarstöð Veðurstofunnar í Grindavík. Stöðin er við Austurveg, rétt hjá tjaldsvæðinu í Grindavík. Þar er mælt hitastig, vindhraði og vindátt ásamt raka. Stöðin hefur verið starfrækt á þessum stað frá því 2008 og jarðhræingar undanfarinna ára hafa ekki raskað mælingum veðurstöðvarinnar.

Í tengslum við námskeið Veðurvaktarinnar fyrir almenning, Staðbundið veðurfar í Grindavík, í Kvikunni í október 2021 voru teiknaðar upp vindrósir fyrir Grindavík og fylgja þær hér á myndum 2 til 4.

Einkennandi fyrir veðurfar í Grindavík er m.a.

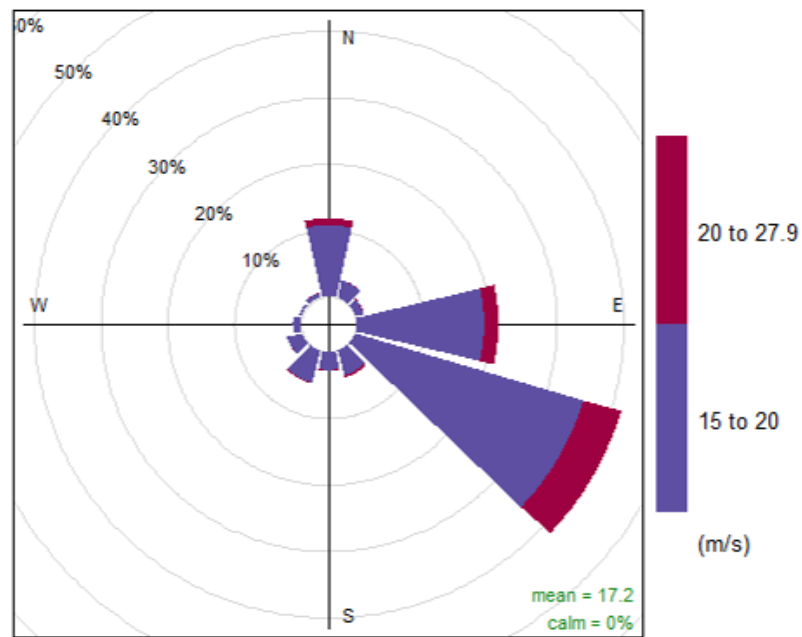
- Lítið skjól að hafa fyrir ríkjandi SA-átt.
- Fremur margir úrkomudagar.
- Hár meðalhiti (miðað við Suðvesturland).
- Hafgola tíð á sólardögum og hún hlýrri, komandi yfir hraun á utanverðum Reykjanesskaga.
- Snjólétt og vorar snemma.

Grindavík 2008 - 2021, allar mælingar.



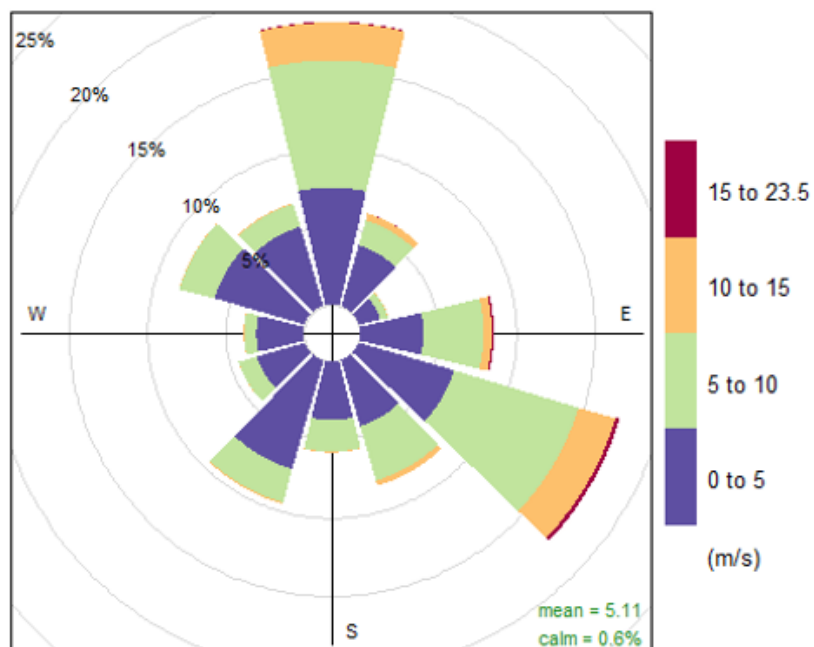
Mynd 2: Vindrós fyrir mælingar veðurstöðvarinnar við Austurveg í Grindavík. Allar mælingar allt árið. Rétt er að hafa í huga að mikill breytileiki er í tíðni vindátta á milli mánaða og ára.

Grindavík 2008 - 2021, $f > 15$ m/s.



Mynd 3: Vindrós þegar mælist a.m.k. allhvass vindur ($f > 15$ m/s). SA- og A-áttir eru óveðursáttir í Grindavík. Jafnframt helstu úrkomuáttirnar.

Grindavík 2008 - 2021, júní-ágúst



Mynd 4: Vindrós fyrir sumarmánuðina þrjá til og með 2021. N-átt er algeng á sumrin og hafgola á sólardögum reyndist vera norðvestanstæð í Grindavík.

Aðferðafræði

Samfelldar veðurmælingar frá 2008 gefa góðan grunn til að reyna að meta breytingar sem orðið hafa á landinu umhverfis byggðina í Grindavík á síðustu árum. Það er hins vegar ekki fullnægjandi að bera eingöngu saman veðrið áður fyrr við veðrið í dag. Til þess er breytileikinn of mikill. Veður er mismunandi á milli ára og áratugalangar sveiflur eru þekktar. Þess vegna þarf meira en bara samanburð á mældum gildum í Grindavík frá því fyrir og eftir 2023, sem er það ártal sem valið er.

Til samanburðarins er stuðst við stöð Vegagerðarinnar við Reykjanesbraut. Þar hefur verið mælt með sama hætti frá 1995. Frá 2008 eru því til reiðu mælingar frá báðum þessum veðurstöðvum sín hvoru megin á Reykjaneskaganum. Mælingar í Grindavík og á Reykjanesbraut eru tengdar saman. Það er gert þannig að vindur og hiti á Reykjanesbraut er leiðréttur eftir vindátt og árstíð til að gildin verði að meðaltali eins lík mælingunum og hægt er. Þannig er vindhraði t.d. almennt aukinn í suðlægum áttum og hitastig hækkað þar sem hiti er almennt hærri í Grindavík en á Reykjanesbraut. Stuðst var við allt tímabilið 2008–2022 til að útbúa slíka leiðréttingu.

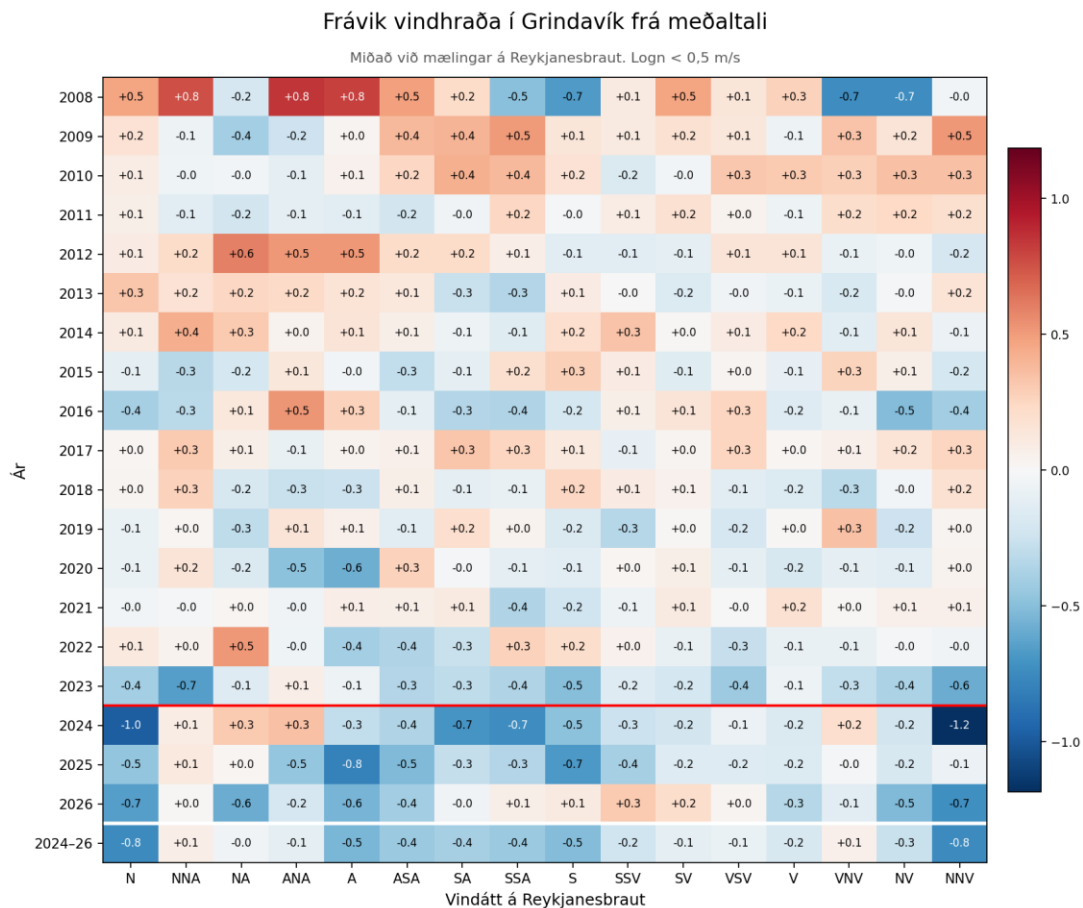
Með því móti fæst gagnaröð með góðum samanburði á milli þessara tveggja mælistöðva. Ef allt er eðlilegt ætti munur meðalhita og meðalvinds á leiðréttum mælingum á Reykjanesbraut að vera sá sami og í Grindavík. Í öllum niðurstöðum miðum við við að landslag hafi breyst í desember 2023 en raunin samt sem áður sú að landslagið hefur sífelld tekið einhverjum breytingum frá því við fyrsta gos og fram á mitt ár 2025. Fyrstu varnargarðarnir norðan við Grindavík komu snemma árs 2024, en tveimur mánuðum fyrr, fyrstu framkvæmdir til varnar Svartsengi og Bláa Lóninu. Eftir því sem næst verður komist hafa engar frekari breytingar orðið á varnargörðum við Grindavík frá haustinu 2025.

Nokkrar niðurstöður

Vindur og hiti

Byrjum á að skoða samanburð á vindmælingum frá því fyrir 2024 og eftir þann tíma.

Mynd 5 segir ákveðna sögu. Það sem sést greinilega er að landbreytingar virðast hafa haft áhrif á vindafar í Grindavík. Greinilegt er að vindur er almennt orðinn hægari í norðlægum áttum. Stærstu frávik frá meðaltalinu eftir landbreytingar eru í N-, NNV- og NV-áttum. Einmitt þegar loftið berst bæði yfir nýju hraunbreiðuna og varnargarðana. Við fyrstu sýn mælist vindhraði almennt heldur hægari þegar blæs úr þessum áttum en áður.



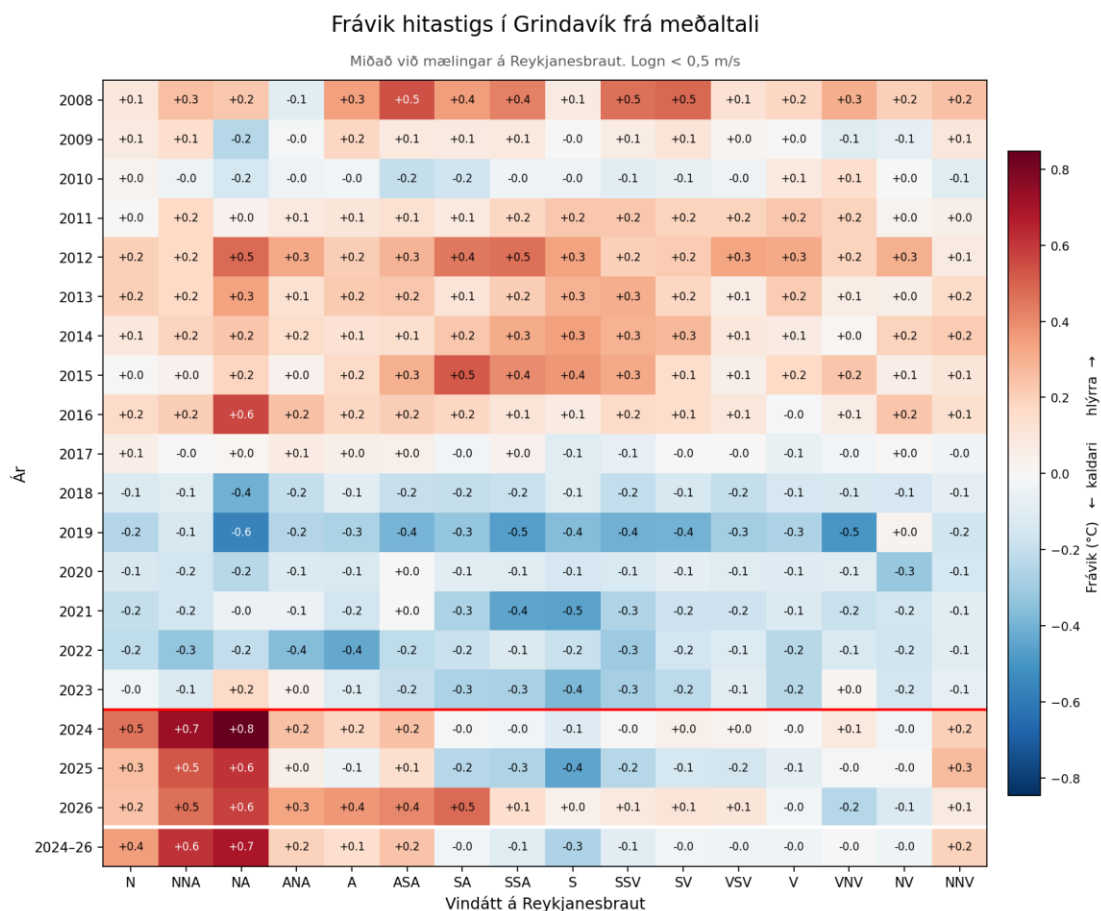
Mynd 5: Frávik vindhraða í Grindavík eftir vindátt yfir tímabilið

Ritið sýnir líka minnkaðan vindhraða í suðlægum vindáttum samanborið við Reykjanesbraut í suðlægum áttum. Þegar gögnin voru skoðuð nánar og borin saman við svokallaða veðurendurgreiningu¹ virðist ástæðan fyrir þessu vera einna helst sú að vindhraði á Reykjanesbraut hefur aukist frá því sem var í S-áttum og það útskýri þennan minni vindhraða í Grindavík, viðmiðið breyttist en ekki vindhraðinn í Grindavík.

Næst skoðum við breytingar á hita með sama hætti og gert var með vindhraðann.

Mynd 6 er áhugaverð. Greinilegt er að hitastigið er hærra í norðlægum áttum en áður. Það þýðir að hitinn er hærri þegar loftið hefur borist yfir hraunið, áður en það kemur yfir bæinn. Mest munar í NA-átt þar sem hitastigið er að meðaltali 0,7 gráðum hlýrra en fyrir eldvirkni. Í öðrum áttum er ekki að sjá greinilega þróun frá 2024.

¹ Veðurendurgreining er endurgerð á veðri aftur í tímann þar sem sögulegum veðurathugunum og mælingum er blandað saman við tölvulíkön lofthjúps. Veðurendurgreiningar gefa kost á samfelldu og samræmdu gagnasafni á föstu reiknineti, meðal annars fyrir hita, loftþrýsting, vind, raka og úrkomu. Helstu endurgreiningarsófn sem stuðst er við hér á landi eru: ERA5 (30 km upplausn, aftur til 1940) og CARRA (2,5 km upplausn aftur til 1986.)

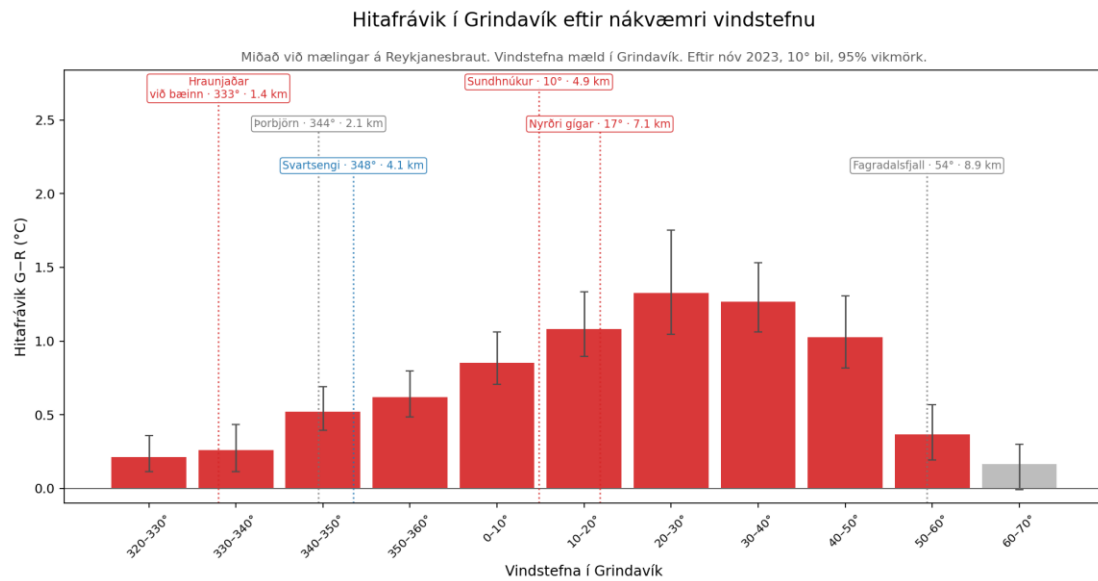


Mynd 6: Frávik hita í Grindavík eftir vindátt yfir tímabilið

Norðlægur vindur

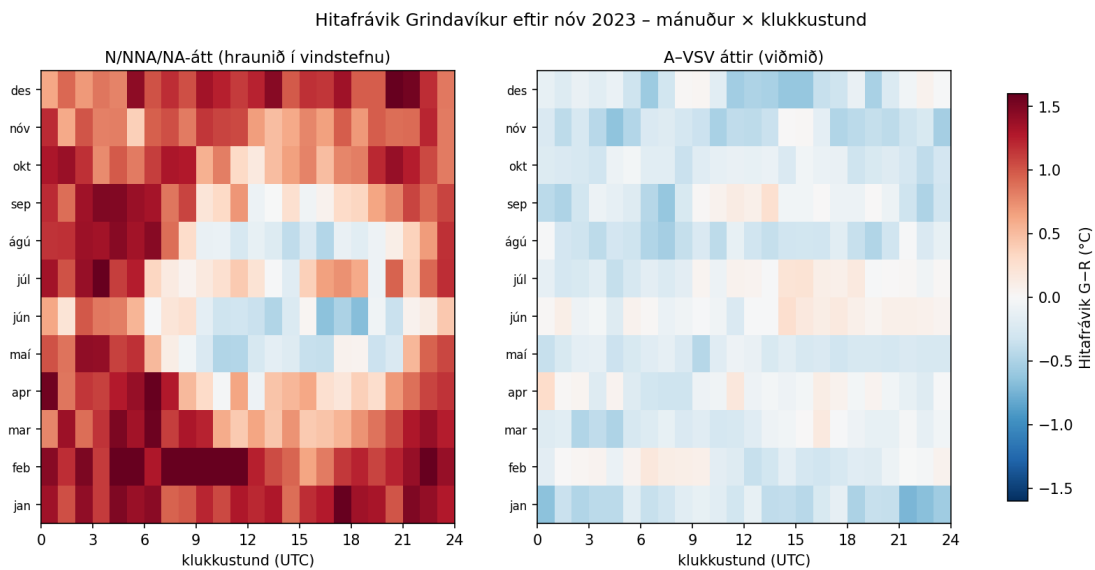
Á mynd 7 höfum við skipt norðanáttunum í þrengri bil til að sjá betur við hvaða aðstæður hlýnað hefur í Grindavík. Hér eru kennileiti merkt inn á ritið í stefnu sem miðar við staðsetningu veðurstöðvarinnar.

Hitastigshækkunin er mest þegar blæs úr 10° – 50° . Það er þegar loftið hefur borist yfir stóran hluta nýju hraunbreiðunnar norðan við bæinn. Breytingin er minni þegar áttin er aðeins vestlægari en þá hefur loftið þó borist yfir nýja hraunbreiðu sem er hvorki jafn þykk né viðamikil og sú sem austar er.



Mynd 7: Norðlægar vindáttir. Breyting á hita í Grindavík eftir vindstefnu í 10° geirum frá 320° til 70°.

Næst var skoðað hvort breytingin væri mismunandi eftir tíma dags eða árstíma (mynd 8).

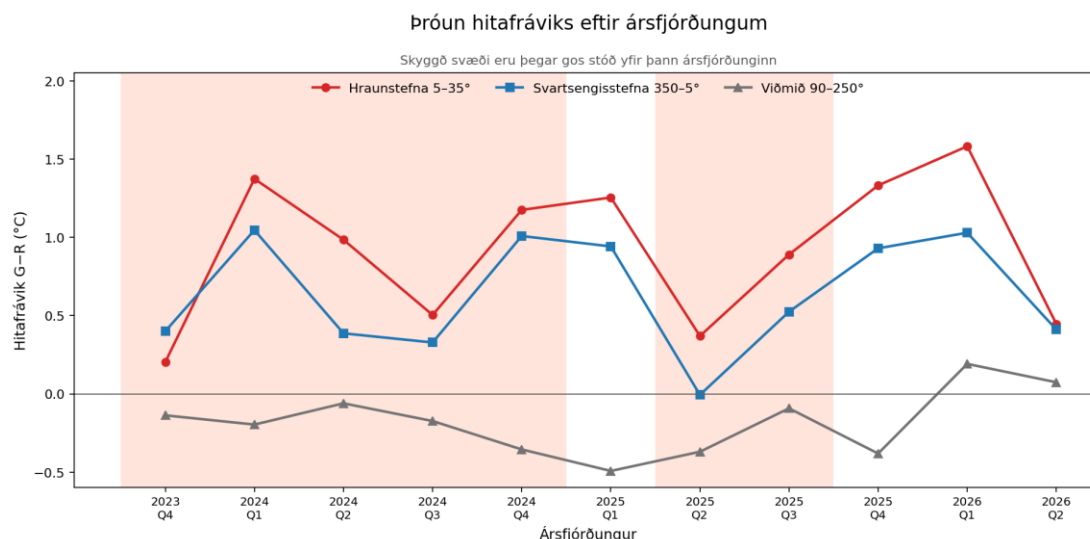


Mynd 8: Breyting á hitastigi eftir tíma dags. Norðlægar áttir vinstra megin (320° til 60°). Hægra megin: Allar aðrar vindstefnur.

Niðurstaðan er greinileg. Það er hlýrra, sama hvenær dags er yfir kaldari hluta ársins. Á sumrin sjáum við aftur á móti að lítil breyting er á hita yfir daginn. Hægra megin er síðan samanburður af frávikum hita fyrir aðrar vindáttir í Grindavík, þar eru nánast engar breytingar að sjá.

Stytttri tímabil

Til fróðleiks var skoðað hvort breyting á hita væri meiri, rétt á meðan gos er í gangi eða þegar stutt er liðið frá goslokum.



Mynd 9: Frávik á hitastigi í N-áttum eftir ársfjórðungum

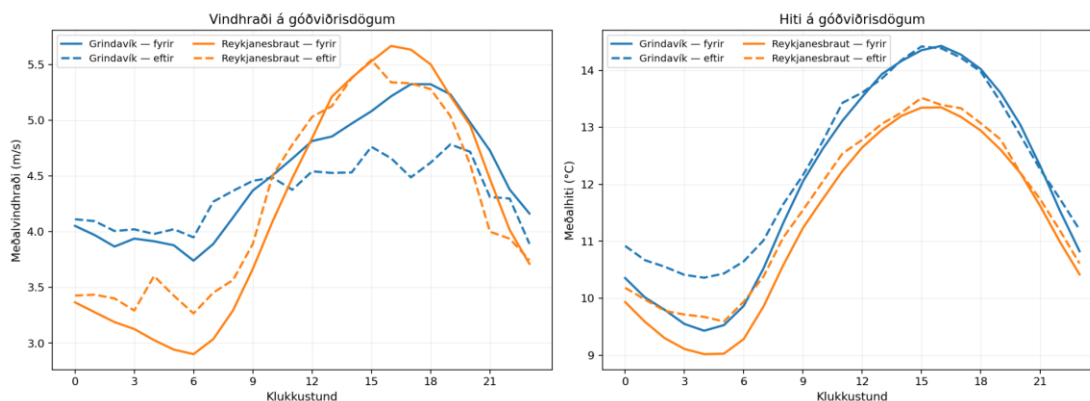
Rauða línan á mynd 9 sýnir stefnu að þykkustu og víðfemustu hraunbreiðunni, sú bláa sýnir stefnu að minni hraunbreiðu. Gráa línan sýnir svo aðrar áttir, þar sem loft hefur ekki borist yfir hraun. Ekki er að sjá neina þróun eða leitni í hitafrávikunum. Þau virðast ekki vera meiri þegar mikil virkni er á svæðinu, þvert á móti virðast þau ef eitthvað er hafa aukist nýlega, þrátt fyrir að langt sé síðan síðast gaus.

Sólríkir sumardagar

Áhugavert er að skoða sérstaklega góða veðurdaga að sumri. Þetta eru hlýir dagar með tiltölulega hægum vindi. Hér er gerð tilraun til þess að skoða hvort veður hafi tekið breytingum í Grindavík á þeim dögum. Mynd 10 sýnir meðalvindhraða og meðalhita eftir tíma dags þar sem hámarkshiti dagsins í Grindavík er hærri en 14°C. Eins og áður eru borin saman árin 2008–2023 við árin 2024–2026. Hlýir dagar samkvæmt þessari skilgreiningu voru að jafnaði 36,5 yfir sumarið 2008–2023 og rétt rúmlega 100 mælingar eru til reiðu í samanburð á seinna tímabilinu.

Góðviðrisdagar í Grindavík

Heil lína: Dagur út sumar 2023. Brotin lína: Dagur frá og með sumari 2024. Hámarkshiti dags yfir 14°



Mynd 10: Meðalhiti dagsins þá daga sem hámarkshiti fer yfir 14°C

Það er greinileg breyting á vindhraða á góðum dögum í Grindavík. Framan af degi er vindurinn óbreyttur frá því sem áður var en eftir því sem líður á daginn er skýrt að vindhraði er hægari en áður var. Vindhraðinn mælist að jafnaði um 0,5 m/s lægri en áður seinnipart dags. Ekki er að sjá samsvarandi breytingar á Reykjanesbraut, þar er vindhraðaferillinn svipaður fyrir og eftir jarðhræringar.

Ekki er að sjá að verulegar breytingar hafi orðið á hita eftir að eldvirkni hófst. Hitastig að nóttu til er þó mögulega eitthvað hærra en áður, bæði á Reykjanesbraut og í Grindavík.

Umræður

Veðurfar í Grindavík hefur tekið breytingum eftir að ný hraun tóku að renna og varnargarðar voru reistir. Það á við bæði hita og vindstyrk, einkum í ákveðnum vindáttum. Einna skýrast er að hiti í norðlægum áttum hefur hækkað og það sérstaklega yfir vetrartímann. Ástæða þess að hitinn hefur hækkað er að öllum líkindum sú að loftið berst yfir hraunbreiður sem ennþá eru að kólna. Hraunið tapar hita út í loftið sem síðar berst yfir Grindavík. Það rennir líka stoðum undir þá kenningu að þessi aukning í hita sést síður eða alls ekki yfir daginn að sumarlagi. Þá er loftið almennt hlýrra og meiri lóðrétt loftblöndun.

Hitafrávikin hefur ekki breyst að ráði frá því eldsumbrotin hófust og hitafrávikin aukast ekki á meðan gosi stendur. Það gefur til kynna að hærri hiti í norðanáttum gæti orðið í Grindavík í einhver ár. Ef kenningin um að hærri hiti sé vegna hita frá hrauninu þá hverfa þau áhrif á endanum alveg þegar hraunið hættir að kólna.

Það er þó ekki loku fyrir það skotið að hærri hiti samfara norðlægum áttum stafi að einhverju leyti af breytingum á landslagi. Nýja hraunið er grófara en það eldra og þegar vindurinn blæs yfir hraunið þá hagar loftið sér öðruvísi en áður og blöndun við efri lög í norðlægum áttum gæti verið annað hvort meiri eða minni sem síðan hefði áhrif á hitastig í Grindavík. Að sama skapi móta varnargarðarnir ofan við bæinn

vindinn og breyta blönduninni líka. Það krefst frekari rannsókna að meta hvort og þá hvernig loftblöndunin hefur breyst í norðlægum áttum. Ef til vill verður ekkert hægt að segja til um það fyrr en hraunið er hætt að losa varma til yfirborðsins.

Í norðlægum áttum í Grindavík hefur vindhraði einnig minnkað. Þetta er að öllum líkindum vegna landbreytinga, en síður vegna þess að veðurfarið hefur breyst. Samanburður við aðrar nálægar stöðvar s.s. eins og við Reykjanesbraut eða Keflavíkurflugvöll leiðir ekkert slíkt í ljós yfir þetta fárra ára tímabil.

Yfirborð landsins hefur mikil áhrif á styrk vinds í neðri lögum, því grófara sem yfirborðið er þeim mun meira hægist á vindinum. Nýja hraunið er grófara en það eldra, hrýfið eykst og því hægir meira á vindi en áður. Krafturinn í vindinum minnkar því þegar hann berst yfir hraunið og verður vindur þar af leiðandi hægari hlémegin við hraunið, þ.e. í Grindavík í norðanátt. Varnargarðarnir gera yfirborð landsins einnig óreglulegra, auka hrýfið og draga líka úr vindi til viðbótar við áhrif nýja hraunsins.

Staðbundin áhrif vegna garðanna eru meiri nálægt þeim þar sem þeir geta bæði veitt skjól og magnað upp vind. Það fer eftir staðsetningu, vindátt og vindstyrk hver áhrifin verða. Ólíklegt verður að teljast að staðbundin áhrif vegna varnargarða mælist á veðurstöðinni í Grindavík. Til þess eru varnargarðarnir of langt frá veðurathugunarstöðinni. Samanlagt auka þeir hins vegar á yfirborðshrýfið eins og áður er getið. Hversu mikið má fá fram með frekari vindmælingum og samanburðarrannsóknum.

Það mælist einnig breyting á vindhraða í sunnanátt. Það hafa ekki orðið neinar landbreytingar sunnan við veðurathugunarstöðina í Grindavík aðrar en landsig (einkum í suðvestri). Við höfum ekki augljósa skýringu á breytttri hegðun sunnanáttar. Var þó aðeins skoðað og benda gögnin til þess að styrkur suðlægra átta sé meiri en áður á Reykjanesbraut sem verður til þess að í samanburðinum kemur það út þannig að styrkurinn hafi minnkað í Grindavík. Þetta þyrfti að kanna frekar, þrátt fyrir að loftið í S- (og SV-) áttum komi af hafi, en ekki yfir nýja hraunið. Bæði breytt yfirborð og hitauppstreymi geta haft víðtæk áhrif á vindinn sem við fyrstu sýn eru ekki auðútskýranleg.

Þá eru ótaldar breytingar á sumardögum. Það er greinilegt í gögnunum sem unnið var með að vindur seinnipart dags hefur minnkað frá því sem áður var. Lausleg athugun bendir til þess að hegðun hafgolunnar sé orðin önnur en áður og að jafnvel hafi vindátt samfara hafgolu breyst. Þetta er eitt af því sem kanna þyrfti nánar.

Þessi greining hér á mögulegum áhrifum landbreytinga í og við Grindavík veitir aðeins innsýn í hnik á nokkrum veðurbáttum í Grindavík. Til að fá nánari sýn á það hver áhrifin raunverulega eru, þyrfti mun víðtækari skoðun. Ekki var gerð tölfræðileg úttekt á marktækni breytinganna en þó þykir ljóst að veðurbreytingar aðrar en á hita eru ekki tölfræðilega marktækar þar sem fjöldi tilvika er of lítill. Við teljum þó miklar líkur á því að þær breytingar sem við höfum fjallað um hér hafi átt sér stað og verði staðfestar eftir því sem tíminn líður og með frekari rannsóknum.

Niðurstöður í hnotskurn

Veðurfar í Grindavík hefur tekið breytingum eftir að ný hraun tóku að renna og varnargarðar voru reistir. Það á við bæði hita og vindstyrk, einkum í ákveðnum vindáttum. Veðurstöð Veðurstofunnar í Grindavík er staðsett við Austurveg ofan tjaldsvæðisins og mældi hnökralaust allan þann tíma þegar mest gekk á. Þær mælingar eru bornar saman við aðrar nálægar á Reykjanesskaga fyrir og eftir 2024. Þótt samanburðartímabilið sé stutt koma engu að síður fram áhugaverð atriði.

- Í N-átt er vindhraðinn greinilega minni en áður.
- N-áttin er líka hlýrri en áður, einkum á haustin og yfir veturinn.
- Eðli hafgolunnar að sumarlagi virðist önnur, mögulega hefur vindáttin breyst og hún er hægari.

Þessi lauslega athugun gefur til kynna að nýju hraunin hafi bein áhrif á veður í Grindavík, fyrst um sinn gefa þau frá sér varma, en aukið yfirborðshrýfi þeirra ásamt varnargörðum dregur úr vindhraða þegar vindátt er af landi. Á eðli málsins samkvæmt ekki við í suðlægum vindáttum, þegar blæs af hafi.

Skoða þyrfti betur bein áhrif varnargarðanna á vind. Svo sem með sérstökum vindmælingum nær görðunum saman með hermunum í loftflæðilíkönunum.

Samantekið

Breytingar á umhverfi Grindavíkur virðast hafa haft mælanleg áhrif á staðbundið veður. Frá því seint 2023 hafa ný hraun runnið norðan og norðaustan við bæinn og í kjölfarið voru reistir varnargarðar. Nýju hraunin eru grófari en eldra yfirborð og gefa jafnframt enn frá sér varma, en varnargarðarnir auka einnig hrýfi landsins.

Greiningin byggir á mælingum Veðurstofunnar í Grindavík frá 2008 og samanburði við mælingar Vegagerðarinnar á Reykjanesbraut. Viðmiðunartímabilið 2008–2023 var notað til að leiðrétta samanburðarstöðina eftir vindátt og árstíð og síðan voru breytingar eftir 2023 metnar út frá frávikum milli stöðvanna.

Helstu niðurstöður eru þessar:

- Vindur úr norðlægum vindáttum er almennt hægari í Grindavík. Líkleg skýring er aukið yfirborðshrýfi vegna útbreiðslu nýju hraunanna ásamt varnargörðunum.
- Hiti samfara norðlægum vindihefur hækkað. Mestur munur kemur fram í NA-átt, þar sem meðalhiti mælist um 0,7°C hærri en fyrir eldvirknina.
- Hlýnunin kemur einkum fram að hausti og vetrinum. Að sumrinu er lítil breyting á hita yfir daginn. Þetta styður þá skýringu að varmi frá kólnandi hrauninu hafi áhrif á loftið sem berst yfir bæinn.
- Ekki kemur fram skýrt samband milli hitafrávika og þegar eldgos er í gangi eða dagana í kjölfar þess.
- Á hlýjum sumardögum hefur dregið úr vindi síðdegis sem nemur um 0,5 m/s. Gögnin benda til þess að hegðun hafgolunnar hafi breyst og mögulega einnig vindátt hennar.

Greiningin sýnir breytingu eftir 2023, en getur ekki með núverandi gögnum greint með vissu hversu stór hluti hennar stafar af hraununum og hversu stór af varnargörðunum.

Jafnframt er bent á að staðbundin áhrif varnargarðanna geti verið meiri nær gördunum. Til þess að greina þau betur þyrfti sérstakar vindmælingar nær ásamt hermum loftflæðis.

Meginniðurstaðan er því að nýrunnin hraunin hafi hitað neðan frá loft sem berst yfir Grindavík í norðlægum vindáttum. Varnargarðarnir leggja líklega einnig sitt af mörkum með auknu yfirborðshrýfi, en bein áhrif þeirra á vind þarf að rannsaka betur.

Einar Sveinbjörnsson, veðurfræðingur
vedurvaktin@vedurvaktin.is

Sveinn Gauti Einarsson, umhverfis- og orkuverkfræðingur

sveinngauti@sveinngauti.is