

## Greining á öfgaveðurhæð frá sjálfvirkum vindmælingum

---

Guðrún Nína Petersen



## Greining á öfgaveðurhæð frá sjálfvirkum vindmælingum

---

Guðrún Nína Petersen, Veðurstofu Íslands



|  |                                 |  |  |
|--|---------------------------------|--|--|
| <b>Skýrsla nr.:</b><br>VÍ 2015-004   | <b>Dags.:</b><br>September 2015 | <b>ISSN:</b><br>1670-8261  | <b>Opin</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Lokuð</b> <input type="checkbox"/><br><b>Skilmálar:</b> |
| <b>Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill:</b><br>Greining á öfgaveðurhæð frá sjálfvirkum vindmælingum   |                                 | <b>Upplag:</b> 20<br><b>Fjöldi síðna:</b> 53   |  |
|  |                                 | <b>Framkvæmdastjóri sviðs:</b><br>Jórunn Harðardóttir  |  |
| <b>Höfundar:</b><br>Guðrún Nína Petersen   |                                 | <b>Verkefnisstjóri:</b><br>Guðrún Nína Petersen  |  |
|  |                                 | <b>Verknúmer:</b><br>5813-1-0001   |  |
| <b>Gerð skýrslu/verkstig:</b>  |                                 | <b>Málsnúmer:</b><br>2015-238  |  |
| <b>Unnið fyrir:</b>  |                                 |  |  |
| <b>Samvinnuaðilar:</b><br>Háskóli Íslands, Landsvirkjun, Orkubú Vestfjarða og Orkustofnun  |                                 |  |  |
| <b>Útdráttur:</b><br>Stigin eru fyrstu skref í greiningu á öfgaveðurhæð á Íslandi. Greiningin er byggð á mælingum á vindhraða og vindhviðu frá 62 sjálfvirkum veðurstöðvum. Notast er við þröskuldsgreiningu (e. Peak Over Threshold), þ.e. fundin er almenn Pareto dreifing (e. Generalized Pareto distribution) sem, fyrir hverja veðurstöð, líkir best eftir mælingum yfir ákveðnum þröskuldi, hér 0.9 hlutfallsmarkinu. Svo að skilyrði um óháð gildi sé uppfyllt er þess krafist að 5 dagar líði á milli hágilda. Niðurstöður eru birtar á kortum. Einnig er lagt mat á hve öfgakennd nokkur þekkt illviðri á þessari öld voru. Vinnan er hluti af verkefninu Ísvindar, systurverkefni norræna verkefnisins Icewind |                                 |  |  |
| <b>Lykilorð:</b><br>Sjálfvirkar vindmælingar,<br>vindhraði, vindhviða, veðurhæð,<br>öfgagreining,<br>öfgaveðurhæðargreining,<br>þröskuldsgreining, almenna Pareto<br>dreifingin, illviðri  |                                 | <b>Undirskrift framkvæmdastjóra sviðs:</b><br> |  |
|  |                                 | <b>Undirskrift verkefnisstjóra:</b>  |  |
|  |                                 | <b>Yfirfarið af:</b><br>PC, HB, TJ, SG   |  |



# Efnisyfirlit

|   |    |
|---|----|
| <b>1 Inngangur</b> .....  | 9  |
| <b>2 Gögn</b> .....   | 10 |
| 2.1 Gagnaraðir .....  | 10 |
| <b>3 Öfgagreining</b> .....                                     | 14 |
| 3.1 Óháð gildi og val á þröskuldi .....                         | 15 |
| <b>4 Niðurstöður</b> .....                                      | 18 |
| 4.1 Öfgakenndur vindhraði á einstökum veðurstöðvum .....        | 18 |
| 4.2 Næmnikönnun: lengd tímaraða .....                           | 18 |
| 4.3 Næmnikönnun: val á þröskuldi.....                           | 20 |
| 4.4 Niðurstöður allra útreikninga á kortaformi .....            | 22 |
| <b>5 Greining á nokkrum þekktum illviðrum</b> .....             | 28 |
| 5.1 Vestanhvassviðrið 5. nóvember 2006.....                     | 28 |
| 5.2 Sunnan- og austanillviðri 10.-14. desember 2007 .....       | 30 |
| 5.3 Austanstormur og rok 9. október 2009 .....                  | 33 |
| 5.4 Norðanhvassviðri 2. nóvember 2012: “Höfðatorgsveðrið” ..... | 33 |
| 5.5 Suðaustan- og suðvestanillviðri 14. mars 2015 .....         | 35 |
| <b>6 Niðurlag</b> .....   | 38 |
| <b>Viðaukar</b>   |    |
| <b>7 Heimildir</b> .....  | 40 |
| <b>I Töflur</b> .....   | 42 |
| <b>II Öfgaveðurhæðarlíkön</b> .....                             | 48 |

## Myndaskrá

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Fjöldi veðurstöðva.....  | 11 |
| 2   | Tímaraðir hámarksvindhraða og vindhviðu fyrir þrjár veðurstöðvar .....                       | 13 |
| 3   | Sjálffylgni staðlaðrar tímaraðar vindhraða frá veðurstöðinni Búrfelli .....                  | 16 |
| 4   | Dæmi um myndir sem að nýtast við ákvörðun á þröskuldi.....                                   | 17 |
| 5   | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Vestmannaeyjabæ .....                                  | 19 |
| 6   | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða, fyrir mismunandi tímaraðir .....                        | 21 |
| 7   | 50 ára endurkomugildi fyrir vindhraða og vindhviðu, mislangar tímaraðir.....                 | 22 |
| 8   | Næmnikönnun á þröskuldi .....  | 23 |
| 9   | Þröskuldsgildi á kortaformi .....  | 24 |
| 10  | Veðurstöðin Jökulheimar .....  | 24 |
| 11  | Veðurstöðin Hallormsstaður .....   | 25 |
| 12  | Skölunar- og lögunarstikar .....   | 25 |
| 13  | Endurkomugildi fyrir vindhraða og vindhviðu .....  | 26 |
| 14  | Vindrósir fyrir Kolku, vindhraði $\geq 20$ m/s .....   | 27 |
| 15  | Vindrósir fyrir Skaftafell.....  | 28 |
| 16  | Veðurlýsing 5. nóvember 2006.....  | 29 |
| 17  | Hámarksvindhraði 5. nóvember 2006 .....  | 29 |
| 18  | Endurkomutími vindhraða og vindhviðu 5. nóvember 2006.....                                   | 30 |
| 19  | Veðurlýsing 11.-14. desember 2007 .....  | 31 |
| 20  | Hámarksvindhraði og vindhviða 13. desember 2007 .....  | 32 |
| 21  | Endurkomutími vindhraða og vindhviðu 13. desember 2006.....                                  | 32 |
| 22  | Veðurlýsing 9. október 2009.....   | 33 |
| 23  | Endurkomutími vindhraða og vindhviðu 9. október 2009.....                                    | 34 |
| 24  | Veðurlýsing 2. nóvember 2012.....  | 34 |
| 25  | Hámarksvindhraði og vindhviða 2. nóvember 2012 .....   | 35 |
| 26  | Endurkomutími vindhraða og vindhviðu 2. nóvember 2012.....                                   | 35 |
| 27  | Veðurlýsing 14. mars 2015.....   | 36 |
| 28  | Hámarksvindhraði og vindhviða 14. mars 2015 .....  | 37 |
| 29  | Endurkomutími vindhraða og vindhviðu 14. mars 2015 .....                                     | 37 |
| A1  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Reykjavík byggt á gögnum 1996–2013....                 | 48 |
| A2  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Gufuskálum byggt á gögnum 1995–2013                    | 49 |
| A3  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Bolungarvík byggt á gögnum 2000–2013.                  | 49 |
| A4  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Gjögurflugvelli byggt á gögnum 1994–<br>2013.....      | 50 |
| A5  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Reykjum í Hrutafirði byggt á gögnum<br>2003–2013 ..... | 50 |
| A6  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Mývatni byggt á gögnum 1996–2013 .....                 | 51 |
| A7  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Egilsstaðaflugvelli byggt á gögnum 1998–<br>2013.....  | 51 |
| A8  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Skaftafelli byggt á gögnum 1995–2013 ...               | 52 |
| A9  | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Þykkvabæ byggt á gögnum 1996–2013 ...                  | 52 |
| A10 | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Hveravöllum byggt á gögnum 2002–2013                   | 53 |
| A11 | Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Jökulheimum byggt á gögnum 1999–2013                   | 53 |



## Töfluskrá

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | Fjöldi veðurstöðva.....   | 10 |
| 2  | Sjálffylgni nokkurra tímaraða .....                                   | 15 |
| 3  | Þröskuldgildi vindhraða og vindhviðu á nokkrum veðurstöðvum .....     | 18 |
| 4  | Næmnikönnun á lengd tímaraða .....                                    | 20 |
| 5  | Illviðrabálgur .....  | 30 |
| A1 | Veðurstöðvar nýttar í greiningunni .....                              | 42 |
| A2 | Sjálfvirkar veðurstöðvar kannaðar en ekki nýttar í greiningunni ..... | 44 |
| A3 | Hágildi mælinga .....   | 46 |



# 1 Inngangur

Ísland er vindasamt land. Vindafarið stjórnast í stórum dráttum af þeim veðrakerfum sem eiga leið nærri landinu en landið sjálft hefur einnig mikil áhrif á vindhraða og vindátt. Sem dæmi má nefna að vindhraði er að jafnaði hærri með ströndinni en inn til landsins og eins eykst vindhraði með hæð yfir sjávarmáli. Yfirborðshryfi dregur úr vindhraða nær jörðu. Yfirborðsgerð ákveður hryfið og er það t.d. mikið í skóglendi en mjög lítið á söndum og jöklum. Þetta þýðir að mun minna dregur úr vindhraða nær jörðu á gróðursnauðum svæðum en þeim gróðurmeiri. Landslag, og þá einkum fjalllendi, hefur einnig mikil áhrif á staðbundið vindafar með því að magna eða dempa vindhraða og breyta vindátt. Sem dæmi má nefna að þar sem lofti er þrýst í gegnum fjallaskörð, meðfram fjallshlíðum og yfir fjöll magnast vindurinn staðbundið. Í sumum tilvikum verður hann einnig mjög hviðukenndur og gott dæmi um það er þegar loft er þvingað yfir Esjuna í hvassri austanátt, en þá verður oft bæði hvass og hviðukenndur vindur á Kjalarnesi. Vindafar getur því verið mjög breytilegt á milli staða en segja má að á hverjum stað hefur sú veðurhæð mestar afleiðingar fyrir samfélagið sem er sem öfgakenndust fyrir þann stað.

Öfgaveðurhæð má skilgreina sem mestu aftakaveðurhæð, þ.e. vindhraðinn er mun meiri en venjulega og því eru meiri líkur á skemmdum og slysum við slíkar aðstæður en annars. Einkum geta öfgakenndar hviður valdið miklum skaða. Tíðni öfga, hvort sem um er að ræða í veðri eða veðurtengdum atburðum, svo sem snjóflóðum, vatnsflóðum og sjávarflóðum, er að jafnaði komið á framfæri sem endurkomutíma atburðar eða endurkomugildi. Endurkomutími segir til um tíðni ákveðins gildis, þ.e. gefur til kynna hve sjaldgæfur atburðurinn er, en endurkomugildi gefur aftur á móti til kynna hversu stór versti atburður getur orðið á tilteknu tímabili. Við öfgagreiningu er því verið að meta líkindi á að sjaldgæfir atburðir gerist, til dæmis stærð 100 ára vatnsflóðs. Í flestum tilvikum eru tímaraðir mælinga stuttar í samanburði við hversu sjaldgæfir atburðir eru, þ.e.a.s. það er þörf á mati á líkum á atburði sem sjaldan eða aldrei hefur mælst. Því þarf við slíka greiningu að útbúa líkan sem fellur að tiltækum gögnum, sem svo má beita til að meta líkindi á sjaldgæfum atburðum. Slíkt mat er oft mjög nauðsynlegt, t.d. vegna hönnunar ýmissa mannvirkja svo sem bygginga, mastra og vega sem þurfa að þola ákveðnar öfgar.

Hér eru stigin fyrstu skrefin í að meta öfgaveðurhæð á Íslandi. Þessi vinna er hluti af verkefninu Ísvindar, sem er íslenskt systurverkefni norræna verkefnisins Icewind. Notast er við sjálfvirkar vindmælingar frá veðurstöðvum Veðurstofunnar, Landsvirkjunar og Landsnets, og sú krafa gerð að það séu til að minnsta kosti 10 vetur með heilstæðum athugunum. Fyrir hverja stöð er reiknað líkan byggt á þröskuldsgreiningu (e. Peak over threshold (POT)) og almennu Pareto dreifingunni (e. General Pareto distribution), fyrir bæði vindhraða og vindhviðu. Þeir stíkar sem lýsa líkaninu fyrir hverja veðurstöð eru vistaðir svo hægt sé að kortleggja niðurstöðurnar og þar með skoða í samhengi við niðurstöður frá öðrum veðurstöðvum.

Tafla 1. Fjöldi stöðva frá nokkrum aðilum sem höfðu árið 2014 mælt í að minnsta kosti 5, 10 og 15 ár.

| Eigandi            | 5 ár | 10 ár | 15 ár |
|--------------------|------|-------|-------|
| Veðurstofa Íslands | 113  | 77    | 41    |
| Vegagerðin         | 53   | 44    | 30    |
| Landsvirkjun       | 14   | 10    | 9     |
| Landsnet           | 8    | 3     | 1     |

## 2 Gögn

### 2.1 Gagnaraðir

Segja má að uppbygging nets sjálfvirkra veðurstöðva á Íslandi hafi hafist árið 1987. Veðurstofa Íslands (VÍ) bjó árið 2014 yfir neti með 120 stöðvum (95 almennum veðurstöðvum og 25 tengdum ofanflóðavöktun) en veðurstöðvanet Vegagerðarinnar (VG) samanstóð af 86 stöðvum. Aðrir aðilar áttu mun færri veðurstöðvar, til dæmis rak Landsvirkjun 16 stöðvar árið 2014. Flestar veðurstöðvar VÍ eru staðsettar á láglandi og þannig í landslaginu að mælingar séu dæmigerðar fyrir stærra svæði, m.ö.o. forðast er að staðsetja þær þannig að áhrif landlags í næsta nágrenni sé ráðandi.

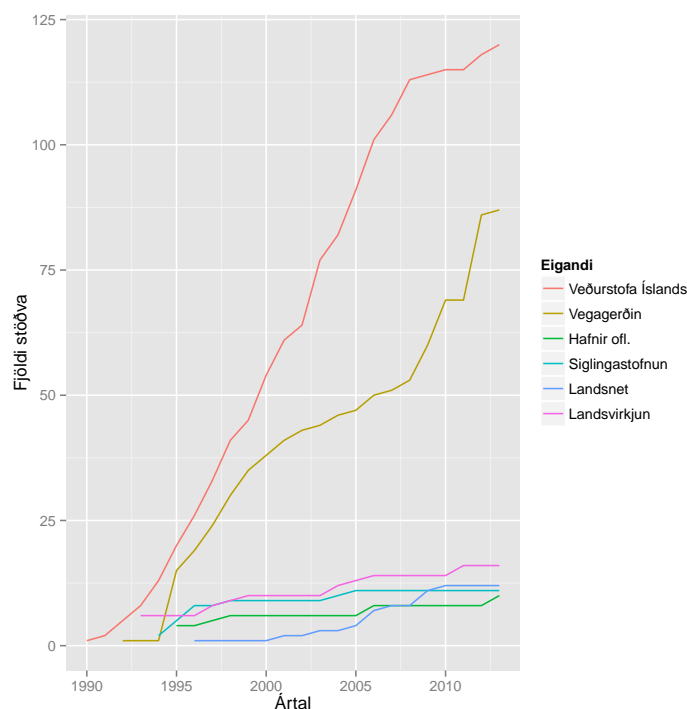
VG ber ábyrgð á vegakerfinu og því eru stöðvar hennar oft staðsettar þannig að þær mæli verstu veður á svæðinu. Það þýðir að staðsetningar eru oft valdar með það í huga að landslag í næsta nágrenni hafi ráði miklu um vindafar og því má gera ráð fyrir að vindhraði mælist oft meiri á VG stöðum en á stöðvum VÍ.

Þá er einnig nokkur munur á uppsetningu þessara tveggja neta. Í fyrsta lagi eru vindmælar á VG stöðvum iðulega lægri en á VÍ stöðvum, oft í 6–7 m hæð meðan VÍ vindmælar eru að jafnaði í 10 m hæð. Í öðru lagi eru vindhviður skilgreindar sem mesti 3 sek vindhraði í VÍ netinu en mesti 1 sek vindhraði í VG netinu. Þetta þýðir að mælingar eru ekki að öllu sambærilegar og líklegt að meiri vindhviður mælist í VG netinu en VÍ netinu. Það er því eðlilegast að aðskilja þessi net þegar öfgaveðurhæð er skoðuð og í þessari skýrslu eru gögn frá VG veðurstöðvum ekki skoðuð.

Landsvirkjunar- og Landsnetsveðurstöðvar eru á hálendinu, jafnan í tengslum við vatnsorkuvirkjanir og raforkudreifikerfið. Þær eru nokkuð sambærilegar VÍ stöðvum og eru teknar með í þessari greiningu.

Árið 2014 rak Veðurstofan 41 stöð, þar með talið ofanflóðastöðvar, sem hafði að minnsta kosti 15 ára sögu (upphaf mælinga árið 1998 eða fyrr), Vegagerðin 30 og Landsvirkjun 9. Um 77 VÍ stöðvar höfðu þá verið reknar í að minnsta kosti 10 ár, sjá töflu 1.

Tafla A1 inniheldur lista yfir þær stöðvar sem nýttar eru í þessari greiningu. Þær eru flestar VÍ stöðvar en nokkrar eru í eigu Landsvirkjunar eða Landsnets. Frá öllum þessum stöðvum eru til, eftir gæðaeftirlit, heilstæð gögn sem spanna að minnsta kosti 10 vetur. Stöðvarnar skrá mælingar á 10 mínútna fresti, m.a. vindátt, meðalvindhraða og mestu 3 sekúnda vindhviðu. Úr gögnum eru sjálfvirkt unnin klukkustundar- og daggildi. Gæðaeftirlit er á gögnunum þar sem



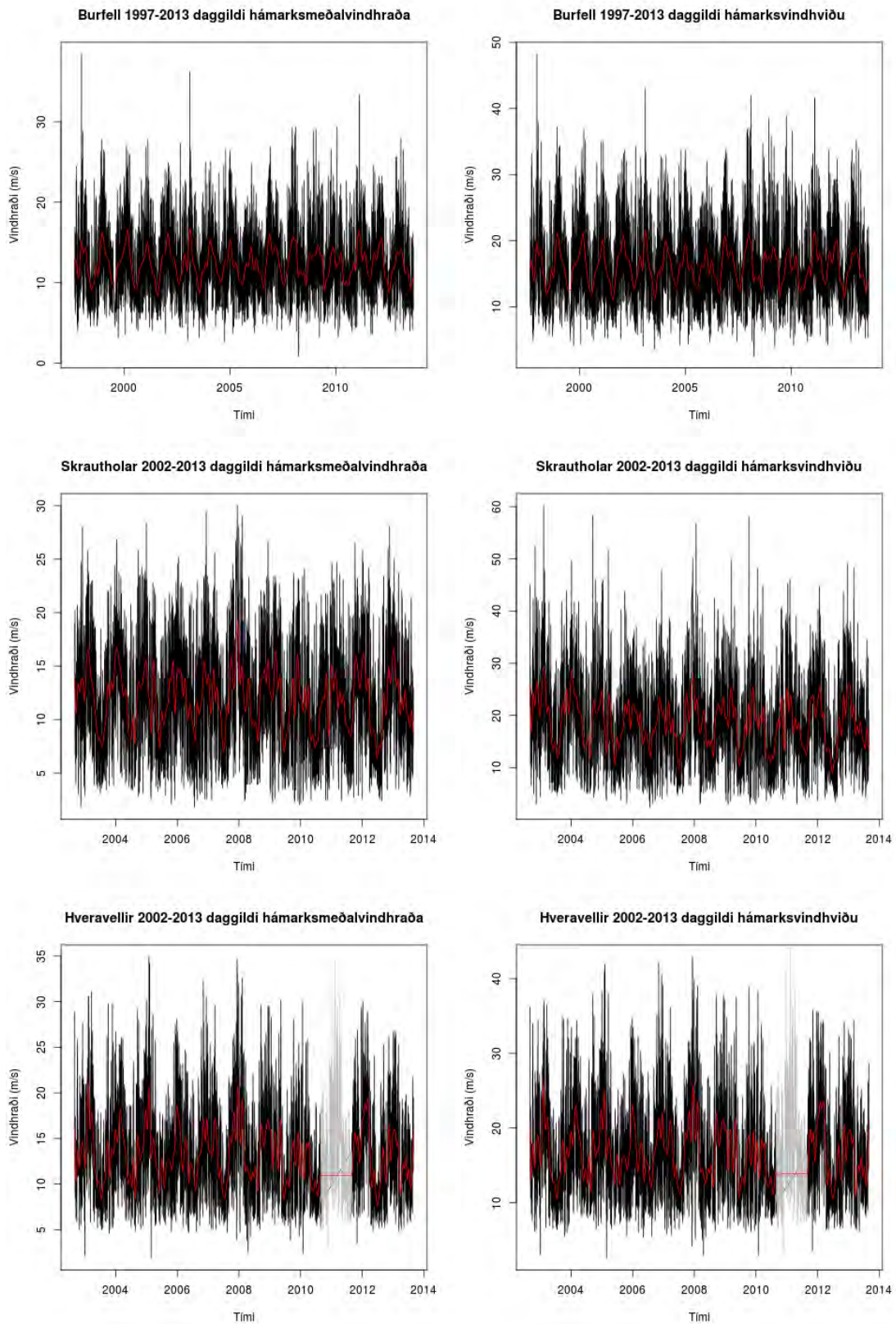
Mynd 1. Fjöldi starfandi veðurstöðva á hverju ári síðan 1990, skipt niður eftir rekstrar- aðilum.

greinilegar villur, svo sem svokallaðir naglar, eru fjarlægðar en einnig er óreglulegra mannað eftirlit með mælingunum. Í daggildatöflum eru engin gildi skráð fyrir sólarhringinn ef það vantar meira en 5 klukkustundargildi. Tafla A2 inniheldur lista yfir stöðvar sem voru kannaðar, en ekki nýttar, og ástæðu fyrir höfnun. Veðurgögnin sem eru nýtt í þessa vinnu eru daggildi hámarks 10 mínútna meðalvindhraða ( $f_x$ ), hér eftir vindhraði, og daggildi hámarks vindhviðu ( $f_g$ ), hér eftir vindhviða. Árið er skilgreint sem tímabilið 1. september–31. ágúst. Í gæðaeftirlitinu er árið fjarlægt í heild sinni ef gagnavöntun að vetri er 5% eða meira. Ástæða þess er að ekki er óalgengt að vindmælar bili einmitt þegar veður er vont og ef slík ár væru tekin með myndi tíðni öfgaveðurhæðar vera lægri. Með þessu er því dregið úr vanmati á tíðni öfgaveðurhæðar. Allar tímaráðir voru skoðaðar, einkum með tilliti til mælinga af mjög lágum vindhraða í fleiri daga eða óvenju mörgum dögum í senn með háan vindstyrk. Í þeim tilvikum sem þessar athuganir þóttu ólíklegar voru upplýsingar um það sendar til þeirra aðila sem sjá um gæðaeftirlit og í mörgum tilvikum var niðurstaðan sú að þessar skráningar voru taldar rangar og fjarlægðar úr gagnagrunni. Vinnan við öfgagreininguna skilaði því samtímis auknu gæðaeftirliti og áreiðanlegri gögnum í gagnagrunni.

Mesta mælda vindhraða og vindhviðu á hverri stöð er að finna í töflu A3, auk dagsetninga atburða.

Sjaldgæft er að gagnaheimta sé fullkomin, yfirleitt vantar gögn fyrir stöku daga, en í flestum tilvikum er talið að það hafi ekki mikil áhrif á niðurstöður greiningarinnar. Sömuleiðis eru gagna- göt að sumri til ekki litin eins alvarlegum augum og þau að vetri til þar sem vindhraði er öllu jafna töluvert lægri að sumri en að vetri og öfgakennd veðurhæð afar sjaldgæf. Mynd 2 sýnir dæmi um nokkrar gagnaraðir. Mælingar á veðurstöðvunum Búrfelli og Skrauthólum eru mjög

stöðugar og gagnaheimta daggilda yfir 98.5%. Á Hveravöllum vantar aftur á móti gögn fyrir 14 daga samfelld haustið 2010, sjá töflu A1, sem gerir það að völdum að árinu 2010–2011 verður að sleppa í greiningunni. Að því ári slepptu er gagnaheimta mjög góð.



Mynd 2. Tímaraðir hámarksvindhraða (m/s, vinstri) og vindhviðu (m/s, hægri) fyrir þrjár veðurstöðvar. Rauða línan er þriðja stigs hermifall (e. cubic spline) tímaraðanna. Gögn frá árum sem eru undanskilin í greiningu vegna gagnavöntunar eru grálituoð.

### 3 Öfgagreining

Öfgagreining (e. Extreme value analysis) er aðferðafræði til að meta tíðni öfgakenndra atburða frá athugunum/mælingum. Þessi tíðni er yfirleitt sett fram sem endurkomutími, fyrir gefið endurkomugildi.

Öfgagreiningar einkennast í flestum tilvikum af því að athuganir á öfgakenndum atburðum eru fáar, en þó er oft nauðsynlegt að meta tíðni fátíðs atburðar; jafnvel atburðar sem aldrei hefur mælst. Við slíkt mat þarf því að framreikna frá þeim gögnum sem til staðar eru. Það er einmitt það sem öfgagreining gerir, þ.e. metur endurkomugildi jafnvel fyrir endurkomutíma sem er lengri en tímaröð gagna. Einnig eru oft reiknuð öryggisbil sem gefa til kynna óvissu í útreikningum.

Tvær algengustu öfgagreiningaraðferðirnar eru aðferðin *hámark innan tímabils* (e. block maxima) og *þröskuldsgreining* (e. Peak Over Threshold (POT)). Fyrri aðferðin gengur út á að gögnunum er skipt upp í svokallað blokkir af sömu lengd, t.d. eitt ár, og hin almenna útgildadreifing (e. General extreme value distribution) er aðlöguð að gagnaröð sem samanstendur einungis af útgildum innan tímabila. Þar sem eingöngu eitt gildi úr hverju tímabili er nýtt við líkanagerðina skiptir val á stærð blokkar miklu máli. Aðferðin er oft gagnrýnd fyrir að vera eyðslusöm, þ.e. með því að nýta hámark innan hvers tímabils er einungis brot af þeim gögnum sem til eru nýtt. Það eru þó til tilvik þar sem aðferðin hentar mjög vel, einmitt vegna þess hvernig mælingar hafa verið skráðar.

Þröskuldsgreiningin metur öfgakennda eiginleika gagnanna út frá óháðum gildum yfir ákveðnum þröskuldi. Ef hægt er að gera ráð fyrir að þessi hágildi séu óháð, einsdreifð og tilviljanakennd má nálgá dreifingu þeirra með almennu Pareto dreifingunni (e. Generalized Pareto distribution (GPD)), sjá Coles (2001), kafla 4. Almennu Pareto dreifingunni er lýst með tveimur stikum, skölunarstika,  $\sigma$ , og lögunarstika,  $\xi$ . Ef lögunarstikinn er neikvæður,  $\xi < 0$ , er hámark dreifingarinnar afmarkað en ef stikinn er jákvæður,  $\xi > 0$ , hefur dreifingin engin efri mörk. Í þeim tilvikum þar sem  $\xi = 0$  verður dreifingin að veldisdreifingu og er því óafmörkuð. Skölunarstikinn gefur til kynna skala, eða styrk, dreifingarinnar. Helsti galli þröskuldsgreiningarinnar er að það þarf að vanda valið á þröskuldi og einnig að gæta þess að þau hágildi sem nýtt eru í líkanagerðinni séu óháð.

Fyrir almennu breytuna  $x$ , yfir valda þröskuldnunum  $u$ ,  $x - u > 0$ , er dreififall (e. cumulative distribution function) almennu Pareto dreifingarinnar

$$G(x) = 1 - \left[ 1 + \xi \left( \frac{x - u}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \quad (1)$$

þegar  $\xi \neq 0$ , og  $G(x) = 1 - \exp(-(x - u)/\sigma)$  þegar  $\xi = 0$ , sjá t.d. Della-Marta ofl. (2009) og Ceppi ofl. (2008). Ef  $X$  er óháð og einsdreifð tilviljanakennd slembistærð sem fylgir almennu Pareto dreifingunni fyrir ofan þröskuldin  $u$ , og tekur gildi minni en  $u$  með líkum  $1 - \zeta_u$ , þá eru líkurnar á því að  $X$  sé stærra en  $x$ , gefnar með

$$Pr\{X > x\} = Pr\{X > u\}Pr\{X > x|X > u\} = \zeta_u(1 - G(x)) \quad (2)$$

fyrir  $x > u$ , þar sem  $Pr\{X > x|X > u\} = 1 - G(x)$  og  $\zeta_u = Pr\{X > u\}$ , þ.e. líkurnar á því að útgildið sé hærra en hái þröskuldurinn  $u$ .



Tafla 2. Dagnúmer þess dags þar sem sjálffylgni (SF) staðlaðrar tímaraðar fellur undir ákveðnu gildi fyrir tímaraðir frá nokkrum veðurstöðvum.

| Stöð        | SF<0.1 | SF<0.05 | SF<0.01 |
|-------------|--------|---------|---------|
| Búrfell     | 3      | 4       | 7       |
| Gufuskálar  | 3      | 4       | 7       |
| Hafnarmelar | 4      | 5       | 7       |
| Hveravellir | 4      | 7       | 10      |
| Skrauthólar | 4      | 5       | 8       |

Meðalfjöldi mælinga yfir háa þröskuldinum  $u$  eru  $n_y$ .  $N$ -ta hvert ár má gera ráð fyrir að það mælist gildi sem samsvarar eða er hærra en endurkomugildið  $X_N$  þar sem  $N$  er endurkomutíminn. Því gildir að

$$\frac{1}{N} = Pr\{X > x_N\}n_y \quad (3)$$

og endurkomugildið  $x_N$  er reiknað samkvæmt

$$x_N = u + \frac{\sigma}{\xi} [(Nn_y \zeta_u)^\xi - 1]. \quad (4)$$

þegar  $\xi \neq 0$ , og  $x_N = u + \sigma \log(Nn_y \zeta_u)$  þegar  $\xi = 0$ .

Við mat á  $\xi$  og  $\sigma$  er notast við svokallað sennileikamat (e. Maximum likelihood estimate), sjá t.d. Coles (2001). Allir öfgaveðurhæðarútreikningar eru hér gerðir með POT-pakkanum (Ribatet 2012) í reikniforritinu R (R Core Team 2014).

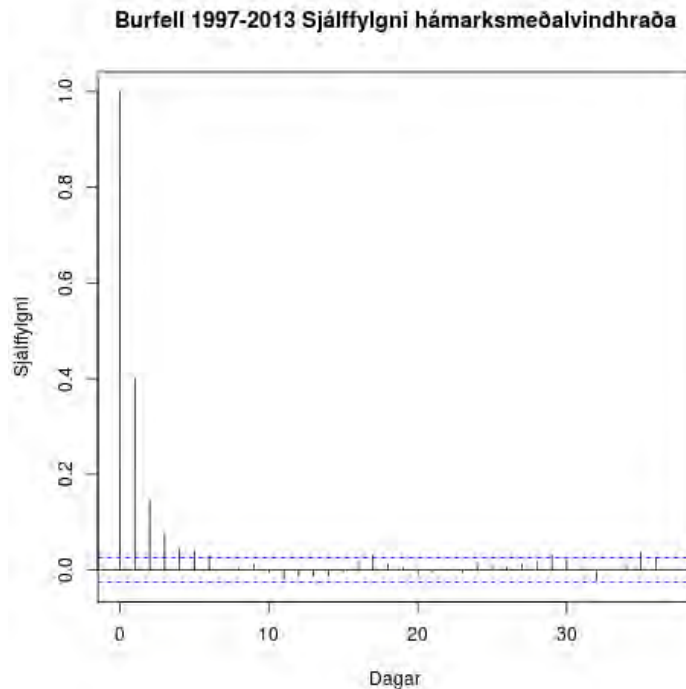
### 3.1 Óháð gildi og val á þröskuldi

Þröskuldaaðferðin krefst þess að útgildin yfir háum þröskuldi séu innbyrðis óháð. Fyrir vindhraða er þó ljóst að hágildi eru oft háð þar sem mikill vindhraði er yfirleitt afleiðing stærri eða minni veðrakerfa með líftíma frá klukkustundum að dögum.

Til að komast hjá háðum gildum í gagnaröðinni er sett skilyrði um hve nálægt í tíma gildi í þýðinu geta verið og hæsta gildi háðra mælinga valið. Þekking á gagnasafninu og sjálffylgni þess er nauðsynleg til að skilgreina þyrpingu háðra gilda. Í þýðinu standa þá eftir útgildi yfir þröskuldinum sem má gera ráð fyrir að séu óháð og því er hægt að finna það almenna Pareto dreifingarfall sem fellur best að gögnum frá hverri stöð.

Sjálffylgni vindhraða tímaraða, staðlaðra til að fjarlægja árstíðasveiflu, sýnir að fimm daga þyrping er hæfilega löng, sjá töflu 2 og mynd 3. Með því að krefjast að tímabilið á milli útgilda yfir þröskuldi í þýðinu sé a.m.k. fimm dagar eru litlar líkur á að háðar mælingar séu í gagnaröðinni.

Val á þröskuldi hefur einnig áhrif á gæði niðurstaða. Á annan bóginn, ef þröskuldurinn er of lágur eru of margir atburðir valdir, þar af sumir sem eru langt frá því að vera öfgakenndir. Á hinn bóginn ef þröskuldurinn er of hár eru of fáir atburðir valdir og þar af leiðandi getur líkanið orðið illa stagað og jafnvel gefið ranga mynd af öfgaveðurhæð. Þröskuldurinn þarf því að vera nógu



Mynd 3. Sjálffylgni staðlaðrar tímaraðar vindhraða frá veðurstöðinni Búrfelli, fyrir tímabilið 1997–2013, sem fall af tíma. Tímaröðin er stöðluð með miðgildi hvers mánaðar fyrir hvern almanaksmánuð.

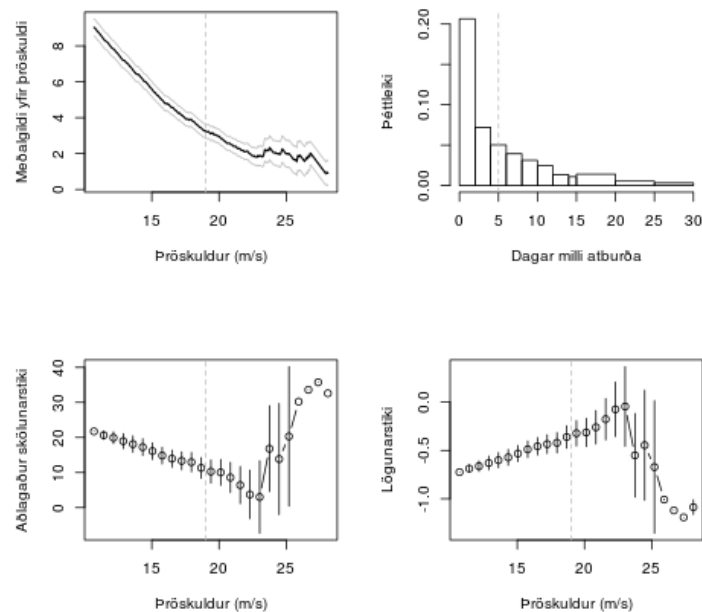
hár til að vera við aðfellingumörk dreifingarinnar en samt ekki of hár. Fyrir gott líkan þurfa aðlagði skölunarstikinn,  $\sigma^* = \sigma_u - \xi u$  (sjá Coles, 2001), og lögunarstikinn að vera fastar fyrir gildi yfir aðfellingumörkum og meðaltal yfir þröskuldi  $u$  (e. the mean of exceedance) að vera línulegt fall af  $u$ .

Veðurstofan sendir út viðvaranir vegna vindhraða þegar gert er ráð fyrir stormi, þ.e. að vindhraði verði yfir 20 m/s, og/eða að vindhviður verði snarpar. Að sumarlagi eru viðvaranir gefnar út fyrir lægri vindhraðamörk, eða 15 m/s. Þessi mörk eru beintengd við aukna umferð viðkvæmra farartækja yfir sumartímann, svo sem húsbíla og bíla með eftirvagna, sem þola illa mikinn vind. Vegna þessara marka sem Veðurstofan setur við 20 m/s fyrir vindhraða eru rök fyrir því að nota það gildi sem þröskuld fyrir vindhraða og t.d. 30 m/s fyrir vindhviðu. Ókostur við slíkt val er þó sá að þá er ekki tekið tillit til staðbundins breytileika, þ.e. að sumir staðir eru vindasamari en aðrir. Þessi breytileiki er tengdur því hvernig landslagið, og þá einkum fjalllendi, dempar eða magnar vindhraða. Ef þessi leið væri farin myndu líkönin byggja á mjög ólíkum fjölda atburða. Auk þess felur skilgreiningin á öfgaatburðum í sér að þeir verða að vera fremur fáir og einn fastur þröskuldur fyrir allar stöðvar tekur ekki tillit til breytileika í vindafari milli stöðva.

Vegna ofangreindra ókosta við fastan þröskuld var ákveðið að velja staðarháðan þröskuld og taka þannig tillit til þess fjölbreytileika í vindafari sem er að finna á Íslandi. Ákveðið var að nota 0.9 hlutfallmark vindhraða á hverri veðurstöð sem þröskuld. Það þýðir að fyrir hverja veðurstöð eru 10% atburða yfir þröskuldi. Myndir sem gefa til kynna hvort að þröskuldurinn er vel valinn voru skoðaðar fyrir allar tímaraðirnar, sjá t.d. mynd 4. Ef þröskuldurinn er rétt valinn á að vera hægt að draga beina línu, innan óvissumarka, í gegnum öll gildi yfir þröskuldi á myndinni efst

til vinstri, á hinni svokölluðu meðalgildi hágilda yfir þröskuldi mynd (e. mean residual life plot). Sömuleiðis á að vera hægt að draga lárétta línu í gegnum aðlagða skölunarstikann og lög-  
unarstikann fyrir gildi yfir þröskuldinum (neðri myndirnar), m.ö.o. þessir stikar eiga að vera  
fastar fyrir ofan þröskuldinn. Á myndinni sést að 0.9 hlutfallsmarkið uppfyllir þessi skilyrði að  
undanskildum þeim punktum fyrir skölunar- og lögunarstikann þar sem ónóg gögn liggja að baki  
til þess að hægt sé að reikna óvissumörk. Tafla 3 inniheldur upplýsingar um 0.9 hlutfallsmarkið  
fyrir nokkrar veðurstöðvar. Þar kemur staðbundinn breytileiki vel í ljós en hæsta gildið í töflunni,  
í Jökulheimum, er tvöfalt lægsta gildið, á Húsavík.

Skrautholar 2002-2013 dagsgildi hámarks vinds, afklösun=5 d, þrösk.=19.0 m/s



Mynd 4. Dæmi um myndir sem að nýtast við ákvörðun á þröskuldi. Efri-vinstri: Meðalgildi hágilda yfir þröskuldi, efri-hægri: Fjöldi daga á milli mælinga þegar vindhraði er yfir 10 m/s, neðri-vinstri: aðlagður skölunarstíki og neðri-hægri: lögunarstíki sem fall af þröskuldsgildum. Svörtu lóðréttu línurnar á neðri myndunum sýna óvissu í útreikingum, en grúa skástrikaða línan 0.9 hlutfall mark nema í stöplaritinu þar sem það sýnir val á lengd þyrpinga, 5 dagar. Byggt á vindhraðagögnum frá Skrauthólum 2002–2013.

Tafla 3. Gildi 0.9 hlutfallsmarks fyrir vindhraða og vindhviðu á nokkrum veðurstöðvum.

| Stöð        | Vindhraði (m/s) | Vindhviða (m/s) |
|-------------|-----------------|-----------------|
| Búrfell     | 18.2            | 24.0            |
| Gufuskálar  | 18.5            | 25.8            |
| Jökulheimar | 24.6            | 30.6            |
| Hafnarmelar | 19.5            | 29.3            |
| Húsavík     | 12.2            | 18.7            |
| Hveravellir | 20.5            | 25.7            |
| Skrauthólar | 19.0            | 30.0            |

## 4 Niðurstöður

### 4.1 Öfgakenndur vindhraði á einstökum veðurstöðvum

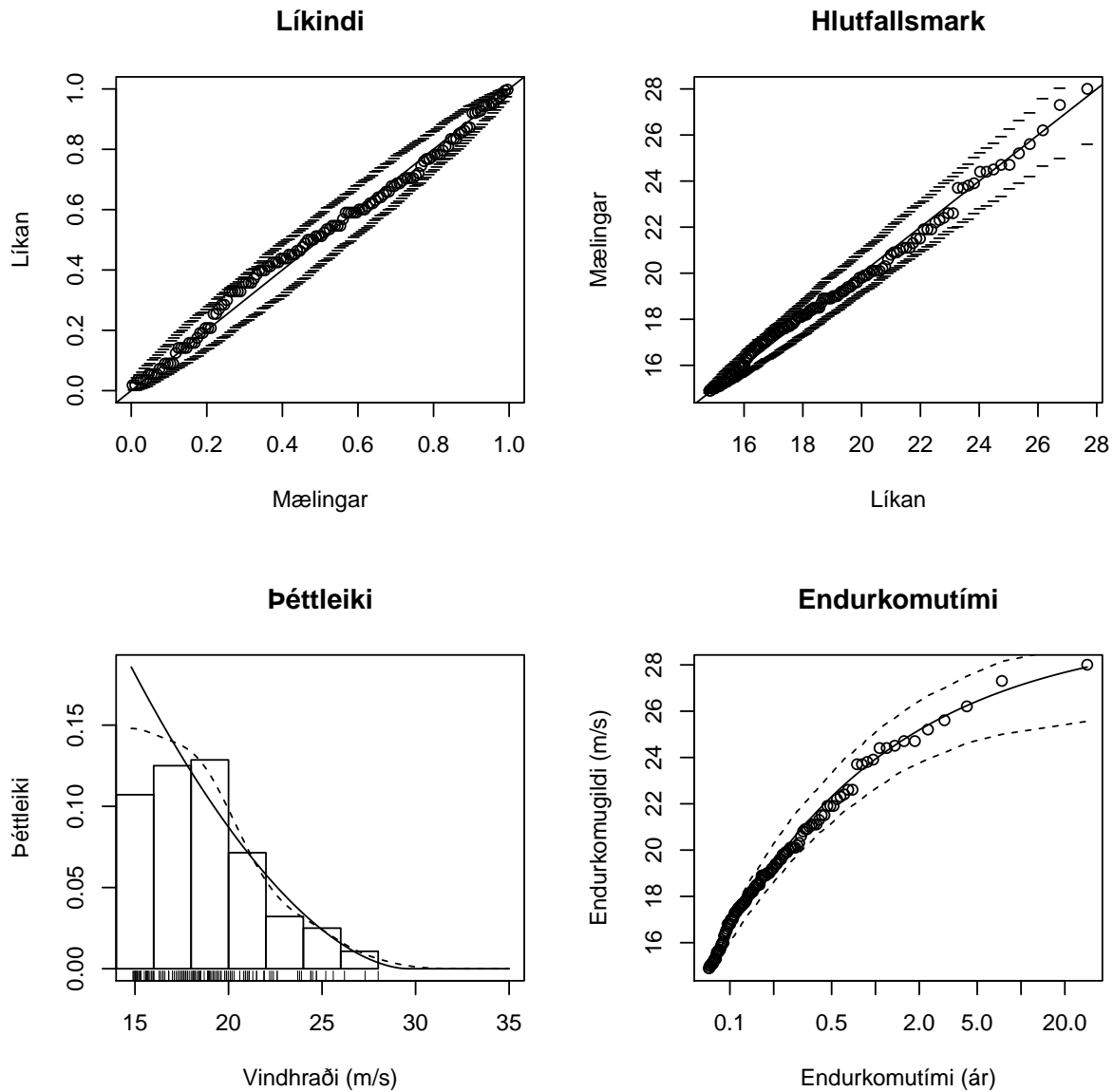
Þröskuldsaðferðinni var beitt á vindhraða og vindhviðu á 62 veðurstöðvum á landinu, sjá töflu A1. Tímaraðirnar eru mislangar, stystu raðirnar eru 10 ár, eins og t.d. frá Stykkishólmi, en lengstar eru raðirnar frá Gjögurflugvelli og Kambanesi eða 19 ár (1994–2013). Fyrir hverja stöð voru fundnir skölunar- og lögunarstíkar almennu Pareto dreifingarinnar sem lýstu best óháðu gögnunum yfir þröskuldi.

Mynd 5 sýnir nokkur gröf sem nýtt eru til að meta líkönin. Á líkindamyndinni (e. probability plot) eru teiknaðir punktarnir  $\{(G(x_{(i)}), \frac{i}{n+1}) : i = 1, \dots, n\}$  þar sem  $G$  er líkanið,  $n$  er fjöldi athugana og hefur athugunum verið raðað upp eftir stærð,  $x_{(i)}$ . Ef að líkanið er ásættanlegt ættu punktarnir að falla sem næst hornlínunni. Á hlutfallsmarksmmyndinni (e. quantile-quantile plot) eru teiknaðir punktar fyrir  $\{(G^{-1}(\frac{i}{n+1}), x_{(i)}) : i = 1, \dots, n\}$ . Líkt og fyrir líkindamyndina er líkanið ásættanlegt ef að punktarnir fallar sem næst hornlínunni. Báðar þessar myndir innihalda sömu upplýsingar en á mismunandi kvarða og er ástæða til að skoða báðar þar sem kvarðanirnar draga fram mismundi þætti líkansins. Þannig getur líkan virst vera góð hermun á öðrum kvarðanum en litið verr út á hinum. Þéttleiki líkansins fellur vel að stöplarit mælinganna, einkum fyrir hærri vindgildi (niðri til vinstri). Athugið að breidd stöplana er fasti, af þeim völdum hefur þröskuldurinn (hér 14.8 m/s) áhrif á hæð fyrsta stöpluls og hann er því ekki sambærilegur þéttleika líkansins á þessu hraðabili. Sjálft líkanið er svo sýnt sem endurkomugildismynd, þar sem endurkomugildi er sýnt sem fall af endurkomutíma. Metin endurkomutími mælingana sem líkanið byggir á eru einnig merktur inn. Líkön fyrir fleiri veðurstöðvar má finna í viðauka II.

Eins og kom fram í kafla 3 er hverju líkani lýst með tveimur stikum, skölunar- og lögunarstíka. Fyrir hvert líkan eru þessir stíkar, ásamt öðrum nauðsynlegum upplýsingum, vistaðir. Þannig er hægt að birta upplýsingar frá öllum líkönum saman á korti, þ.e. kortleggja öfgafulla veðurhæð.

### 4.2 Næmnikönnun: lengd tímaraða

Öll líkönin sem eru reiknuð í þessari skýrslu eru byggð á eins langri tímaröð og mögulegt er frá hverri veðurstöð fyrir sig. Það þýðir t.d. að notast er við 17 ár í útreikningum fyrir Reykjavík en 10 ár fyrir Stykkishólmi. Í öfgagreiningu er mikilvægt að nýta sem lengsta tímaröð svo að sem



Mynd 5. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Vestmannaeyjabæ byggt á gögnum 2003–2013. Efri myndirnar eru líkindamynd og hlutfallsmarksmynd, þar sem punktarnir eiga að falla sem næst hornalínunni fyrir ásettunlegt líkan. Neðst til vinstri er samanburður á þéttleika líkansins (heil lína) og stöplariti fyrir þéttleika mælinga. Neðst til hægri er svo sjálft líkanið (heil lína) sýnt sem endurkomugildi sem fall af endurkomutíma. Mat á endurkomutíma mælinganna er merkt inn með hringjum. 95% öryggismörk eru sýnd sem brotnar línur.

Tafla 4. Tímabil sem voru notuð í næmnikönnun á lengd tímaraða og lengd þeirra í árum.

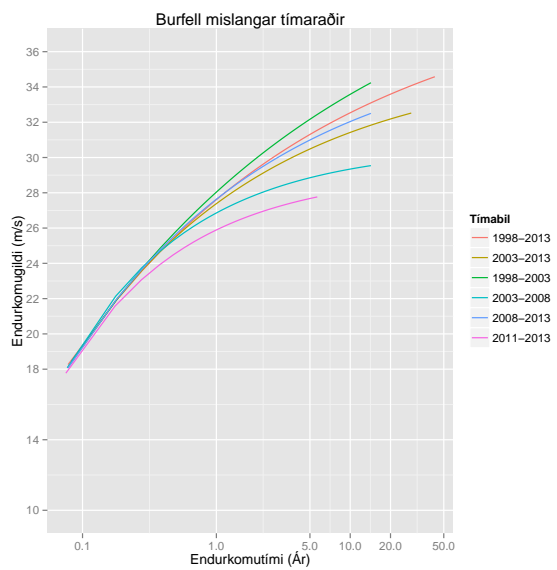
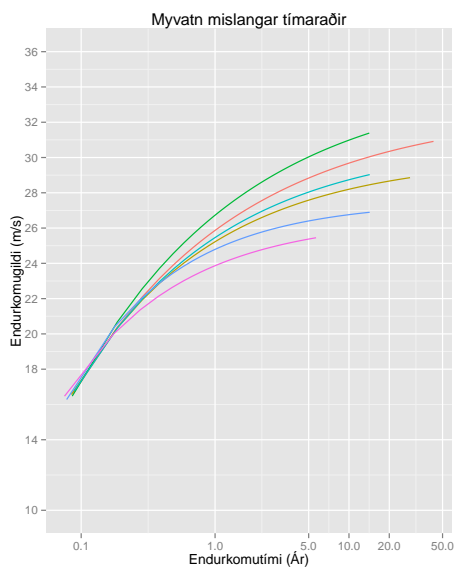
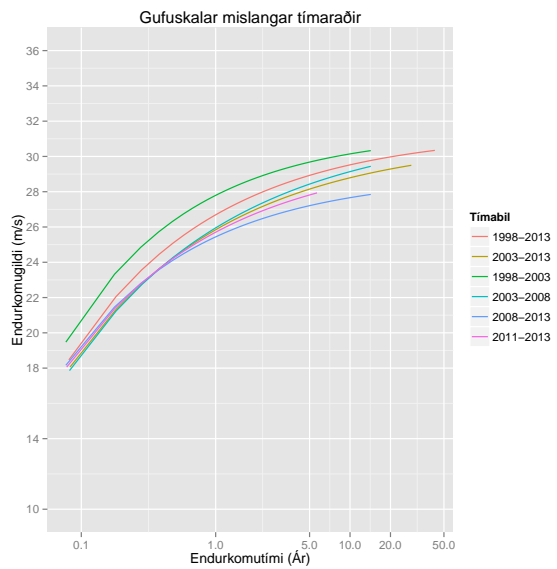
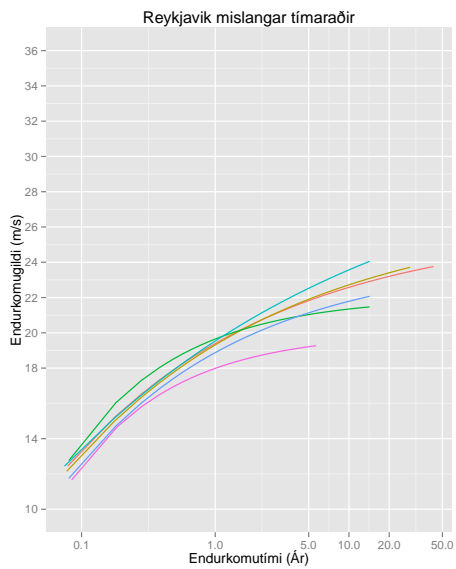
| Tímabil   | Lengd (ár) |
|-----------|------------|
| 1998–2013 | 15         |
| 2003–2013 | 10         |
| 1998–2003 | 5          |
| 2003–2008 | 5          |
| 2008–2013 | 5          |
| 2011–2013 | 2          |

flestir öfgaatburðir séu skráðir. Líkanið sem byggir á þeirri tímaröð er svo nýtt til að meta líkur á atburðum sem jafnvel hafa aldrei mælst. Það er því auðvelt að færa rök fyrir því að þess lengri sem tímaröðin er því betur er líkanið stagað fyrir enn öfgafyllri atburði.

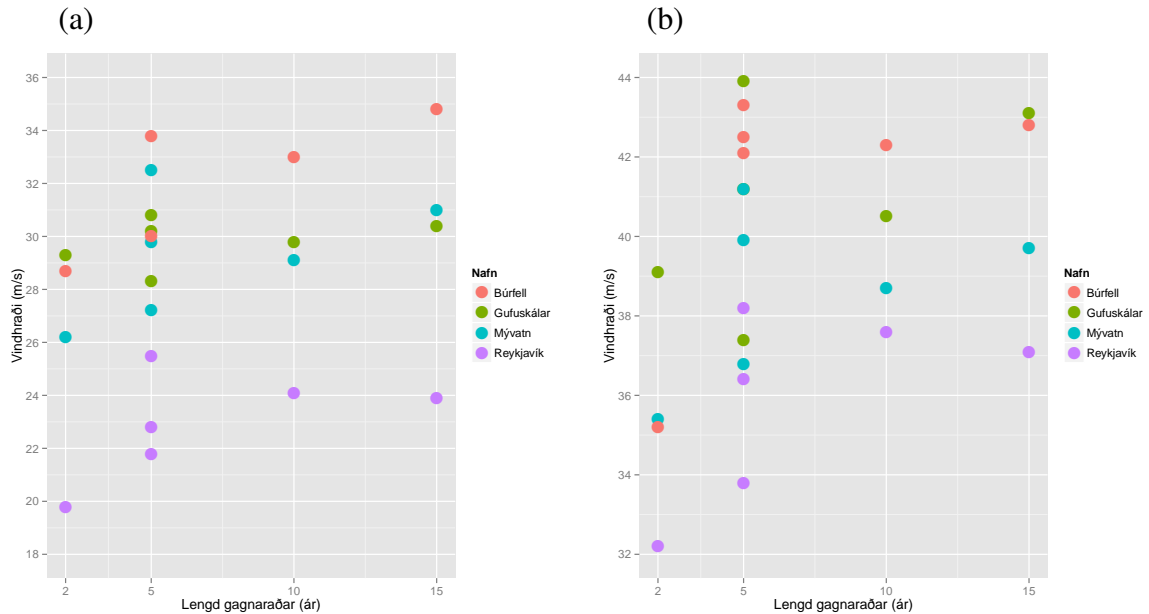
Til að kanna áhrif þess að nýta stuttar tímaraðir voru valdar nokkrar veðurstöðvar þar sem tímaraðir eru sem lengstar og líkön fyrir vindhraða aðlöguð að tímaröðum af misjafnri lengd og fyrir mismunandi tímabil, sjá töflu 4. Fyrir hverja stöð og tímabil er notuð sama aðferð og annars í þessari skýrslu, þ.e. þröskuldurinn er 0.9 hlutfallsmark mælinga á tímabilinu og það þurfa að vera 5 dagar á milli atburða. Mynd 6 sýnir niðurstöðurnar. Á myndinni sést að það er lítil munur á líkönunum byggðum á 15 árum og 10 árum í Reykjavík, en töluverður munur fyrir Mývatn og Búrfell. Ástæðu þess má sjá þegar litið er á líkönin sem eru byggð á mismunandi 5 ára tímabilum þar sem að líkön byggð á tímabilinu 1998–2003, eru hvað öfgakenndust fyrir Mývatn og Búrfell. Þá spannar einnig matið á 10 ára endurkomugildi byggt á 5 ára tímaröðum frá þessum veðurstöðvum 4 m/s vindhraðabil (t.d. Mývatn: 27–31 m/s). Það er einnig nokkur munur á líkönum byggðum á 10 og 15 árum á Gufuskálum en endurkomutími vindhraða upp á 29 m/s er 5 ár byggt á lengri röðinni en 15 ár byggt á þeirri styttri. Einnig sést vel að í öllum tilvikum vanmetur líkan byggt á tveggja ára gagnaröðum endurkomugildi. Hefðbundið er að byggja vindafarsrannsóknir á að minnsta kosti 5–7 ára tímaröðum til að áreiðanlegar niðurstöður fáiast, en ljóst er að fyrir greiningu á öfgaatburðum er þörf á lengri tímaröðum. Hér hafa mörkin verið sett við 10 ár. Mynd 7 sýnir útreiknað endurkomugildi fyrir 50 ára endurkomutíma. Öfgaveðurhæðarlíkön byggð á stuttum tímaröðum geta vanmetið/ofmetið öfgakennda veðurhæð ef á tímabilinu mældist minni/meiri veðurhæð en að jafnaði.

### 4.3 Næmnikönnun: val á þröskuldi

Eins og fram kemur í kafla 3 er val á þröskuldi mikilvægur þáttur í öfgagreiningu með þröskuldaðferðinni. Ef þröskuldur er valinn of lágur eru tekin með of mörg tilvik sem ekki teljast öfgakennd en ef þröskuldurinn er of háur er hætta á að of fá tilvik séu nýtt við líkanagerðina og líkanið sé því illa stagað. Í þessari greiningu hefur þröskuldurinn verið valinn sem 0.9 hlutfallsmarkið, eða þannig að hæstu 10% af mælingum á hverjum stað eru með í líkanagerðinni. Það sést vel á mynd 9(a) að í sumum tilvikum er þröskuldsgildið fremur lágt, til dæmis er þröskuldsgildið í Reykjavík 12.4 m/s. Á öðrum stöðvum er þó 0.9 hlutfallsmark vindhraða nokkuð herra og á flestum stöðum á hálendinu samsvarar það a.m.k. stormi (þ.e. vindhraði um eða yfir 20.8 m/s).



Mynd 6. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða (m/s) á nokkrum veðurstöðvum, fyrir mismunandi tímaraðir.



Mynd 7. Endurkomugildi með 50 ára endurkomutíma fyrir (a) vindhraða og (b) vindhviðu (m/s) á nokkrum veðurstöðvum, fyrir mismunandi lengd gagnaraða.

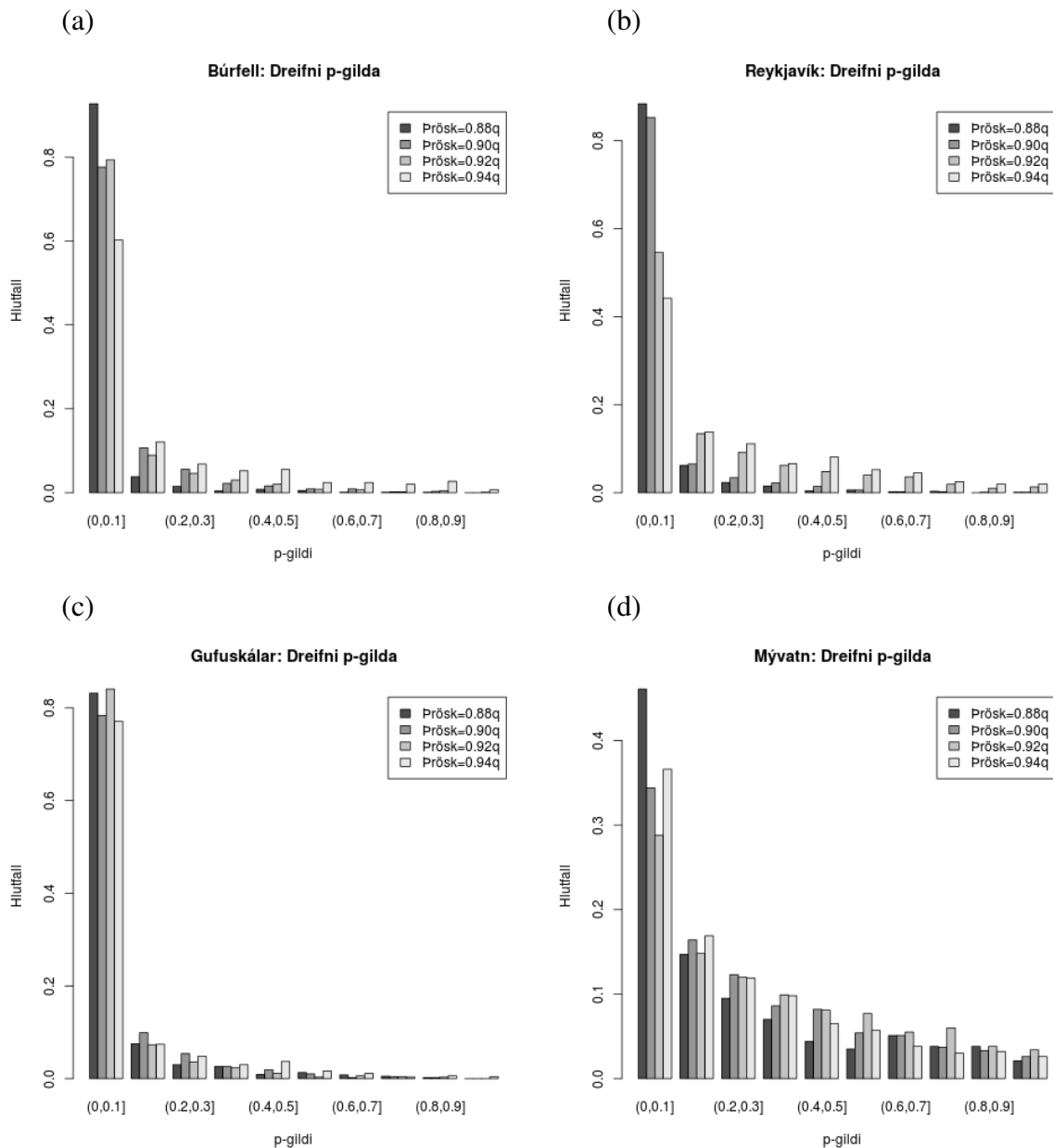
Til að kanna betur val á þróskuldi voru gerð líkön fyrir Búrfell, Gufuskála, Mývatn og Reykjavík miðað við fjóra þróskulda, 0.88, 0.90, 0.92 og 0.94 hlutfallsmark. Fyrir hverja stöð voru tekin 1000 slembiúrtök úr almennu Pareto dreifingunni og fyrir hverja þeirra reiknað p-gildi kí-kvaðrat prófsins (e. chi-square test). Núlltilgátan ( $H_0$ ) er að ekki er marktækur munur á slembiúrtakinu og gögnum. Hátt p-gildi gefur til kynna að það kunni að vera marktækur munur og þá ætti að hafna núlltilgátunni. Fyrir hverja stöð var svo skoðuð dreifing p-gildanna, sjá mynd 8. Myndirnar sýna að í um 80% tilvika er p-gildið 0.1 eða minna fyrir 0.9 hlutfallsmarksþróskuldinn. Fyrir alla þróskulda er meirihluti p-gildanna í þessum flokki en þó fæst fyrir hæsta þróskuldinn. Á mynd 8 má sjá stöplarit fyrir seinni tvær stöðvarnar. Fyrir Reykjavík eru niðurstöðurnar áþekkar og fyrir Búrfell og Gufuskála, en mun lakari fyrir Mývatn. Ástæða þessa munar er ekki ljós; ekki er hægt að sjá að líkanið sé verr stagað en fyrir hinar stöðvarnar þar sem tímaraðirnar sem liggja að baki eru allar álíka langar og þar af leiðandi álíka mörg gildi yfir þróskuldi. Helsti munurinn á Mývatni og hinum stöðvunum skoðaðar hér er að skölunarstikinn er hærri, en viðkvæmnisathuganir fyrir aðrar stöðvar með háum skölunarstika gefa ekki sömu niðurstöður, t.d. fyrir Hveravelli og Kolku.

Næmnikönnun á þróskuldi gefa til kynna að 0.9 hlutfallsmarkið sé ásættanlegur þróskuldur og að í sumum tilfellum séu líkön byggð á hærri þróskuldi nokkuð verr stöguð, t.d. í Reykjavík.

#### 4.4 Niðurstöður allra útreikninga á kortaformi

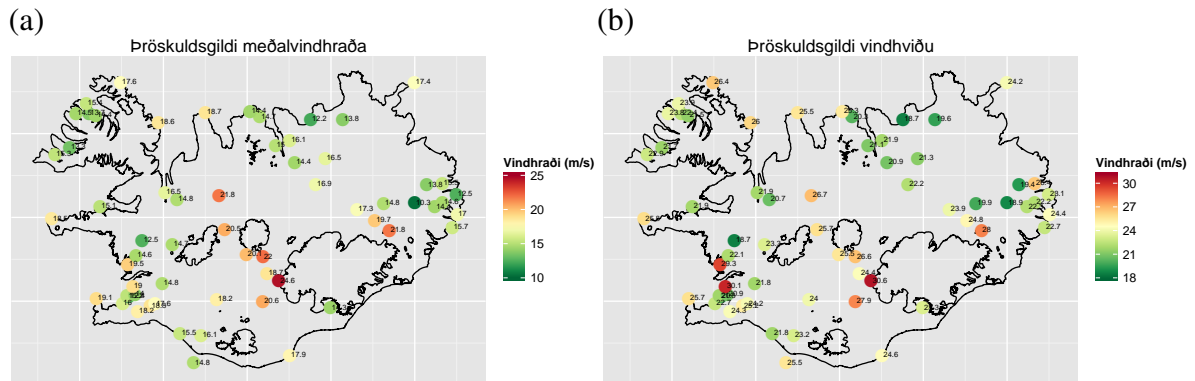
Gott yfirlit yfir öfgafulla veðurhæð á landinu fæst með því að skoða upplýsingar og útreikninga fyrir allar stöðvar á einni mynd eða korti. Mynd 9 sýnir til dæmis 0.9 hlutfallsmark hámarksvindhraða og mestu hviðu á öllum stöðvum. Fyrir vindhraða eru gildin á bilinu 10.3–24.6 m/s, lægsta gildið er að finna á Hallormsstað á Héraði þar sem er mikil veðursæld, m.a. vegna gróðurs, en hæsta gildið er í Jökulheimum, í útjaðri Vatnajökuls. Á myndum 10 og 11 má sjá að töliverður munur er á gróðri og landslagi á þessum tveimur veðurstöðvum. Athugið að í Vestmannaeyjum





Mynd 8. Dreifni p-gilda kí-kvaðrat prófs á mældum gildum og 1000 slembiúrtökum vindhraða fyrir (a) Búrfell, (b) Reykjavík, (c) Gufuskála og (d) Mývatn. Þröskuldurinn var settur við 0.88, 0.90, 0.92 og 0.94 hlutfallsmark vindhraða.

er það veðurstöðin Vestmannaeyjabær sem er birt, en sjálfvirkar athuganir á vindhraða hófust ekki fyrr en árið 2004 á Stórhöfða (sjá töflu A2), veðurstöð sem er þekkt fyrir háan vindhraða. Á höfuðborgarsvæðinu er 0.9 hlutfallsmarkið hæst á Skrauthólum á Kjalarnesi eða 19 m/s. Að jafnaði er hæstu gildin flest á hálendinu en lægstu gildin eru helst inn til landsins eða inni í fjörðum.



Mynd 9. Þröskuldsgildin, 0.9 hlutfallsmark vindhraða (m/s), fyrir allar tímaraðir sem að nýttar eru í greiningunni. (a) Hámarksvindhraði og (b) mesta vindhviða.



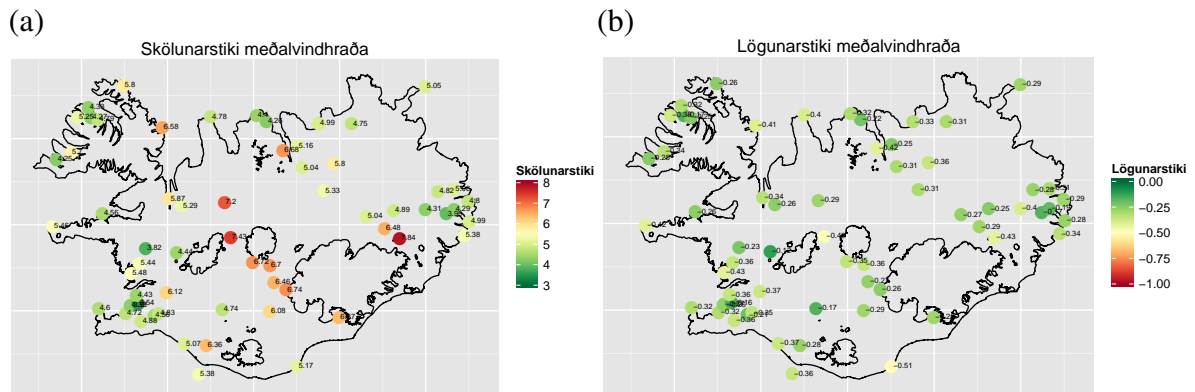
Mynd 10. Ljósmynd af veðurstöðinni Jökulheimum sem sýnir vel gróðursnautt landslagið og nálægðina við jökulinn, tekin 11. júní 2008. Ljósmynd: Sigvaldi Árnason.

Þegar litið er á samsvarandi mynd fyrir mestu hviðu kemur í ljós töluvert flóknara munstur. Þó að vissulega sé 0.9 hlutfallsmarkið hátt á hálendinu eru greinilega staðir á láglandi með tilsvareandi eða hærri gildi. Það munar t.d. ekki miklu á gildum í Jökulheimum og á Skrauthólum og Hafnarmelum.



Mynd 11. Ljósmynd af veðurstöðinni Hallormsstað þar sem sést vel að þar er töluverður gróður, tekin 22. júlí 2014. Ljósmynd: Jón Söring.

Mynd 12 sýnir skölunar- og lögunarstika allra líkana. Skölunarstikinn er á bilinu 3–8 m/s, hæstur þar sem þröskuldurinn er í hærri kantinum. Lögunarstikinn er alltaf neikvæður, í flestum tilvikum í kringum -0.3. Það þýðir að öllum tilvikum er hámark dreifingarinnar afmarkað, sjá kafla 3.



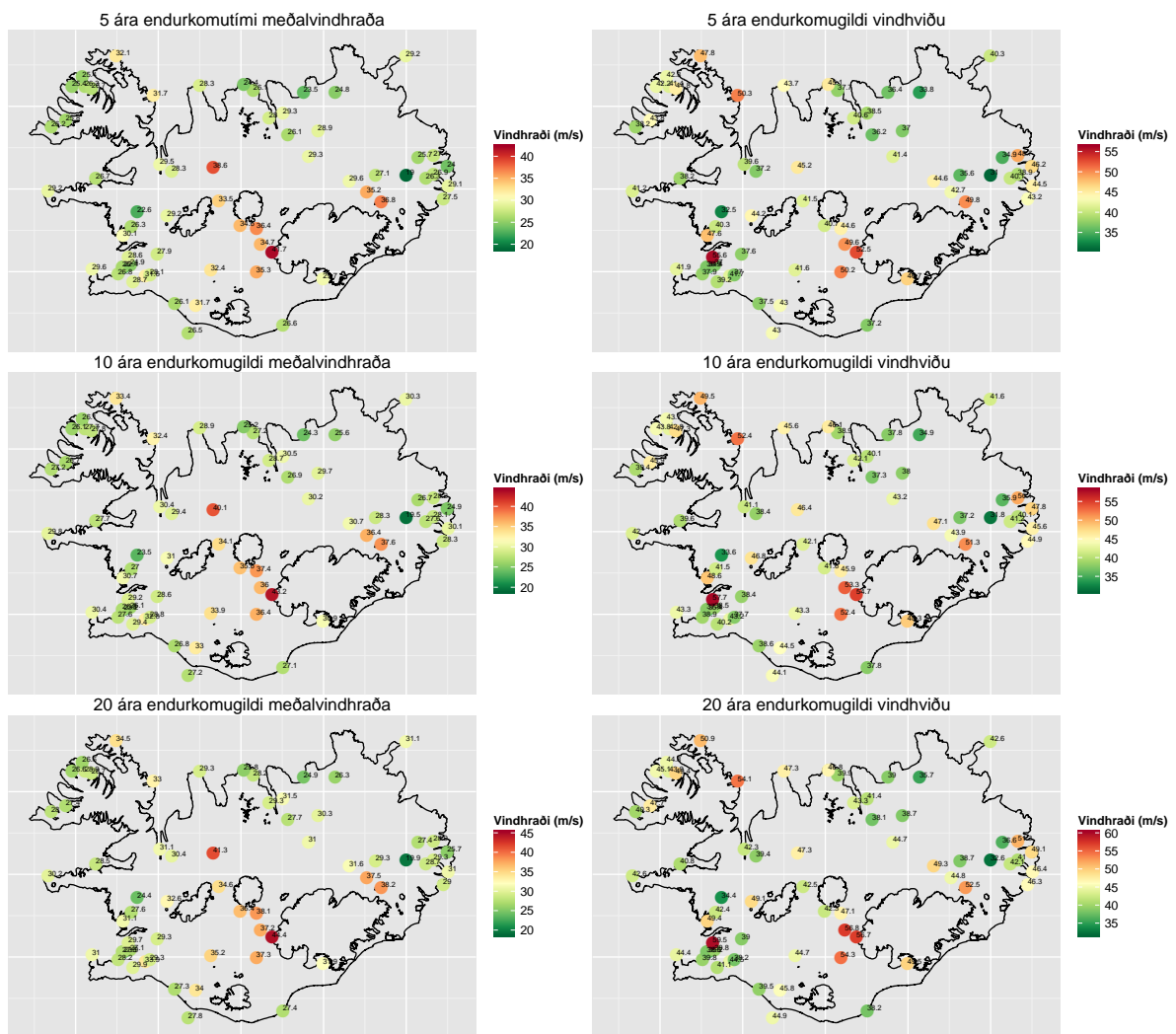
Mynd 12. (a) Skölunar- (m/s) og (b) lögunarstikar, fyrir allar tímaraðir sem að nýttar eru í greiningunni.

Mynd 13 sýnir 5, 10 og 20 ára endurkomugildi vindhraða og vindhviðu. Ef litið er á vindhraða þá kemur í ljós nokkuð ákveðið kerfi þar sem endurkomugildið í flestum tilvikum hækkar með hæð yfir sjávarmáli. Það er þó undantekning frá þessu á nokkrum strandstöðvum þar sem landslag virðist hafa þau áhrif að magna upp vindinn, líkt og á Hornbjargsvita og Gjögurflugvelli.

Myndirnar sýna að kerfi endurkomugilda vindhviðu er mun flóknara og hér má sjá greinileg

áhrif landslags í nærumhverfi stöðvar. Til að mynda munar 3.7 m/s á 10 ára endurkomugildi á Hafnarmelum (30.8 m/s) og Hvanneyri (27.1 m/s), en 7.1 m/s á 10 ára endurkomutíma vindhviðu. Vissulega magnar því Hafnarfjallið vindhraða miðað við hvað hann mælist á Hvanneyri, lengra frá fjöllum, en einkum er það hviðuhluti vindsins sem er stærri á Hafnarmelum.

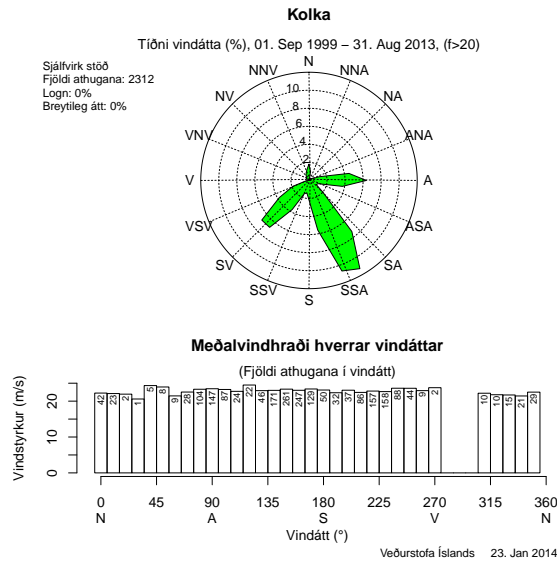
Með 20 ára endurkomutíma er átt við atburði sem eru mjög sjaldgæfir. Af myndinni má lesa að afar sjaldan er gert ráð fyrir roki (vindhraði 24.5–28.4 m/s) á veðurstöðinni á Húsavík en þar er 20 ára endurkomugildi 25 m/s. Það er oft lítill munur á 5, 10 og 20 ára endurkomugildum. Þetta er bein afleiðing þess að því hærri sem gildin eru því sjaldgæfari eru þau og við efri mörkin er þessi munur hvað mestur. Þetta sést t.d. vel á mynd 5 þar sem hærri vindhraði er sífellt sjaldgæfari en sá ögn lægri.



Mynd 13. Endurkomugildi 5, 10 og 20 ára fyrir vindhraða (vinstri) og vindhviðu (hægri).

Veðurstöðin Kolka sker sig töluvert úr hvað varðar vindhraða. Kolka er hálandisstöð í eigu Landsvirkjunar, staðsett 504 m h.y.s. við Blöndulón. Landslagið umhverfis stöðina er berangurslegt og nokkur spölnur í næstu fjöllum. Þetta gerir það að völdum að vindhraði er hár á stöðinni, hærri heldur en á mörgum hálandisstöðvum sem eru lengra frá sjávarmáli, t.d. Hveravöllum (641 m.y.s.). Aftur á móti er öfgakennd hviða lægri en víða á hálandinu vegna fjarlægðar frá

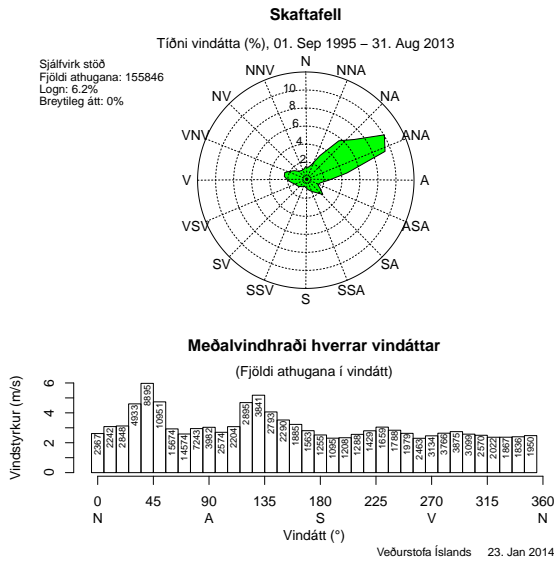
fjöllum og jöklum. Sem dæmi má taka að 10 ára endurkomugildi hviðu er 46.3 m/s á Kolku meðan það er yfir 52 m/s á veðurstöðvunum vestur af Vatnajökli: Jökulheimum, Lónakvísl og Veiðivatnahrauni. Vindrós fyrir Kolku sýnir að þó að stormur blási úr þremur áttum þá eru suðsuðaustanstormar algengastir, þ.e. suðlæg átt sem er þrýst á milli Langjökuls og Hofsjökuls og við það eykst vindur í svokölluðum þrengslavindi (e. barrier winds), sjá vindrós á mynd 14. Á Hveravöllum sem er á milli þessara tveggja jökla blæs að jafnaði helst úr tveimur áttum, það er annað hvort norðlæg eða suðlæg átt. Nær allir stormar blása þó úr suðsuðaustri líkt og á Kolku.



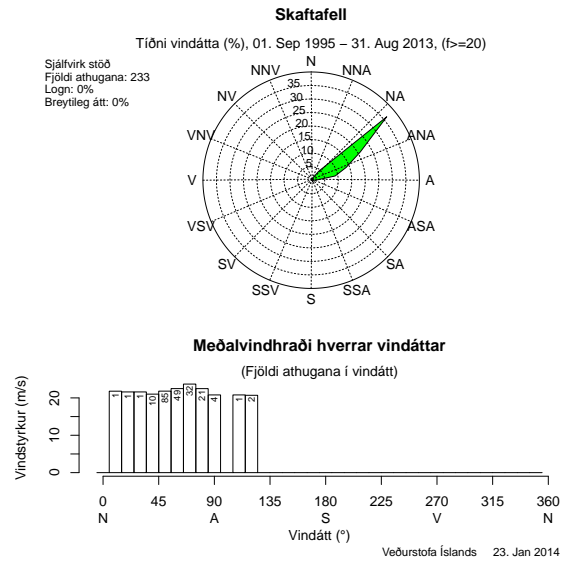
Mynd 14. Vindrós fyrir Kolku þegar vindhraði er um eða yfir 20 m/s.

Það sést vel á kortunum að þó að Skaftafell sé vel varið af jöklum og staðurinn þekktur fyrir veðursæld að sumri þá er öfgafull veðurhæð þar hærri en á flestum öðrum stöðvum á láglendi. Mynd 15 sýnir vindrósir fyrir allan vindhraða og eingöngu vindhraða um eða yfir 20 m/s í Skaftafelli. Hér sést skýrt að austnorðaustanáttin, sem blæs af jökli, er langalgengasta vindáttin í Skaftafelli og að óveður koma úr norðaustri.

(a)



(b)



Mynd 15. Vindrósir fyrir Skaftafell. (a) Allar mælingar og (b) eingöngu mælingar þar sem vindhraði er um eða yfir 20 m/s.

## 5 Greining á nokkrum þekktum illviðrum

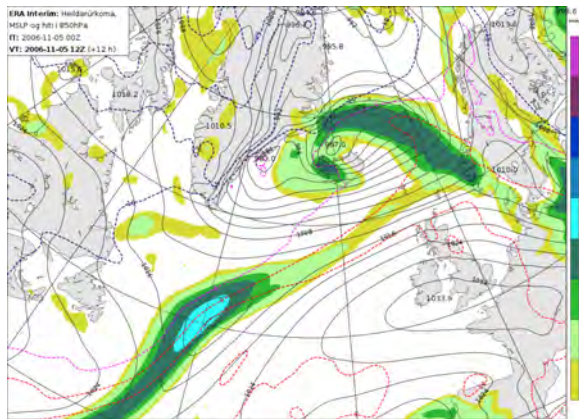
Hægt er að beita öfgagreiningu til að leggja mat á hve öfgakennd þekkt illviðri voru. Það er gert með því að skoða hve óvenjulegt illviðrið var, miðað við útreiknuð öfgaveðurhæðarlíkon. Á Íslandi eru að jafnaði nokkur illviðri á hverju ári, sum eru mjög staðbundin en önnur geta staðið í nokkra daga og haft áhrif um mikinn hluta lands. Hér eru fimm þekkt illviðri skoðuð og tafla 5 inniheldur lýsingu á þeim.

### 5.1 Vestanhvassviðrið 5. nóvember 2006

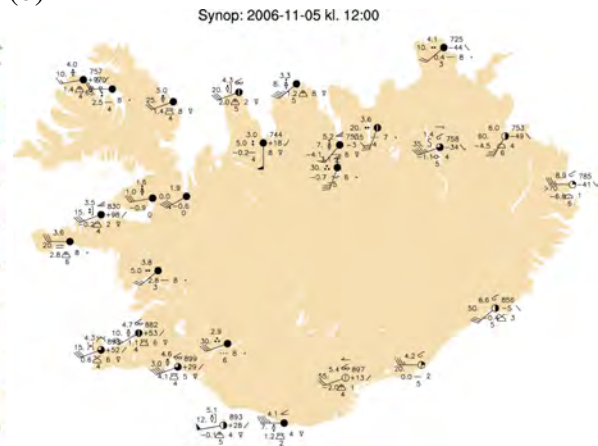
Þann 5. nóvember 2006 gekk vestanhvassviðri yfir landið. Á hádegi var lægð skammt norður af landinu og mikill þrýstistigull yfir öllu landinu. Ástæða veðursins var lægð sem hreyfðist hratt norðaustur Grænlandssund og var á hádegi skammt norður af landi, sjá mynd 16. Mestur vindhraði mældist 44.9 m/s á Gagnheiði en þar mældist líka mesta hviðan, 56.8 m/s. Mesti vindhraði á þeim sjálfvirku stöðvum sem reiknað hefur verið öfgaveðurhæðarlíkan fyrir var 36.8 m/s á Kólku við Blöndulón og mesta hviða á Eyjabökkum 50.7 m/s. Af þeim 61 sjálfvirku stöðvum sem mældu þennan dag og reiknað hefur verið öfgaveðurhæðarlíkan fyrir mældu 40 stöðvar vindhraða yfir 20 m/s, eða 66% stöðvanna, og í öllum landshlutum. Á Hallormsstað var hviðustuðullinn (hér vindhviða/vindhraða) 2.5 en þar mældist hámarksvindhraði 12.2 m/s en mesta hviða 30.7 m/s. Þetta var því veður sem varð vart á öllu landinu, minnstur var vindstyrkurinn á Vestfjörðum en mestur á miðhálandinu, sjá mynd 17.

Illviðrið olli umtalsverðum skemmdum um allt land en t.d. brotnuðu bílrúður í grjótfoki á Möðrudalsöræfum og þrjú skip slitu landfestar. Þá lá bæði millilanda- og innanlandsflug niðri fram eftir degi og hringveginum var lokað um tíma við Blönduós (Flugvöllum lokað ..., 2006, 6. nóvember).

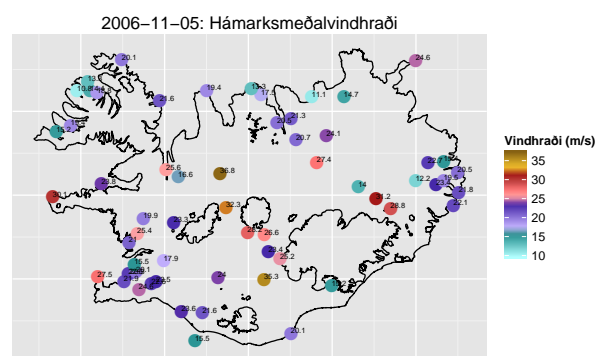
(a)



(b)



Mynd 16. Veðurlýsing fyrir 5. nóvember 2006 kl. 12. (a) Þrýstingur við sjávarmál (hPa), heildarúrkoma (mm) frá greiningu og hiti ( $^{\circ}\text{C}$ ) í 850 hPa fletinum úr ERA Interim greiningunni. (b) Mannaðar veðurathuganir.

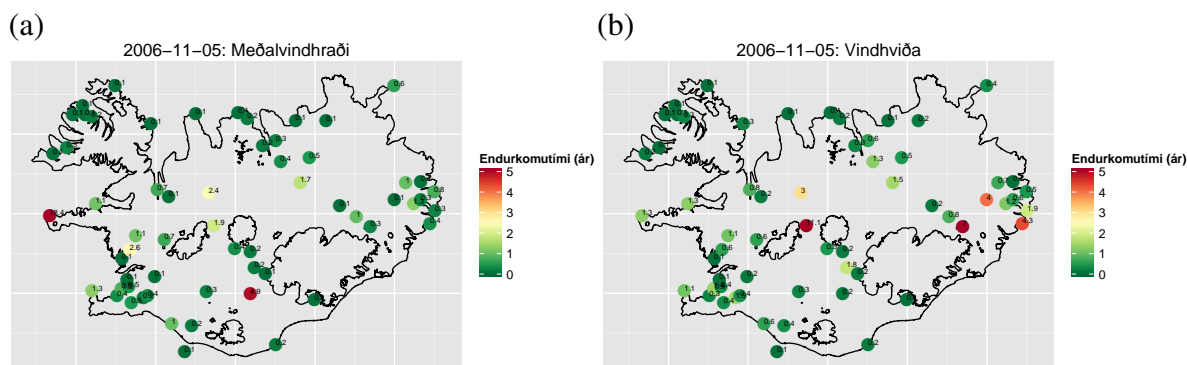


Mynd 17. Hámarksvindhraði (m/s) 5. nóvember 2006 á þeim sjálfvirku stöðvum sem reiknað hefur verið öfgaveðurhæðarlíkan fyrir.

Tafla 5. Nokkur þekkt illviðri.

| Dagsetning       | Helsta vindátt         | Stutt lýsing  |
|------------------|------------------------|---|
| 05. nóv 2006     | Vestan                 | Hvasst á nær öllu landinu.<br>Hringveginum lokað um tíma við Blönduós.  |
| 10.-14. des 2007 | Sunnan og austan       | Illviðri á vestanverðu landinu, verst 13. des.<br>Veðurhæð að fárviðri. Rúður brotnuðu í Sparisjóði Mýrarsýslu.<br>Miklar skemmdir á Vestfjörðum. |
| 09. okt 2009     | Austan                 | Þök fuku af húsum í Vestmannaeyjum og bílar á hliðina.<br>Talsverðar skemmdir í Kjalarnesi, 20 feta gámur tókst á loft.                           |
| 02. nóv 2012     | Norðan                 | “Höfðatorgsveðrið”. Bílar og gámar fuku,<br>malbik flettist af vegum.   |
| 14. mars 2015    | Suðaustan og suðvestan | Hvasst á nær öllu landinu, töluvert foktjón en einnig vatnstjón vegna rigninga og leysinga, einkum í Mosfellsbæ.                                  |

Þrátt fyrir að veðursins varð vart víða um land og að það varð tjón í fleiri landshlutum var hámarksvindhraði víðast hvar af frekar algengri veðurhæð, þ.e. metinn endurkomutími er flestum stöðvum innan við tvö ár, sjá mynd 18. Veðurhæðin náði eingöngu sjaldgæfum styrk á tveimur veðurstöðvum, Gufuskálum á Snæfellsnesi og í Jökulheimum, en þar er metinn endurkomutími vindhraða 18.4 og 4.9 ár. Sömuleiðis er metinn endurkomutími vindhviðu eingöngu yfir 3 ár á fimm af þeirri 61 stöð sem um er að ræða. Það er þó rétt að taka fram að öfgaveðurhæðargreining tekur ekki tillit til þess hve lengi veðrið stóð, en það hefur að sjálfsögðu áhrif á umfang tjóns.



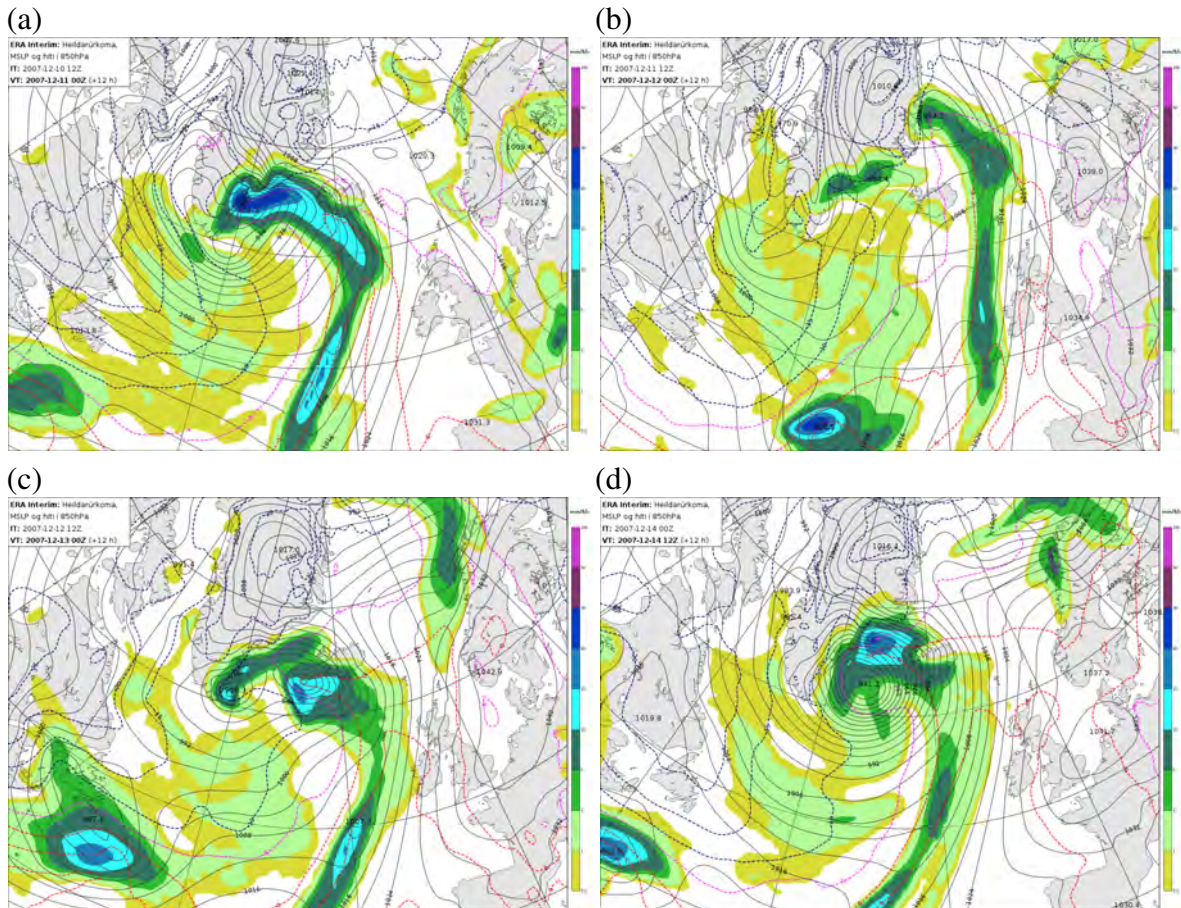
Mynd 18. Metinn endurkomutími í árum af mældum (a) vindhraða og (b) vindhviðu þann 5. nóvember 2006 út frá öfgaveðurhæðalíkönunum.

## 5.2 Sunnan- og austanillviðri 10.-14. desember 2007

Í upphafi aðventunnar árið 2007 gengu þrjár djúpar lægðir norður Grænlandssund á fjórum dögum með sunnan- og austanillviðri einkum vestanlands, sjá mynd 19.

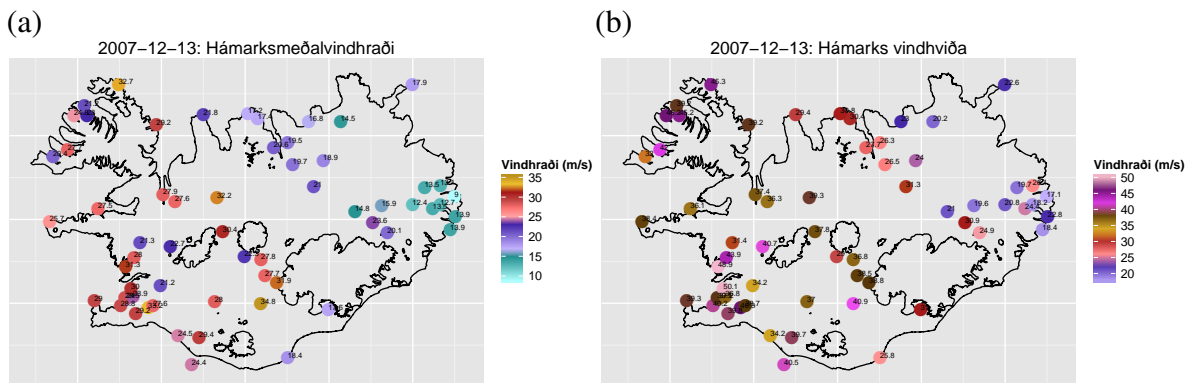
Verst var veðrið aðfaranótt 13. desember en allar öllu lægðirnar skemmdum. Aðfaranótt 11.





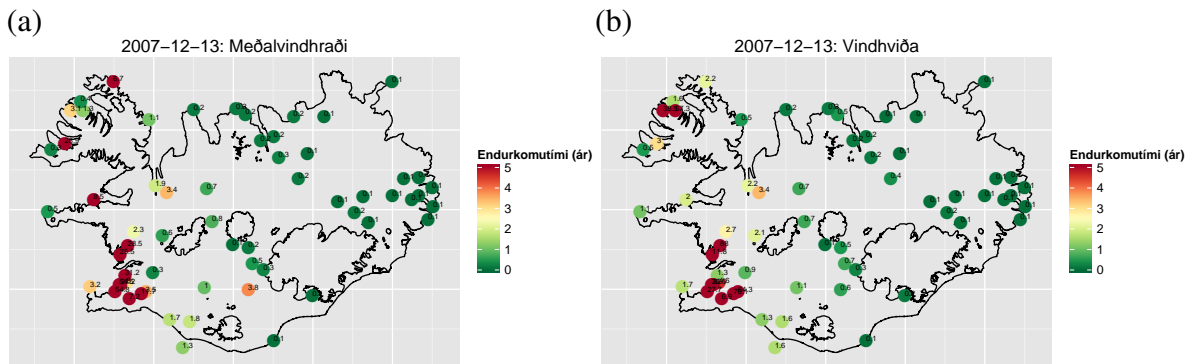
Mynd 19. Veðurlýsing 11-14. desember 2007. Þrýstingur við sjávarmál (hPa), heildarúrkoma (mm) frá greiningu og hiti (°C) í 850 hPa fletinum úr ERA Interim greiningunni. (a) 11. desember 2007 kl. 00, (b) 12. desember 2007 kl. 00, (c) 13. desember 2007 kl. 00 og (d) 14. desember 2007 kl. 00.

desember urðu helstu skemmdirnar suðvestanlands frá Suðurnesjum að Borgarnesi, en þakplötur, bílar og trampólín fuku og vinnuskúr sprakk. Umferð var stöðvuð undir Hafnarfjalli en þar mældist mesta 1 sekúnda vindhviðan 63 m/s. Aðfarnótt 13. desember mældist mesta vindhviða víða á vestanverðu landinu á bilinu 35–45 m/s. Mestu vindhviður á láglandi mældust undir Hafnarfjalli, 60.2 m/s og Þyrli, 56.7 m/s. Þakklæðning fauk af Austurbæjarskóla, á Akranesi tókst 300 m<sup>2</sup> skemma á loft, rúður brotnuðu í Sparisjóði Mýrarsýslu í Borgarnesi og lystiskúta gjöreyðilagðist á Ísafirði. Þann 14. desember var einnig töluvert um foksKemmdir. Meðal annars rifnaði stórt grenitré upp með rótum í Kópavogi og skólahald féll niður á höfuðborgarsvæðinu og víðar (Bíllinn eins og koparskúlptúr, 2007, 14. desember; Víða mikið tjón ..., 2007, 14. desember; Allt fauk ..., 2007, 15. desember). Mynd 20 sýnir hámarksvindhraða og vindhviðu 13. desember á þeim sjálfvirku stöðvum sem reiknað hefur verið öfgaveðurhæðarlíkan fyrir.



Mynd 20. (a) Hámarksvindhraði og (b) mesta vindhviða (m/s) 13. desember 2007 á þeim sjálfvirku stöðvum sem reiknað hefur verið öfgaveðurhæðarlíkan fyrir.

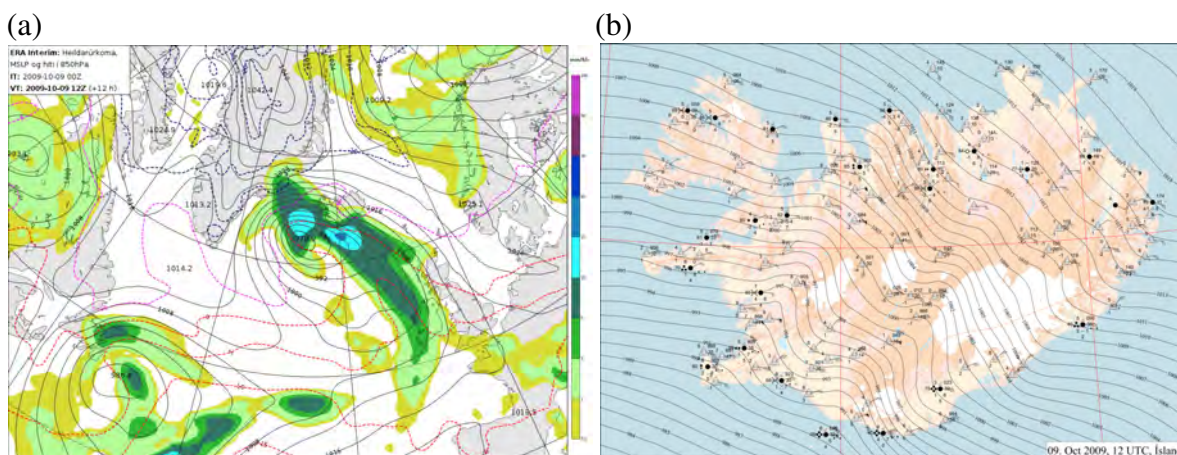
Metinn endurkomutími veðurhæðarinnar þann 13. desember (21) sýnir að hún var óvenjuleg á mörgum stöðvum, jafnt vindhraði sem vindhviða. Metinn endurkomutími er fyrir flestar veðurstöðvar frá Reykjanesskaga í suðri til Hornbjargsvita í norðri yfir 5 ár en nokkrar líkur eru á slíkri veðurhæð á hverju ári. Á höfuðborgarsvæðinu var endurkomutíminn mun hærri, eða í kringum 50 ár (mjög sjaldgæfur atburður). Fyrir hálendið telst mæld veðurhæð nokkuð algeng en í flestum tilvikum er endurkomutíminn innan við eitt ár, og því veðurhæð sem má gera ráð fyrir að minnsta kosti einu sinni á hverju ári.



Mynd 21. Metinn endurkomutími í árum af mældum (a) vindhraða og (b) vindhviðu þann 13. desember 2007 út frá öfgaveðurhæðarlíkönun.

### 5.3 Austanstormur og rok 9. október 2009

Föstudaginn 9. október 2009 kom fyrsta haustlægð vetrarins upp að suðvesturhorni landsins með austanstormi og sums staðar roki. Hún stoppaði um stund fyrir suðvestan land, mynd 22(a), en um sólarhring síðar hreyfðist hún austur á bóginn, enn fyrir sunnan land, og grynntist. Yfir landinu var mikill þrýstistigull, sjá mynd 22(b), og stormur eða rok, fyrst einkum suðvestanlands en síðar einnig um norðvestanvert landið. Vindhraði var mestur á Stórhöfða, 44.6 m/s, en þar magnast vindur jafnan töluvert upp staðbundið. Annars var vindhraði mestur á fjallstoppum og á hálendinu, á Skálafelli mældist 43.8 m/s og í Jökulheimum 37.4 m/s, eða fárviðri í báðum tilfellum. Á láglandi mældist vindhraði mestur með suðurströndinni en undir kvöld voru 28.4 m/s á Skagatá. Á láglandi náðu hviður mestum styrk á Kjalarnesi, allt að 58.1 m/s á Skrauthólum, en einnig var hviðukennt með suðurströndinni og á hálendinu, og um kvöldið á annesjum á Norðurlandi vestra.



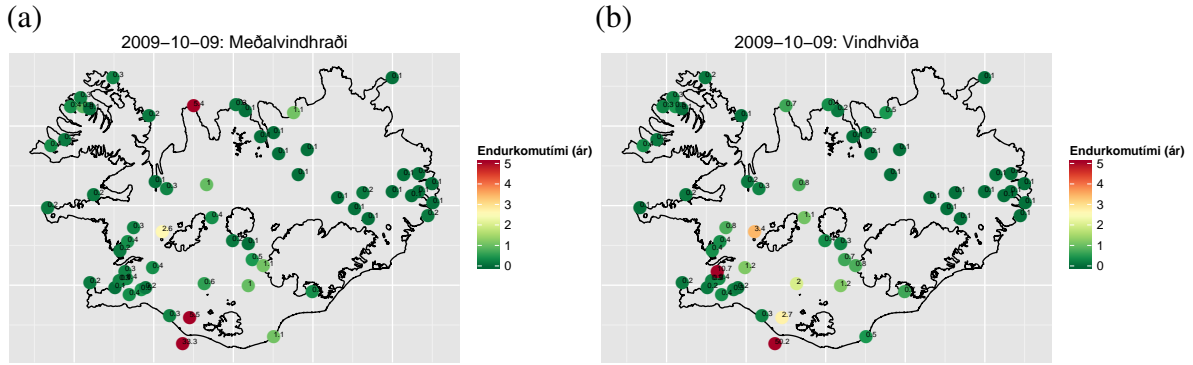
Mynd 22. Veðurlýsing 9. október 2009 kl. 12. (a) Þrýstingur við sjávarmál (hPa), heildarúrcoma (mm) frá greiningu og hiti ( $^{\circ}\text{C}$ ) í 850 hPa fletinum úr ERA Interim greiningunni og (b) veðurathuganir og þrýstingur við sjávarmál (hPa).

Miklar skemmdir urðu á Kjalarnesi en þar tókst tuttugu feta gámur á loft í hviðum og miklar skemmdir urðu á aflögðu refa- og minkabúi á Hólalandi. Þá flettist þak af íbúðarhúsnæði í Vestmannaeyjum, þakplötur fóru af rækjuvinnslunni Kambi á Ísafirði og aurskriða féll úr Eyrarhlíð á Hnífsdalsveg við Ísafjörð (Veðurguðirnir sýndu mátt ..., 2009, 10. október; Þetta var eitt allsherjar bál, 2009, 10. október).

Metinn endurkomutími mældrar veðurhæðar gefur til kynna að hún hafi á flestum stöðum verið innan þess sem mælist að jafnaði ár hvert, sjá mynd 23. Fjórar stöðvar eru með endurkomutíma lengri en 2 ár, og þar af er Vestmannaeyjabær með 33 ár. Útreikningar fyrir mestu vindhviðu sýna svipaða niðurstöðu nema að þessu sinni hefur mæld vindhviða endurkomutíma upp á 50 ár í Vestmannaeyjabæ og tæp 11 ár á Skrauthólum.

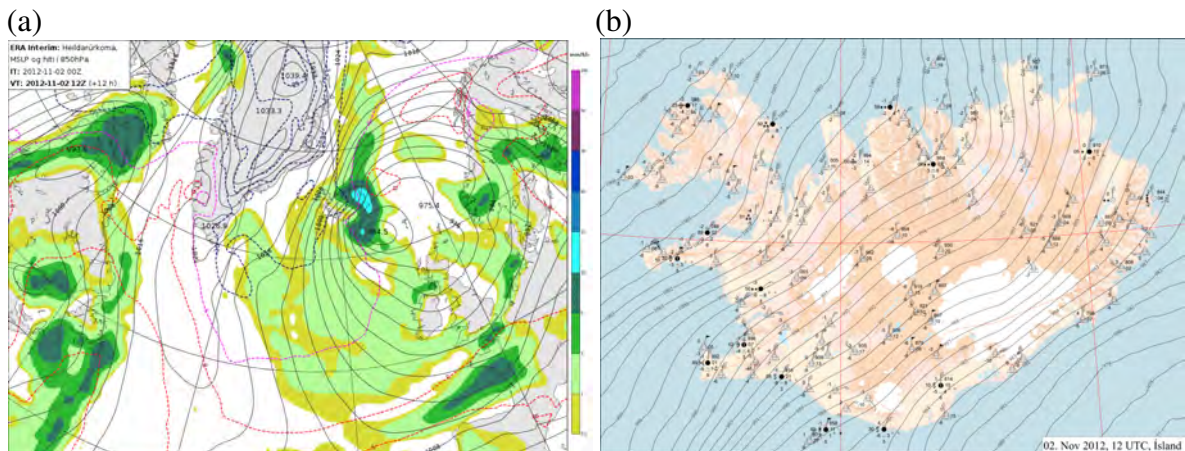
### 5.4 Norðanhvassviðri 2. nóvember 2012: “Höfðatorgsveðrið”

1.-3. nóvember 2012 gerði norðanhvassviðri vegna mikillar hæðar yfir Grænlandi ásamt víðáttumiklu lægðarsvæði austur af landinu, sjá mynd 24. Hér könnum við veðurhæðina 2. nóvember. Vindhraði mældist yfir 20 m/s á 91 sjálfvirkri stöð VÍ, á hálendinu og vestanverðu landinu. Mesti



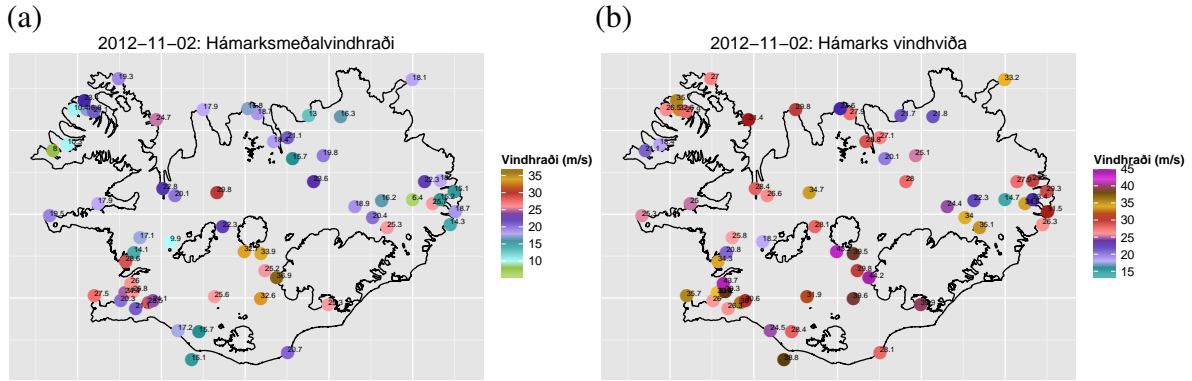
Mynd 23. Metinn endurkomutími í árum af mældum (a) vindhraða og (b) vindhviðu þann 9. október 2009 út frá öfgaveðurhæðalíkönunum.

vindhraði mældist á Bláfeldi, á sunnanverðu Snæfellsnesi, 38.6 m/s, og á Geldinganesi, 38.4 m/s, og mesta vindhviða á láglendi mældist einnig á þessum stöðvum. Af Vegagerðastöðvum mældi veðurstöðin Hraunsmúli á sunnanverðu Snæfellsnesi 40.3 m/s og Kjalarnes 38.0 m/s. Mesta hviða á þessum stöðvum mældist 61.2 og 64.1 m/s. Því miður var gagnaröðin á Bláfeldi of stutt fyrir öfgaveðurhæðargreiningu þegar þessi vinna var unnin og því kemur þessi mikli vindhraði þar ekki fram á yfirlitsmyndinni yfir hámarksvindhraða og vindhviðu (mynd 25). Það var hvasst víðar um landið, með suðurströndinni var víða ofsaveður eða fárviðri (yfir 28.5 m/s), s.s. á Stórhöfða, í Vík í Mýrdal og Hamarsfirði, en einnig í Æðey í Ísafjardardjúpi og á Litlu Ávík á Ströndum.



Mynd 24. Veðurlýsing 2. nóvember 2012 kl. 12. (a) Þrýstingur við sjávarmál (hPa), heildarúrkoma (mm) frá greiningu og hiti (°C) í 850 hPa fletinum úr ERA Interim greiningunni og (b) veðurathuganir og þrýstingur við sjávarmál (hPa).

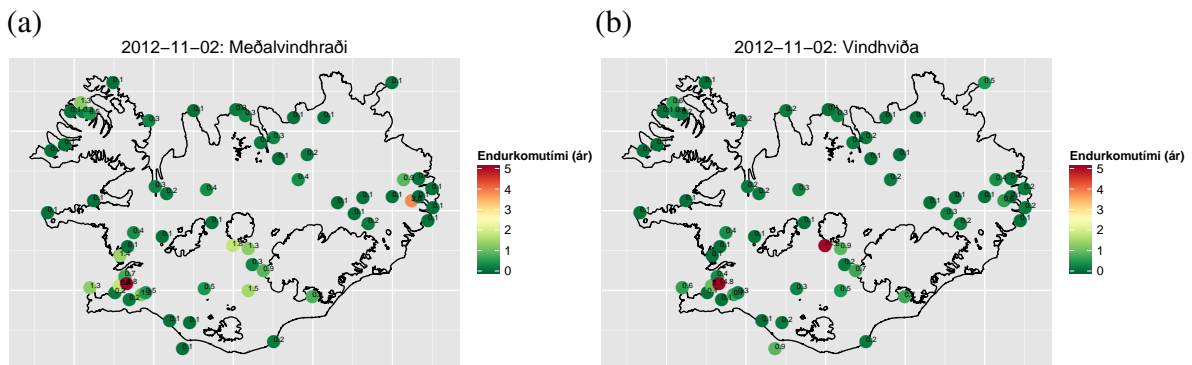
Töluvert tjón varð vegna veðurins. Þök fuku í heilu lagi af húsum, bílar og gámar fuku, malbik flettist af vegum og bæði tré og rafmagnsstaurar brotnuðu. Einna verst var ástandið á höfuðborgarsvæðinu, en vindmögnun náði óvenjulangt suður frá Esjunni, og svo í Vík í Mýrdal og nágrenni. Sterkir vindstrengir mynduðust í kringum Höfðaborgina við Höfðatorg, en þar var ekki stætt um tíma. Rafmagni sló út undir Eyjafjöllum, í Mýrdal og frá Vík að Kirkjubæjar-



Mynd 25. (a) Hámarksvindhraði og (b) mesta vindhviða (m/s) 2. nóvember 2012 á þeim sjálfvirku stöðvum sem reiknað hefur verið öfgaveðurhæðarlíkan fyrir.

klaustri (Ofsaveður olli óvenju miklu tjóni, 2012, 3. nóvember; Háhýsið var sagt glapræði, 2012, 3. nóvember; Kemst í flokk verstu ..., 2012, 3. nóvember).

Þegar litið er á endurkomutíma mælds vindstyrks kemur í ljós að á eingöngu einni veðurstöð, af þeim sem til er öfgaveðurhæðarlíkan fyrir, er hámarksvindhraði mjög sjaldgæfur, en það er á veðurstöðinni Korpu. Þar er endurkomutími mesta vindhraða 8.8 ár. Á flestum öðrum stöðvum var endurkomutíminn undir 1 ári, þ.e. vindstyrkur líklegur á hverju ári. Hvað varðar mestu hviðu þá var hún hvöss víðsvegar um land en öfgaveðurhæðarlíkonin gefa eingöngu útslag á tveimur stöðvum, á Korpu, með endurkomutímann 14.8 ár, og Setri sunnan Hofsjökuls, en þar var mesta hviða 43.2 m/s með endurkomutíma metinn sem 74.6 ár. Vegna of stuttra gagnaraða á sunnanverðu Snæfellsnesi er ekki hægt að meta tíðni slíkra veðurhæðar á því svæði. Þó er þekkt að oft gerir illviðri á sunnanverðu Snæfellsnesi í hvasstri norðanátt og á norðanverðu Snæfellsnesi í hvasstri sunnanátt, vegna vindmögnunar fjallgarðins (e. downslope windstorms).

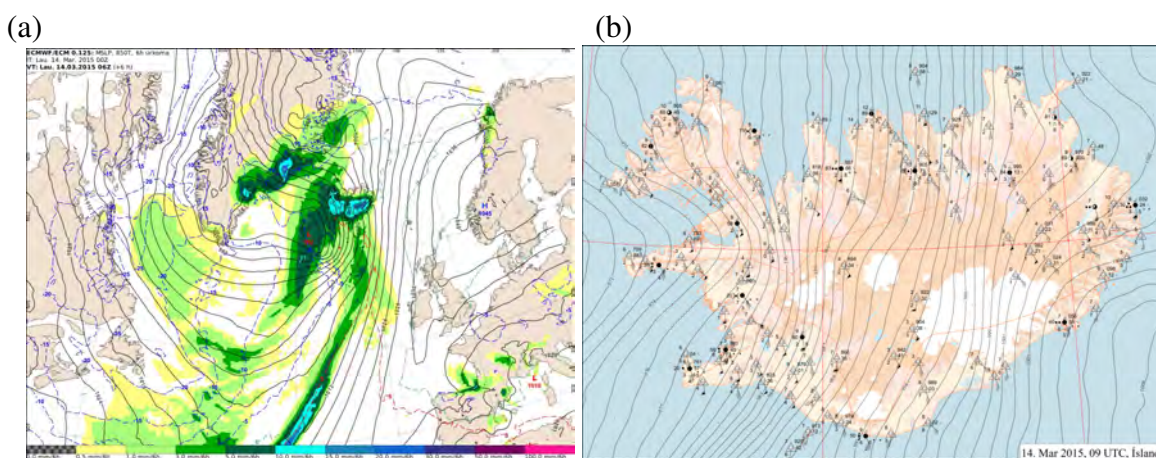


Mynd 26. Metinn endurkomutími í árum af mældum (a) vindhraða og (b) vindhviðu þann 2. nóvember 2012 út frá öfgaveðurhæðarlíkönum.

## 5.5 Suðaustan- og suðvestanillviðri 14. mars 2015

Að morgni laugardagsins 14. mars 2015 gerði mikið illvirði og líklega það versta síðan árið 1991. Lægðin sem stjórnaði veðrinu myndaðist suður í höfum um sólarhring áður en hennar varð vart við Íslandsstrendur. Hún hreyfðist hratt norður á bóginn, enda lá háloftavindröstin nær

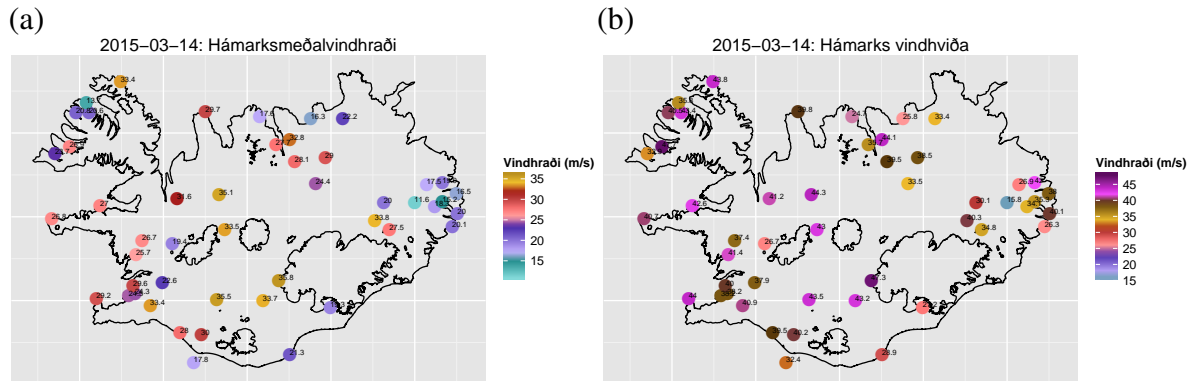
beint úr suðri norður yfir Grænlandshaf og Grænlandssund. Það tók að hvesa víða upp úr kl. 3 um nóttina og veðurhæðin var í hámarki um nær allt vestanvert og norðanvert landið kl. 9–11 um morguninn, en þá var lægðin skammt vestur af landinu (sjá mynd 27). Mesti vindhraði fór á sex stöðvum Veðurstofunnar yfir 40 m/s, á heiðum og til fjalla. Langmesta hviðan mældist 73.5 m/s á Skarðsheiði, en á 13 stöðvum, til fjalla sem og á láglandi nálægt fjöllum, mældist hviðan á bilinu 50–60 m/s. Mesti vindhraði á mannaðri veðurstöð var 36 m/s á Bergsstöðum og mesta vindhviða 48.7 m/s á Skjaldþingsstöðum. Töluvert var um foktjón víða um land. Lægðin bar með sér hlýtt og rakt loft úr suðri og olli því bæði rigningum og leysingum. Mikið vatnsflóð varð vegna þessa í Mosfellsbæ þar sem Varmá flaut yfir bakka sína. Tryggingarfyriretakið VÍS bókfærði ríflega 500 tjón vegna veðursins upp á rúmar 240 milljónir króna. Þetta eru fleiri tjón en VÍS hefur áður bókfært í einu óveðri og þarf að fara til febrúar 1991 fyrir sambærilegt tjón. Óveðrin þrjú í desember 2007 ollu saman svipuðu tjóni og þetta eina illviðri (Vátryggingarfélag Íslands hf., 2015).



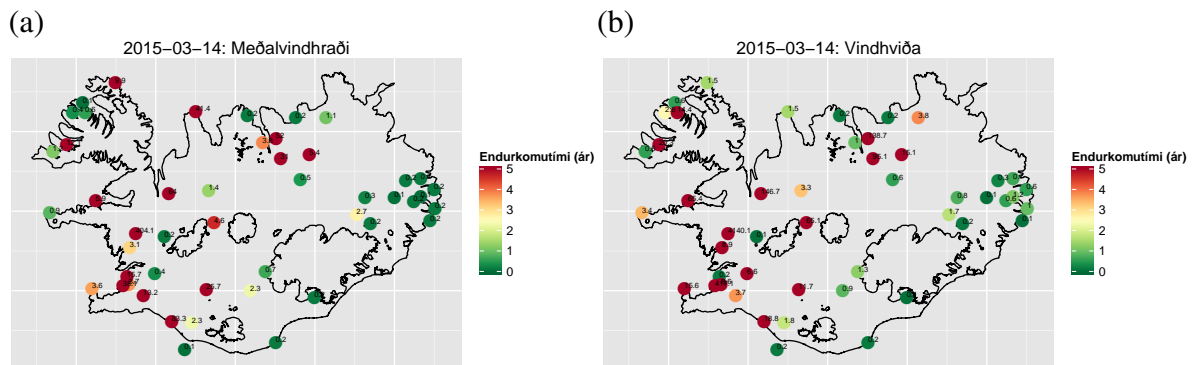
Mynd 27. Veðurlýsing 14. mars 2015. (a) Þrýstingur við sjávarmál (hPa), heildarúrkoma (mm) frá greiningu og hiti ( $^{\circ}\text{C}$ ) í 850 hPa fletinum kl. 06 úr ECMWF 6 tíma spá og (b) veðurathuganir og þrýstingur við sjávarmál (hPa) kl. 09.

Mynd 28 sýnir mældan hámarksvindhraða og mestu hviðu á þeim stöðvum sem til er öfga-veðurhæðarlíkan fyrir. Eins og sjá var vindhraði mikill á nær öllu landinu, vindhraði yfir 20 m/s mældist í öllum landshlutum. Víðast hvar suðvestanlands fór vindhraði vel yfir 25 m/s sem og víða á Vestfjörðum og Norðurlandi. Mestur mældist vindhraðinn í Jökulheimum eða 35.8 m/s. Mesta vindhviða mældist víðast hvar á vestanverðu landinu yfir 40 m/s og austanlands víðast yfir 35 m/s. Mesta hviðan mældist á Tálknafirði 47.7 m/s. Það er því ljóst að þetta veður var bæði umfangsmeira og veðurhæð meiri heldur en í flestum þeim illviðrum sem hér hafa verið nefnd, það er í raun eingöngu illviðrið 13. desember 2007 sem er samanburðarhæft í veðurhæð.

Metinn endurkomutími veðurhæðar undirstrikar hve óvenjulegt þetta veður var, sjá mynd 29. Endurkomutími vindhraða og vindhviðu er metinn yfir 5 ár á flestum stöðvum um vestan- og norðanvert landið og í mörgum tilvikum er vindhraði svo sjaldgæfur að gildin eru langt yfir 50 ár. Það er þó vert að taka fram að þar sem lengd tímaraða veðurgagna er á bilinu 10–19 ár er mat á endurkomutíma langt yfir 20 ár varla marktækt, nema að því leyti að um mjög sjaldgæfa atburði er að ræða.



Mynd 28. (a) Hámarksvindhraði og (b) mesta vindhviða (m/s) 14. mars 2015 á þeim sjálfvirku stöðvum sem reiknað hefur verið öfgaveðurhæðarlíkan fyrir.



Mynd 29. Metinn endurkomutími í árum af mældum (a) vindhraða og (b) vindhviðu þann 14. mars 2015 út frá öfgaveðurhæðalíkönunum.

## 6 Niðurlag

Hér eru stigin skref í öfgaveðurhæðargreiningu fyrir Ísland, mati á sjaldgæfri veðurhæð út frá mælingum.

Vindagögnin sem greiningin er byggð á eru hámarksgildi vindhraða og vindhviðu hvers dags frá 62 sjálfvirkum veðurstöðvum Veðurstofunnar, Landsvirkjunar og Landsnets, dreift um allt land. Kröfur til gagnheimtu voru fremur strangar, en eingöngu voru nýtt gögn frá stöðvum þar sem til voru amk. 10 vetur af heilstæðum gögnum í upphafi verkefnis. Allar tímaraðir voru skoðaðar og augljósar villur, s.s. naglar, fjarlægðar.

Fyrir hverja stöð var hannað líkan til að meta tíðni sjaldgæfrar öfgakenndrar veðurhæðar. Líkönin eru byggð á þröskuldsgreiningu (e. Peak Over Threshold) þar sem notaðar eru óháðar mælingar yfir ákveðnum háum þröskuldi. Þröskuldurinn var valinn sem 0.9 hlutfallsmark mælinga, þ.e. á hverri stöð voru hæstu 10% mælinga nýtt við líkanagerðina. Til að fullnægja skilyrðum um óháð gildi var sett það skilyrði að líða þyrftu amk. 5 dagar á milli útgilda yfir þröskuldi. Gerð voru næmnikönnun á vali á bæði þröskuldi og skilyrði um lengd tímaraða. Enn fremur var sjálffylgni könnuð til að ákvarða skilyrði fyrir óháðum gildum.

Til að fá gott yfirlit yfir öfgakennda veðurhæð á landinu voru upplýsingar frá öllum stöðvum birtar á sama korti. Þá sést vel að mikill munur er á hegðun vindhraða og vindhviðu en hviðuhluti vindhraðans er mjög háður landslagi í nágrenni stöðvar, þ.e. til dæmis staðsetningu stöðvar með tilliti til einstakra fjalla, meðan vindhraði er að jafnaði meiri meðfram ströndinni en innar í landi og hækkar einnig með hæð frá sjávarmáli.

Ef litið er á 10 ára endurkomugildi vindhraða, þá eru hæstu gildin á hálendinu en lægstu í inn-sveitum. Langlægst er gildið fyrir Hallormsstað, 19.4 m/s, en sá staður er einmitt þekktur fyrir veðursæld vegna staðsetningar, landslags og gróðurs. Víðast hvar er þó 10 ára endurkomugildi vindhraða yfir 25 m/s. Það má því með sönnu segja að það sé vindasamt á Íslandi. Hæsta endurkomugildið er í Jökulheimum, 43.3 m/s, stöð á hálendinu, í gróðursnauðu landslagi nálægt jöklum. Veðurstöðin Kolka við Blöndulón sker sig nokkuð úr, en þar er 10 ára endurkomugildið fyrir vindhraða mjög hátt, eða 40.2 m/s, en aftur á móti er endurkomugildi vindhviðu svipað og á fleiri stöðvum. Hér er á ferðinni sambland af áhrifum á vindhraða vegna hæðar yfir sjávarmáli, lágu yfirborðshrýfi og fremur litlu landslagi sem valda nokkuð hvössu vindafari en þó með lágum hviðustuðli. Hæsta 10 ára endurkomugildi vindhviðu er ekki að finna á hálendinu heldur á Skrauthólum á Kjalarnesi. Hér koma staðbundin áhrif Esjunnar vel fram. Það er einnig áhugavert að sjá að staðbundin áhrif fjallendis í kringum Skaftafell valda miklum hviðum þar, en 10 ára endurkomugildi þar er metið 48.2 m/s.

Litið var á hve öfgakennd nokkur þekkt illviðri á 21. öldinni voru, út frá öfgaveðurhæðarlíkönunum. Valin voru fimm illviðri sem öll ollu talsverðum skemmdum vegna hvassviðris. Athyglisvert er að einungis tvö illviðrana voru af óalgengum vindstyrk á stærra landssvæði, illviðrið 13. desember 2007 sem varð vart við á nær öllu vestanverðu landinu og illviðrið 14. mars 2015 sem varð vart í nær öllum landshlutum. Í hinum tilfellunum var vindur, utan örfárra veðurstöðva, af styrk sem búast má við á hverju ári. Rétt er þó að taka fram að öfgaveðurhæðargreiningin tekur ekki tillit til lengdar illviðris sem vissulega hefur mikið að segja þegar kemur að tjóni. Einnig er einungis litið á þær veðurstöðvar sem að hægt er að gera öfgaveðurhæðarlíkan fyrir, vindhraði kann að hafa verið öfgakenndari á öðrum stöðum.



Greining á öfgum í veðurhæð er mikilvægur þáttur í að kortleggja betur vindafar á Íslandi og auka þannig skilning á hegðun vinds og áhrifa landslags á vindafar. Hér var greiningin byggð á sjálfvirkum vindmælingum. Þegar niðurstöðurnar eru birtar á kortaformi kemur vel í ljós að þó að hægt sé að einhverju leyti að framreikna niðurstöðurnar yfir allt landið fyrir vindhraðann, þar sem hegðun vindhraða er nokkuð vel tengd fjarlægð frá strönd og hæð yfir sjávarmáli, er ljóst að hviðuhluti vindsins er nátengdur nálægu landslagi og erfitt að framreikna niðurstöðurnar á áreiðanlegan hátt fyrir stærra svæði.

Kröfur sem settar voru fram um lengd tímaráða gera það að völdum að það vantar veðurstöðvar á nokkrum svæðum, s.s. á sunnanverðu Snæfellsnesi og Austurlandi. Ef greiningin yrði þróuð og endurtekin að nokkrum árum liðnum mætti bæta úr þessu. Sömuleiðis er greiningin einungis byggð á sjálfvirkum veðurathugunum gerðum eftir staðli Veðurstofunnar. Hægt væri að nota svipaða aðferð til að meta öfgaveðurhæð á mönnum veðurathugunastöðvum sem margar hverjar hafa skráð veður í tugi ára. Þá þyrfti þó að glíma við önnur vandamál en frá sjálfvirkum stöðvum, svo sem þann mun sem kann að vera á mældum vindhraða og metnum, taka tillit til ólíkra athugunátíma á milli stöðva, breytinga á athugunátímum í gegnum árin sem og misjöfnum gæðum athugana. Ljóst er að forvinna gagna fyrir slíka greiningu yrði umtalsverð. Eins mætti auka við þekkingu á vindafari með því að gera öfgagreiningu á veðurhæð á stöðvum Vega-gerðarinnar. Þó þær niðurstöður yrðu ekki beint samanburðarhæfar við þær sem kynntar eru í þessari skýrslu vegna annarar uppsetningar stöðvanna svo og skráningu vindhviðu, myndu þær vissulega gefa upplýsingar um hve mikilli veðurhæð má búast við á þjóðvegum landsins.

## 7 Heimildir

- Allt f auk sem fokið gat í veðurofsanum (2009, 15. desember). *Fréttablaðið*, bls. 16. Sótt á timarit.is 30. október 2014.
- Bíllinn eins og koparskúlpúr (2009, 14. desember). *Fréttablaðið*, bls. 10. Sótt á timarit.is 30. október 2014.
- Coles, S. (2001). *An introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. London; Springer.
- Della-Marta, P. M., Mathis, H., Frei, C., Liniger, M. A., Kleinn, J. & Appenzeller, C. (2009). The return period of wind storms over Europe. *Int. J. Climatol.*, **29**, 437–459, doi: 10.1002/joc.1794.
- Ceppi, P., Della-Marta, P. M. & Appenzeller, C. (2008). *Extreme Value Analysis of Wind Speed Observations over Switzerland*. Zürich; MeteoSchweiz, Arbeitsberichte der MeteoSchweiz 219.
- Flugvöllum lokað í hvassviðri (2006, 6. nóvember). *Fréttablaðið*, bls. 1. Sótt á timarit.is 30. október 2014.
- Háhýsið var sagt glapræði (2012, 3. nóvember). *Fréttablaðið*, bls. 4. Sótt á timarit.is 30. október 2014.
- Kemst í flokk með verstu veðrum (2012, 3. nóvember). *mbl.is*, Sótt á greinasafn mbl.is 6. febrúar 2014.
- Ofsaveður olli óvenju miklu tjóni (2012, 3. nóvember). *Fréttablaðið*, bls. 6. Sótt á timarit.is 30. október 2014.
- R Core Team (2014). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. url: <http://www.R-project.org>.
- Ribatet, M. (2012). POT: Generalized Pareto Distribution and Peaks Over Threshold. R package version 1.1-3. <http://CRAN.R-project.org/package=POT>.
- Vátryggingarfélag Íslands hf. (2015). *Vátryggingarfélag Íslands hf. - árshlutauppgjör*. Skoðað 1. maí 2015 á <http://vis.is/vis/fjolmidlatorg/frettir/2015/vatryggingafelag-islands-hf-arshlutauppgjor>.
- Veðurguðirnir sýndu mátt sinn og megin (2009, 10. október). *Morgunblaðið*, bls. 1. Sótt á timarit.is 30. október 2014.
- Víða mikið tjón en engin slys á fólki (2007, 14. desember). *Fréttablaðið*, bls. 10. Sótt á timarit.is 30. október 2014.
- Þetta var eitt allsherjar bál (2009, 10. október) *Morgunblaðið*, bls. 4. Sótt á timarit.is 30. október 2014.

## **Viðaukar**

# I Töflur

Tafla A1. Allar veðurstöðvar sem eru nýttar í greiningunni, stöðvarnúmer, nafn, upphaf heilllegra mælinga, á hvaða tímabilum vantar gögn og hvaða tímabili sleppt.

| Stöð | Heiti               | Upphaf     | Vöntun   | Sleppt                 |
|------|---------------------|------------|--|------------------------|
| 1453 | Garðskagaviti       | 1996-01-01 |  |                        |
| 1473 | Straumsvík          | 2001-07-17 |  |                        |
| 1475 | Reykjavík           | 1996-07-18 |  |                        |
| 1477 | Reykjavíkflugvöllur | 2001-11-01 |  |                        |
| 1479 | Korpa               | 1997-08-26 | 2008-04-12–2008-04-29  |                        |
| 1486 | Bláfjöll            | 1997-02-28 | 2012-11-24–2013-01-16  |                        |
| 1490 | Hellisskarð         | 2001-01-18 | Meirihluti 2012-05-13–2012-06-17   |                        |
| 1493 | Ölkelduháls         | 2001-01-17 | Meirihluti 2008-01-02–2012-02-02   | 2007–2008              |
| 1578 | Skrauthólar         | 2001-10-01 |  |                        |
| 1596 | Pingvellir          | 1996-05-25 | 2010-04-04–2010-04-27  |                        |
| 1673 | Hafnarmelar         | 1998-01-23 |  |                        |
| 1779 | Hvanneyri           | 1997-12-19 | 2002-04-13–2002-04-29  |                        |
| 1881 | Litla-Skarð         | 2000-12-01 | 2004-04-14–2004-10-04  | 2004–2005              |
| 1919 | Gufuskálar          | 1994-12-30 |  |                        |
| 2050 | Stykkishólmur       | 2003-01-01 |  |                        |
| 2197 | Reykir í Hrutafirði | 2003-09-02 |  |                        |
| 3103 | Haugur              | 2003-09-03 |  |                        |
| 2319 | Patreksfjörður      | 1996-04-26 |  |                        |
| 2428 | Bíldudalur          | 1998-09-26 |  |                        |
| 2631 | Flateyri            | 1997-10-21 | 2008-06-09–2006-09-26  | 2008–2009              |
| 2642 | Ísafjörður          | 1998-09-27 |  |                        |
| 2646 | Súðavík             | 1995-09-08 | 2008-07-20–2008-07-30<br>2008-09-16–2008-10-08   | 2008–2009              |
| 2692 | Gjögurflugvöllur    | 1994-03-08 |  |                        |
| 2738 | Bolungarvík         | 1999-09-25 |  |                        |
| 2862 | Hornbjargsviti      | 1997-07-12 | 2002-12-18–2002-12-31<br>2003-02-12–2003-06-18   | 2002–2003              |
| 3225 | Kolka               | 1998-10-01 | 2006-04-13–2006-04-30<br>Meirihluti 2007-02-14–2007-05-31<br>2012-08-16–2012-09-24                                     | 2006–2007<br>2012–2013 |
| 3292 | Svartárvot          | 2003-09-06 |  |                        |
| 3380 | Reykir í Fnjóskadal | 2000-07-06 |  |                        |
| 3463 | Möðruvellir         | 1996-05-04 |  |                        |
| 3477 | Vegeirsstaðir       | 2003-01-01 |  |                        |
| 3658 | Ólafsfjörður        | 1997-10-30 |  |                        |
| 3696 | Húsavík             | 2002-09-13 |  |                        |
| 3720 | Skagatá             | 1996-11-18 | Meirihluti 2002-05-03–2002-07-31<br>2008-04-17–2008-05-02<br>Meirihluti 2008-09-09–2008-09-30<br>2012-02-12–2012-02-28 | 2008–2009              |

Áframhald á næstu síðu

**Tafla A1 – áframhald frá síðustu síðu**

| Stöð | Heiti                | Upphaf     | Vöntun   | Sleppt                 |
|------|----------------------|------------|--|------------------------|
| 3752 | Siglufjörður         | 1995-09-16 | 2012-06-26–2012-07-26<br>2006-10-09–2006-10-27<br>2010-07-10–2010-08-07                          | 2011–2012<br>2006–2007 |
| 4019 | Upptippingar         | 1999-04-19 | 2001-09-17–2001-10-08<br>2002-09-10–2002-10-22<br>2004-07-26–2004-08-09                          | 2001–2003              |
| 4060 | Hallormsstaður       | 1996-04-27 | 1999-08-30–1999-09-22  | 1999–2000              |
| 4180 | Seyðisfjörður        | 1995-11-17 |  |                        |
| 4271 | Egilsstaðaflugvöllur | 1998-04-01 |  |                        |
| 4300 | Mývatn               | 1996-04-17 |  |                        |
| 4614 | Ásbyrgi              | 1998-09-13 | Meirihluti 2009-09-26–2009-10-26   | 2009–2010              |
| 4867 | Fontur               | 1995-06-25 | 2002-04-15–2002-05-23<br>2003-08-01–2003-09-30<br>2007-11-12–2007-12-08<br>2009-01-10–2009-02-03 | 2003–2004<br>2007–2009 |
| 5885 | Kambanes             | 1994-07-07 | 2002-10-03–2002-10-24<br>2003-07-01–2003-08-14<br>2011-12-14–2012-02-01                          | 2002–2003<br>2011–2012 |
| 5933 | Kárahjúkar           | 1998-11-16 |  |                        |
| 5940 | Brú á Jökuldal       | 1998-12-01 | 2006-10-16–2006-11-09  | 2006–2007              |
| 5943 | Eyjabakkar           | 1997-12-31 | 2003-03-20–2003-03-31<br>2003-05-22–2003-05-31   | 2002–2003              |
| 5975 | Kollaleira           | 2000-06-04 |  |                        |
| 5981 | Eskifjörður          | 1998-10-17 | 2006-02-26–2006-05-17  |                        |
| 5988 | Vattarnes            | 2000-06-06 | 2007-12-01–2008-01-25  | 2007–2008              |
| 5990 | Neskaupstaður        | 1997-10-27 | 2003-09-01–2003-09-30  | 2003–2004              |
| 6015 | Vestmannaeyjabær     | 2003-01-01 |  |                        |
| 6176 | Skarðsfjöruviti      | 1994-11-05 | Engin hviða 2002-02-28–2003-12-15<br>2011-09-03–2011-11-16                                       | 2001–2004<br>2011–2012 |
| 6208 | Pykkvibær            | 1996-06-14 | 2003-09-16–2003-09-30  | 2003–2004              |
| 6222 | Sámsstaðir           | 2000-06-25 | 2010-09-12–2010-09-29  | 2010–2011              |
| 6430 | Búrfell              | 1996-10-22 |  |                        |
| 6459 | Lónakvísl            | 1999-09-21 | 2009-03-10–2009-04-10  | 2009–2010              |
| 6499 | Skaftafell           | 1995-07-14 |  |                        |
| 6657 | Veiðivatnahraun      | 1995-09-07 | 2010-03-12–2010-04-08  | 2009–2010              |
| 6670 | Jökulheimar          | 1999-08-01 | 2008-04-06–2008-04-27<br>2010-05-14–2010-05-31   |                        |
| 6748 | Setur                | 1997-09-11 | 2009-02-03–2009-02-28<br>2009-03-14–2009-04-20<br>2012-01-01–2012-02-28                          | 2008–2009<br>2011–2012 |
| 6760 | Þúfuver              | 1996-11-20 | 2007-01-01–2007-02-06  | 2006–2007              |
| 6802 | Húsafell             | 2000-09-14 | 2001-07-31–2001-08-21  |                        |
| 6935 | Hveravellir          | 2002-06-26 | 2010-11-25–2010-12-08  | 2010–2011              |

Tafla A2. Allar veðurstöðvar sem voru kannaðar en ekki nýttar, stöðvarnúmer, nafn, upphaf heilllegra mælinga, og ástæða fyrir höfnun.

| Stöð | Heiti                 | Upphaf | Ástæða  |
|------|-----------------------|--------|---|
| 1350 | Keflavíkurflugvöllur  | 2008   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1361 | Grindavík             | 2008   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1368 | Afstapahraun          | 2008   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1370 | Hvassahraun           | 2009   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1395 | Eyrarbakki            | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1480 | Geldinganes           | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1481 | Hólmsheiði            | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1487 | Bláfjallaskáli        | 2001   | Einhver vöntun, stöð nálægt Bláfjöllum (1486) |
| 1496 | Skarðsmýrarfjall      | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1590 | Skálafell             | 1995   | Slitróttar mælingar                           |
| 1679 | Skarðsheiði           | 2009   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1685 | Þyrill                | 2003   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1689 | Botnsheiði            | 2001   | Slitróttar mælingar                           |
| 1868 | Fíflholt á Mýrum      | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1924 | Ólafsvík              | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 1936 | Bláfeldur             | 2003   | Mælingar hefjast 2003-11-15                   |
| 1938 | Grundarfjörður        | 2003   | Mælingar hefjast 2003-12-01                   |
| 2175 | Ásgarður              | 2003   | Mælingar hefjast 2003-10-30                   |
| 2266 | Reykhólar             | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 2304 | Bjargtangar           | 1994   | Vantar mikið af gögnum                        |
| 2315 | Lambavatn             | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 2323 | Tálknafjörður         | 2008   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 2481 | Hólmavík              | 2007   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 2636 | Þverfjall             | 1990   | Fjallastöð, vantar töluvert af gögnum         |
| 2641 | Seljalandsdalur       | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 2655 | Æðey                  | 2012   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 2941 | Straumnesviti         | 1995   | Slitróttar mælingar                           |
| 3007 | Austurárdalsháls      | 2009   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3054 | Sáta                  | 1992   | Slitróttar mælingar                           |
| 3122 | Grímsstunguheiði      | 2009   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3128 | Auðkúluheiði          | 2011   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3223 | Brúsastaðir           | 2003   | Tímaröð innan 10 ár, vantar desember 2004     |
| 3242 | Nautabú               | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3317 | Blönduós              | 2003   | Tímaröð innan 10 ár, vantar mars 2011         |
| 3371 | Torfur                | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3433 | Sauðárkrókur flugv.   | 2007   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3470 | Akureyri Lögregla     | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3471 | Akureyri Krossanesbr. | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3474 | Vaðlaheiði            | 1999   | Slitróttar mælingar                           |

Áframhald á næstu síðu

**Tafla A2 – áframhald frá síðustu síðu**

| Stöð | Heiti                 | Upphaf | Ástæða  |
|------|-----------------------|--------|---|
| 3490 | Gæsafjöll             | 2010   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3591 | Staðarhóll            | 2012   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3595 | Sóleyjarflatarmelar   | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3754 | Siglunes              | 1995   | Slitróttar mælingar                           |
| 3779 | Flatey á Skjálfanda   | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3797 | Mánárþakki            | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 3975 | Grímsey               | 1994   | Mælingum lýkur 2005                           |
| 3976 | Grímsey               | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 4275 | Gagnheiði             | 1993   | Fjallastöð, vantar töluvert                   |
| 4303 | Bjarnarflag           | 2004   | Mælingum lýkur 2012                           |
| 4323 | Grímsstaðir á Fjöllum | 2012   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 4406 | Krafla                | 2011   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 4455 | Skjaldþingsstaðir     | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 4472 | Bjarnarey             | 1996   | Slitróttar mælingar                           |
| 4500 | Þeystireykir          | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 4652 | Miðfjarðarnes         | 2008   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 4828 | Raufarhöfn            | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 4830 | Möðrudalur            | 2003   | Mælingar hefjast 2003-11-22                   |
| 4912 | Rauðinúpur            | 1997   | Slitróttar mælingar                           |
| 5210 | Ingólfshöfði          | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 5309 | Fagurhólsmýrir        | 2003   | Tímaröð innan 10 ára, vantar nóvember 2008    |
| 5544 | Höfn í Hornafirði     | 2007   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 5777 | Papey                 | 1998   | Slitróttar mælingar                           |
| 5825 | Brúaröræfi            | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 5872 | Teigarhorn            | 2001   | Slitróttar mælingar                           |
| 5960 | Hallormsstaðaháls     | 1996   | Slitróttar mælingar                           |
| 5968 | Brúðardalur           | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 5969 | Þórdalsheiði          | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 5970 | Hallsteinsdalsvarp    | 2007   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 5982 | Fáskrúðsfjörður       | 2007   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 5993 | Seley                 | 1996   | Slitróttar mælingar                           |
| 6012 | Surtsey               | 2009   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 6017 | Stórhöfði             | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 6045 | Vatnsskarðshólar      | 2003   | Tímaröð innan við 10 ár, vantar nóvember 2011 |
| 6134 | Önundarhorn           | 2010   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 6235 | Tindfjöll             | 2005   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 6237 | Básar á Goðalandi     | 2008   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 6272 | Stjórnarsandur        | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 6310 | Kálfhóll              | 2003   | Mælingar hefjast 2003-11-11                   |
| 6315 | Hella                 | 2006   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 6393 | Skeiðarársandur       | 2013   | Tímaröð innan við 10 ár                       |
| 6420 | Árnes                 | 2003   | Mælingar hefjast 2003-11-23                   |
| 6424 | Mörk á Landi          | 2008   | Tímaröð innan við 10 ár                       |

Áframhald á næstu síðu

**Tafla A2 – áframhald frá síðustu síðu**

| Stöð | Heiti       | Upphaf | Ástæða                  |
|------|-------------|--------|-------------------------|
| 6472 | Laufbali    | 1993   | Slitróttar mælingar     |
| 6515 | Hjarðarland | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár |
| 6546 | Vatnsfell   | 2004   | Tímaröð innan við 10 ár |
| 6975 | Sandbúðir   | 1993   | Slitróttar mælingar     |

*Tafla A3. Hágildi vindmælinga á veðurstöðvum nýttar í greiningunni, stöðvanúmer, nafn, hámarksvindhraði og hámarkshviða (m/s) ásamt dagsetningum atburða.*

| Stöð | Heiti                      | Vindhraði (m/s) | Dagsetning | Vindhviða (m/s) | Dagsetning |
|------|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| 1453 | Garðskagaviti              | 32.2            | 1999-01-16 | 46.5            | 1999-01-16 |
| 1473 | Straumsvík                 | 30.6            | 2015-03-14 | 40.9            | 2015-03-14 |
| 1475 | Reykjavík                  | 25.2            | 1996-10-06 | 38.2            | 2015-03-14 |
| 1477 | Reykjavíkurflogvöllur      | 31.7            | 2015-03-14 | 43.3            | 2015-03-14 |
| 1479 | Korpa                      | 29.3            | 1999-01-16 | 42.1            | 2002-02-02 |
| 1486 | Bláfjöll                   | 32.7            | 2015-03-14 | 57.8            | 1998-03-15 |
| 1490 | Hellisskarð                | 33.7            | 2008-02-08 | 46.3            | 2007-12-13 |
| 1493 | Ölkelduháls                | 31.7            | 2007-11-18 | 42.5            | 2008-02-08 |
| 1578 | Skrauthólar                | 30.0            | 2007-12-13 | 60.2            | 2003-02-10 |
| 1596 | Þingvellir                 | 30.0            | 2002-02-02 | 39.7            | 2007-03-17 |
| 1673 | Hafnarmelar                | 35.1            | 1998-03-17 | 55.4            | 1998-03-15 |
| 1779 | Hvanneyri                  | 29.8            | 1998-03-08 | 51.9            | 1998-03-08 |
| 1881 | Litla-Skarð                | 26.7            | 2015-03-14 | 37.4            | 2015-03-14 |
| 1919 | Gufuskálar                 | 30.6            | 2001-11-10 | 43.6            | 2001-11-10 |
| 2050 | Stykkishólmur              | 28.2            | 2011-11-08 | 42.6            | 2015-03-14 |
| 2197 | Reykir í Hrutafirði        | 35.2            | 2015-03-14 | 44.7            | 2015-03-14 |
| 2319 | Patreksfjörður             | 29.1            | 2005-01-03 | 41.5            | 2008-02-08 |
| 2428 | Bíldudalur                 | 27.7            | 2007-12-13 | 50.0            | 2001-02-16 |
| 2631 | Flateyri                   | 27.8            | 2014-01-06 | 46.2            | 2007-12-13 |
| 2642 | Ísafjörður                 | 31.8            | 2006-12-23 | 45.2            | 2007-12-13 |
| 2646 | Súðavík                    | 34.3            | 2015-03-14 | 54.5            | 2006-12-23 |
| 2692 | Gjögurflugvöllur           | 33.1            | 1998-03-15 | 53.5            | 1994-11-21 |
| 2738 | Bolungarvík                | 31.1            | 2012-12-29 | 45.1            | 2010-12-17 |
| 2862 | Hornbjargsviti             | 37.1            | 2001-01-12 | 53.2            | 2001-11-10 |
| 3103 | Haugur                     | 31.6            | 2015-03-14 | 41.2            | 2015-03-14 |
| 3225 | Kolka                      | 43.3            | 2003-02-10 | 54.1            | 1994-02-10 |
| 3292 | Svartárkot                 | 31.2            | 2011-01-07 | 48.1            | 2011-01-07 |
| 3380 | Reykir í Fnjóskadal        | 28.5            | 2007-03-23 | 42.9            | 2014-12-01 |
| 3463 | Möðruvellir                | 30.1            | 2011-03-14 | 45.9            | 2006-12-08 |
| 3477 | Végeirsstaðir í Fnjóskadal | 34.0            | 2008-02-08 | 44.3            | 2008-02-09 |
| 3658 | Ólafsfjörður               | 30.9            | 1999-01-16 | 41.8            | 2001-11-10 |

Áframhald á næstu síðu

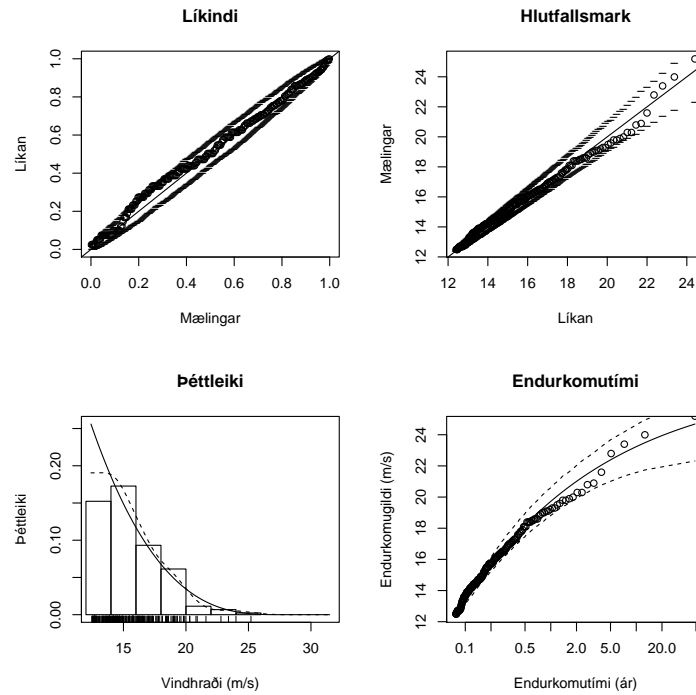


**Tafla A3 – áframhald frá síðustu síðu**

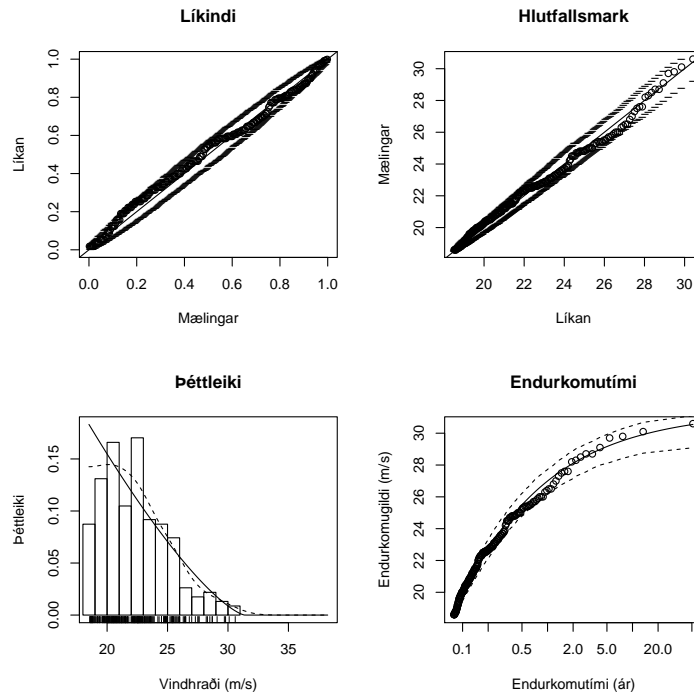
| Stöð | Heiti               | Vindhraði<br>(m/s) | Dagsetning | Vindhviða<br>(m/s) | Dagsetning |
|------|---------------------|--------------------|------------|--------------------|------------|
| 3696 | Húsavík             | 25.3               | 2013-01-28 | 42.5               | 2014-03-20 |
| 3720 | Skagatá             | 33.2               | 2014-12-01 | 52.6               | 2002-02-22 |
| 3752 | Siglufjörður        | 28.3               | 1995-10-24 | 56.9               | 1995-10-25 |
| 4019 | Upptypingar         | 45.8               | 2003-02-17 | 62.7               | 2003-02-17 |
| 4060 | Hallormsstaður      | 20.1               | 2003-02-05 | 33.2               | 1999-02-02 |
| 4180 | Seyðisfjörður       | 30.4               | 2007-12-30 | 53.3               | 1997-01-24 |
| 4271 | Egilsstaðflugvöllur | 28.7               | 2004-02-07 | 37.0               | 2004-02-07 |
| 4300 | Mývatn              | 30.9               | 2000-02-28 | 39.5               | 2000-02-28 |
| 4614 | Ásbyrgi             | 33.6               | 2009-10-09 | 40.6               | 2014-03-20 |
| 4867 | Fontur              | 32.2               | 2000-03-05 | 42.9               | 1997-01-24 |
| 5885 | Kambanes            | 29.1               | 1999-02-02 | 48.1               | 1999-02-02 |
| 5933 | Kárahnjúkar         | 38.8               | 2012-01-10 | 52.2               | 1999-02-02 |
| 5940 | Brú á Jökuldal      | 31.1               | 2005-01-29 | 41.6               | 2005-01-29 |
| 5943 | Eyjabakkar          | 38.5               | 2008-02-07 | 52.3               | 2005-01-29 |
| 5975 | Kollaleira          | 30.4               | 2004-02-07 | 52.3               | 2000-01-16 |
| 5981 | Eskifjörður         | 32.3               | 2000-03-06 | 43.3               | 2004-02-23 |
| 5988 | Vattarnes           | 32.1               | 2014-12-15 | 41.9               | 2001-11-10 |
| 5990 | Neskaupstaður       | 26.8               | 2000-01-16 | 71.4               | 2015-03-16 |
| 6015 | Vestmannaeyjabær    | 28.0               | 2009-10-09 | 50.8               | 2004-10-05 |
| 6176 | Skarðsfjöruviti     | 27.7               | 2005-01-04 | 45.8               | 2009-10-09 |
| 6208 | Þykkvibær           | 35.2               | 2000-03-13 | 38.9               | 2015-02-22 |
| 6222 | Sámsstaðir          | 36.1               | 2008-02-08 | 43.8               | 2000-03-13 |
| 6430 | Búrfell             | 38.4               | 1997-12-30 | 47.2               | 2008-02-08 |
| 6459 | Lónakvísl           | 36.5               | 2012-11-12 | 48.2               | 1997-12-30 |
| 6499 | Skaftafell          | 32.3               | 2004-09-16 | 57.4               | 2006-12-10 |
| 6657 | Veiðivatnahraun     | 35.9               | 1997-12-30 | 51.9               | 1999-01-16 |
| 6657 | Veiðivatnahraun     | 35.9               | 2011-02-11 | 54.8               | 2011-02-11 |
| 6670 | Jökulheimar         | 46.9               | 2011-02-11 | 58.8               | 2001-12-05 |
| 6748 | Setur               | 37.5               | 2012-11-21 | 51.7               | 2014-03-21 |
| 6760 | Þúfuver             | 41.6               | 1997-01-23 | 48.9               | 1997-01-23 |
| 6802 | Húsafell            | 31.9               | 2002-02-14 | 45.1               | 2002-02-14 |
| 6935 | Hveravellir         | 35.1               | 2014-12-09 | 44.3               | 2011-02-11 |

## II Öfgaveðurhæðarlíkon

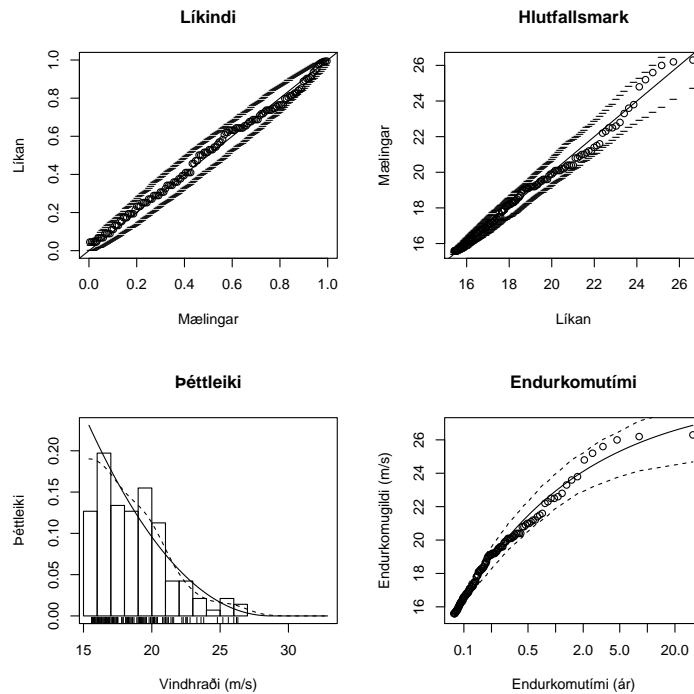
Eftirfarandi myndir sýna nokkur öfgaveðurhæðarlíkon og gröf sem nýtast við að meta líkönin. Fyrir hverja tímaröð er í efri hlutanum líkindamynd og hlutfallsmarksmynd, þar sem punktarnir eiga að falla sem næst hornalínunni fyrir ásætlanlegt líkan. Bæði þessi gröf innihalda sömu upplýsingar en á mismunandi kvarða. Neðst til vinstri er samanburður á þéttleika líkansins (heil lína) og þéttleika mælinga (stöplarit). Neðst til hægri er svo sjálft líkanið (heil lína) sýnt sem endurkomugildi sem fall af endurkomutíma. Mat á endurkomutíma mælinganna er merkt inn með hringjum. 95% öryggismörk eru sýnd sem brotnar línur.



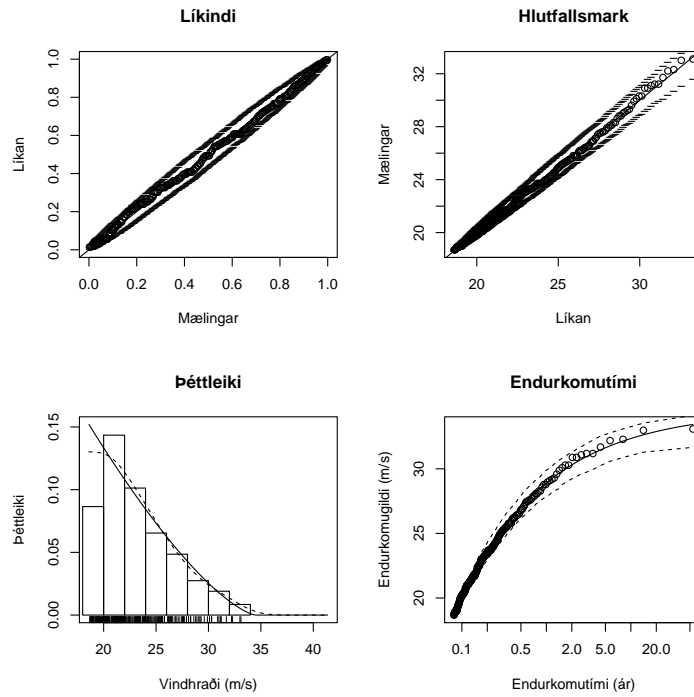
Mynd A1. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Reykjavík, byggt á gögnum 1996–2013.



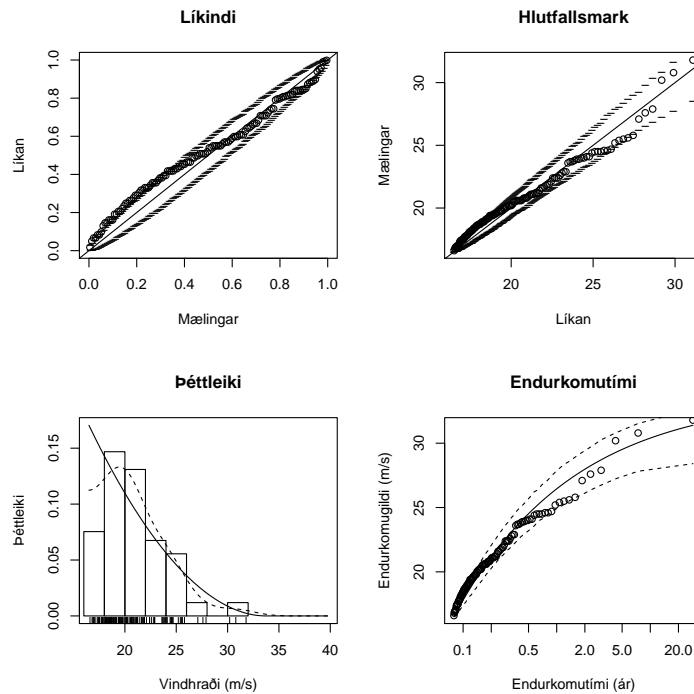
Mynd A2. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Gufuskálum, byggt á gögnum 1995–2013.



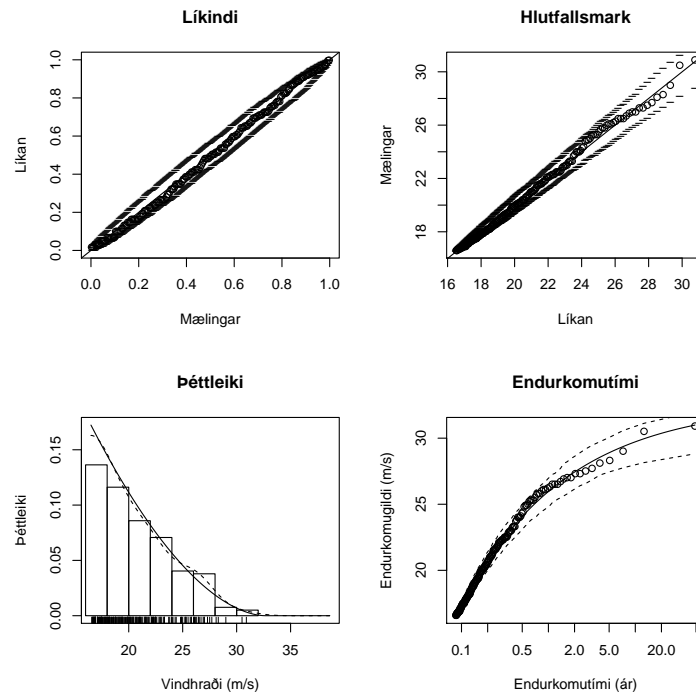
Mynd A3. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Bolungarvík, byggt á gögnum 2000–2013.



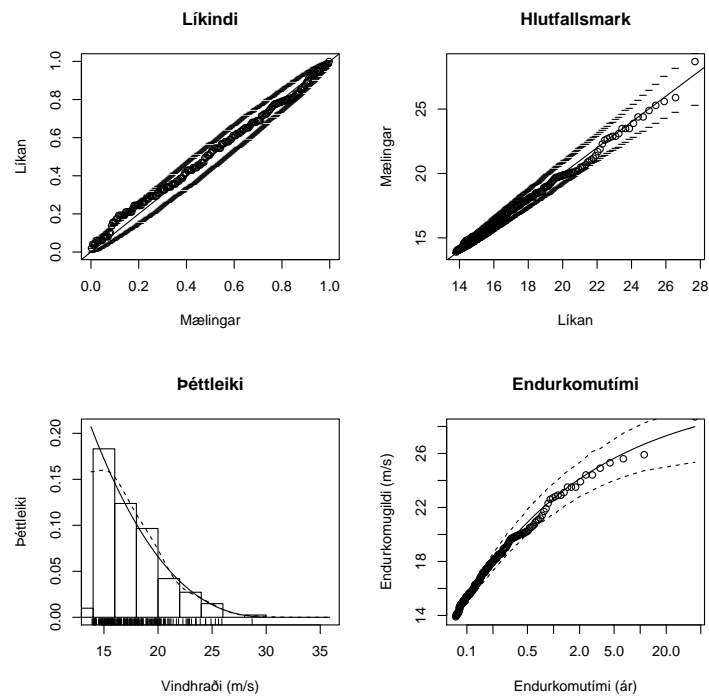
Mynd A4. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Gjögurflugvelli, byggt á gögnum 1994–2013.



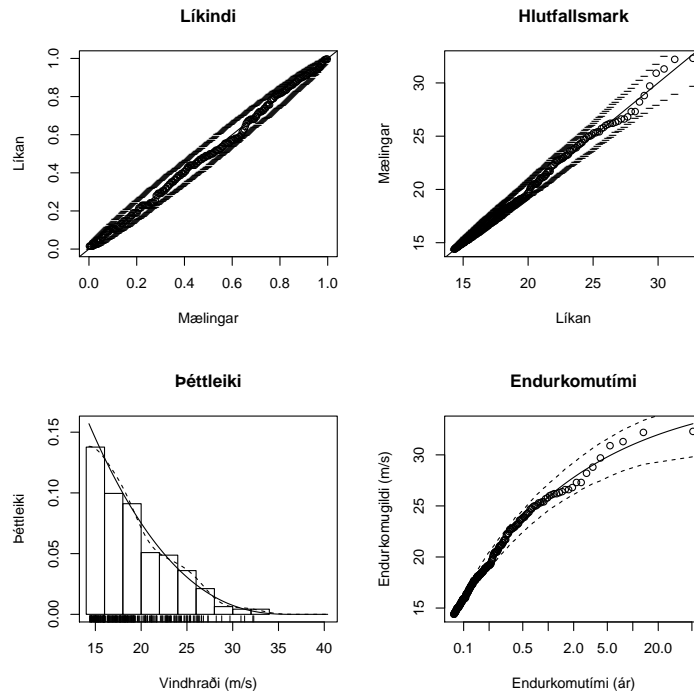
Mynd A5. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Reykjum í Hrútafirði, byggt á gögnum 2003–2013.



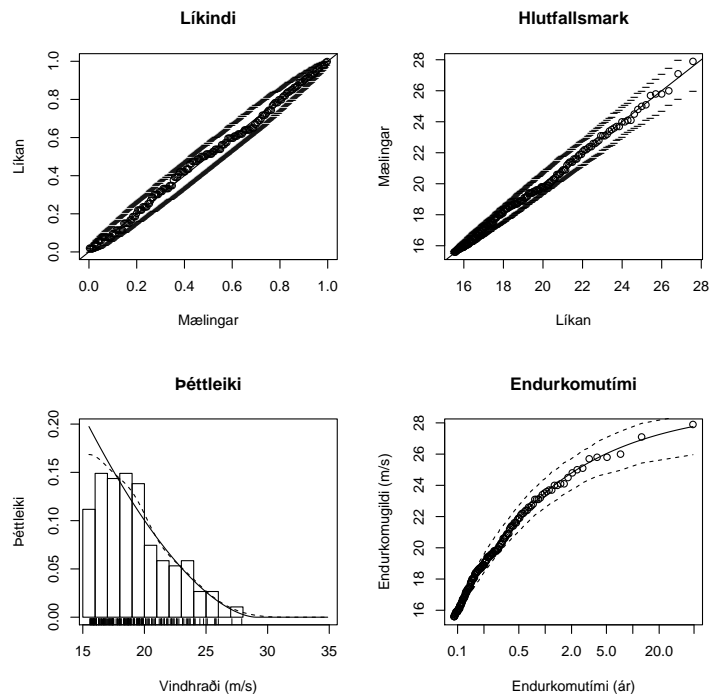
Mynd A6. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Mývatni, byggt á gögnum 1996–2013.



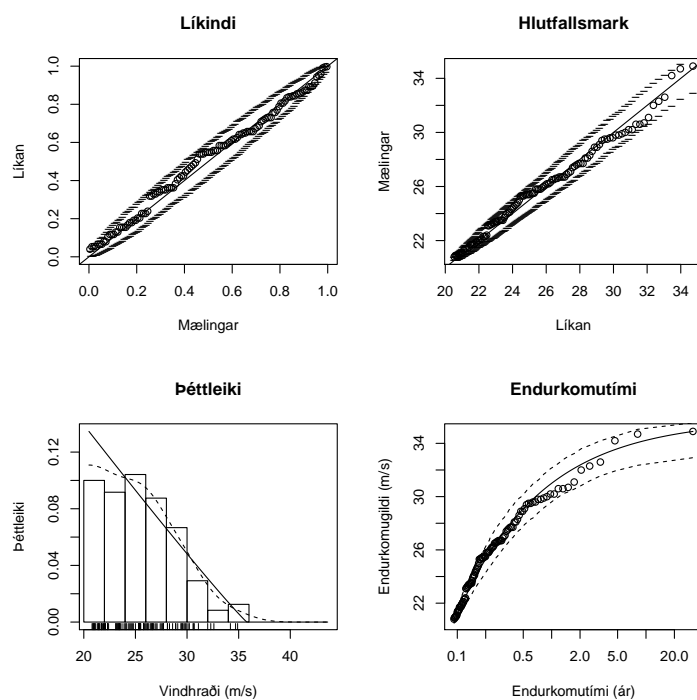
Mynd A7. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Egilsstaðaflugvelli, byggt á gögnum 1998–2013.



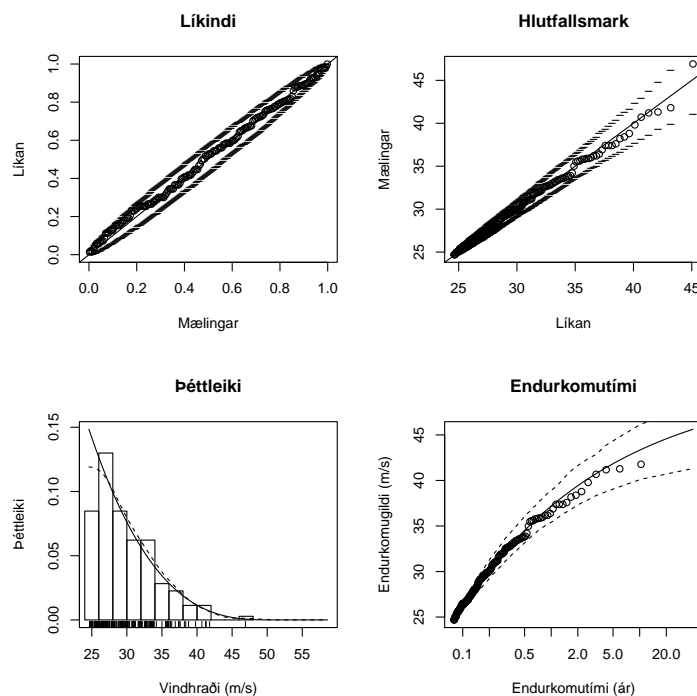
Mynd A8. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Skaftafelli, byggt á gögnum 1995–2013.



Mynd A9. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Þykkvabæ, byggt á gögnum 1996–2013.



Mynd A10. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða á Hveravöllum, byggt á gögnum 2002–2013.



Mynd A11. Öfgaveðurhæðarlíkan fyrir vindhraða í Jökulheimum, byggt á gögnum 1999–2013.