



Gróðurvöktun á Fljótsdalsheiði

Samanburður á samsetningu og þekju gróðurs
árin 2008 og 2016

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2017-054

Dags: Júní 2017

Fjöldi síðna: 43

Upplag: 20

Dreifing:

- Birt á vef LV
 Opin
 Takmörkuð til

Titill: Gróðurvöktun á Fljótsdalsheiði Samanburður á samsetningu og þekju gróðurs árin 2008 og 2016

Höfundar/fyrirtæki: Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Skarphéðinn G. Þórisson/ Náttúrustofa Austurlands, NA-170170

Verkefnisstjóri: Hákon Aðalsteinsson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Útdráttur: Þær gróðurbreytingar sem sást á Fljótsdalsheiði á árunum 2008 til 2016 bentu til aukins beitar-álags. Heildargróðurþekja minnkaði og meðalþekja flétta minnkaði mikið milli ára. Meðalþekja lyngs og smárunna, byrkninga og hálfgrasa minnkaði einnig á milli ára en þekja blómjurta jókst. Hlutfall ógróins yfirborðs hélst þó svipað milli ára. Ekki var að sjá neinar augljósar breytingar á grósku út frá þróun gróðurstuðuls á svæðinu síðustu 17 árin en gildi stuðulsins síðustu tvö ár rannsóknar voru þó með hæsta móti. Breytingar á heildargróðurþekju milli athugunarára má að hluta til líklega rekja til aukinnar beitar grasbíta. Hreindýr bíta fléttur, einkum frá hausti fram á vor. Líklegt er að beit hreindýra skýri þær breytingar sem sást á fléttugróðri á Fljótsdalsheiði frá 2008 til 2016.

Lykilorð: Gróðurvöktun, Fljótsdalsheiði, Snæfellsöræfi, gróður, gróðurstuðull, NDVI, gróðursamsetning, fléttur, tegundasamsetning, gróðurfur, hreindýr, hreindýrabeit.

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

LV-2017-054
NA-170170



Gróðurvöktun á Fljótsdalsheiði

Samanburður á samsetningu og þekju gróðurs
árin 2008 og 2016



Júní 2017

 NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS		<input type="checkbox"/> Egilsstaðir <input checked="" type="checkbox"/> Neskaupstaður
Skýrsla nr: NA-170170	Dags (mánuður, ár): Júní 2017	Dreifing: Opín á www.na.is
Heiti skýrslu: Gróðurvöktun á Fljótsdalsheiði Samanburður á samsetningu og þekju gróðurs árin 2008 og 2016 Technical Report: <i>Vegetation monitoring in Fljótsdalsheiði close to Hálslón and Kárahnjúkar-dam in 2008 and 2016</i>		Síðufjöldi: 32 Fjöldi korta: Kort eru myndir í skýrslu Fjöldi viðauka: 2 Ljósmynd á kápu: Snæfell og Þrælaháls Ljósmynd: Skarphéðinn G. Þórisson
Höfundar: Guðrún Óskarsdóttir, Elín Guðmundsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Skarphéðinn G. Þórisson		
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Náttúrustofa Austurlands vaktar ástand gróðurs í rannsóknarreitum á Snæfellsöræfum og Fljótsdalsheiði vegna hugsanlegra áhrifa Kárahnjúkavirkjunar, einkum Hálslóns. Rannsóknarreitir eru í Kringilsárrana (14), á Vesturöræfum (28) og á Fljótsdalsheiði (30). Meginmarkmiðið er að kanna langtímabreytingar á gróði. Verkefnið hófst í Kringilsárrana árið 2006, sama ár og byrjað var að safna vatni í Hálslón. Árið 2008 var ástand gróðurs í reitum á Fljótsdalsheiði metið og árið 2016 voru reitirnir heimsóttir aftur og ástandið metið á sama hátt. Einnig voru breytingar á gróðurstuðli (NDVI) frá 2000 til 2016 skoðaðar til þess að athuga hvort þær gæfu einhverjar vísbendingar um breytingar á grósku og þekju gróðurs á tímabilinu. Þær gróðurbreytingar sem sást á Fljótsdalsheiði á árunum 2008 til 2016 bentu til aukins beitarálags. Heildargróðurþekja minnkaði og meðalþekja flétta minnkaði mikið milli ára. Meðalþekja lyngs og smárunna, byrkninga og hálfgrasa minnkaði einnig á milli ára en þekja blómjurta jókst. Hlutfall ógróins yfirborðs hélst þó svipað milli ára. Ekki var að sjá neinar augljósar breytingar á grósku út frá þróun gróðurstuðuls á svæðinu síðustu 17 árin en gildi stuðulsins síðustu tvö ár rannsókna voru þó með hæsta móti. Breytingar á heildargróðurþekju milli athugunarára má að hluta til líklega rekja til aukinnar beitar grasbita. Hreindýr bita fléttur, einkum frá hausti fram á vor. Líklegt er að beit hreindýra skýri þær breytingar sem sást á fléttugróðri á Fljótsdalsheiði frá 2008 til 2016. Áfram þarf að fylgjast með þróun vistkerfisins á Fljótsdalsheiði og í ljósi niðurstaðna myndi það styrkja rannsóknir á gróðurfari á svæðinu mjög að bæta við rannsóknum á áhrifum hreindýra- og gæsabeitar á gróður sem og rannsóknum á því hvað hreindýr bita helst á ólíkum tímum ársins. Einnig er æskilegt að skoða samhengi við sauðfjárbreit. English summary on next page		
Lykilorð: Gróðurvöktun, Fljótsdalsheiði, Snæfellsöræfi, gróður, gróðurstuðull, NDVI, gróðursamsetning, tegundasamsetning, gróðurfur, hreindýr, hreindýrabeit, fléttur.		ISSN nr:
Yfirfarið: KÁ		ISBN nr:

English summary

The East Iceland Nature Research Centre monitors vegetation around Háslón water reservoir and Kárahnjúkar-dam to explore the possible impacts of the hydropower project, especially Háslón reservoir. The monitoring sites are spread over the impact area, 14 are located just west of the reservoir (Kringilsárrani area), 28 are located east of it (Vesturöræfi area) and 30 northeast of it (Fljótsdalsheiði area). The primary objective of the study is to monitor any possible long-term changes in vegetation.

The study began in Kringilsárrani in 2006, the same year as the reservoir started to fill. In 2008 the research sites in Fljótsdalsheiði were visited for the first time and their vegetation studied. In 2016 those sites were visited again and the study repeated. In addition, changes in Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) over the years from 2000 to 2016 were studied to see if they would indicate any changes in greenness of vegetation before and after the construction of the hydropower plant.

The results of the vegetation monitoring in Fljótsdalsheiði in 2008 and 2016 indicate that the area has been grazed more heavily by herbivores in recent years than when the study began. Overall vegetation cover decreased but the cover of bare soil did, however, not increase. The cover of lichens, which are only eaten by reindeers, decreased substantially. Average cover of heather and dwarf shrubs, ferns and sedges also decreased but average cover of forbs increased. No obvious changes in NDVI from 2000 to 2016 were noticed in the area but the two years with the highest average NDVI were 2015 and 2016.

The change in overall vegetation cover between 2008 and 2016 can, in part at least, most likely be linked to heavier grazing in recent years than in the first years of the study. Since lichens are a favourite part of reindeers' diet during the winter, increased winter grazing in the area by reindeer is likely the main cause of the changes seen in lichen cover between the years 2008 and 2016.

It is important to keep monitoring vegetation in the study area and in light of the study's results, adding research on the effects of reindeer and geese grazing on vegetation in different times of the year would benefit the study. In that context, examining sheep grazing in the area would also be beneficial.

Keywords: Vegetation monitoring, vegetation, NDVI, vegetation composition, species composition, reindeer, reindeer grazing, lichen.

Efnisyfirlit

Inngangur	1
Aðferðir	1
Gagnasöfnun	1
Gróðurstuðull	4
Úrvinnsla.....	7
Þekja og tegundafjöldi.....	7
Tegundasamsetning og áhrif umhverfisbreyta	7
Gróðurstuðull	8
Niðurstöður	8
Ásýnd svæðis	8
Gróðurhæð, jarðvegsdýpt, tegundafjöldi og heildarþekja í reitum	8
Gróðurfur og tegundasamsetning	12
Breytileiki í tegundasamsetningu og áhrif umhverfisbreyta	12
Breytingar á gróðursamsetningu og þekju einstakra tegundahópa milli ára	15
Breytingar á þekju einstakra tegunda, fléttuhópa, skíts og dauðra plantna milli ára	17
Breyting á heildarþekju gróðurs í ólíkum gróðurlendum	20
Gróðurstuðull	22
Umræður	24
Meginbreytingar á milli ára	24
Mögulegar ástæður gróðurbreytinga.....	24
Eldgosið í Holuhrauni	24
Bein áhrif Háslóns.....	25
Óbein áhrif Háslóns	25
Ályktanir	28
Heimildir	30

Viðaukar

Viðauki 1. Hnitaskrá

Viðauki 2. Tegundalisti

Myndaskrá

1. mynd. Rannsóknarsvæðið á Fljótsdalsheiði, staðsetning gróðurreita og gróðurlendi. /The study area, study sites and vegetation types (from top left in legends: Heathland, mossland, grassland, shrubland/forest, wetland, land with little or no vegetation, damaged land, uncategorized, water). 2
2. mynd. Rannsóknarsvæðið á Fljótsdalsheiði og svæði þar sem NDVI gögn voru sótt. Kortið sýnir einnig þekju gróðurs og staðsetningu gróðurreita. /Areas in Fljótsdalsheiði for which NDVI-data were explored (in red). The map also shows vegetation cover and the location of study sites. 5
3. mynd. Afmörkun svæða sem NDVI gögn voru sótt fyrir til samanburðar við svæðin á Fljótsdalsheiði. Kortið sýnir einnig gróðurlendi svæðanna. /Comparison areas outside of Fljótsdalsheiði for which NDVI-data were explored (in red). Vegetation types are also shown (from top left in legends: Heathland, mossland, grassland, shrubland/forest, wetland, half-vegetated land, land with little or no vegetation, uncategorized land, water). 6
4. mynd. Starfsfólk undirbýr vettvangsvinnu í vel grónum flóa. Í bakgrunni sést Vatnajökull, Snæfell og Þrælaháls og í forgrunni sjást allir leiðangursmenn fyrir utan myndatökumanninn, Skarphéðinn G. Þórisson. /Field staff prepares field work in a well vegetated wetland. 9
5. mynd. Leiðangursmenn ganga milli rannsóknarreita. Mynd: Guðrún Óskarsdóttir. /Field staff walks between study sites. 9
6. mynd. Meðaljarðvegisdýpt (t.v.) og meðalgróðurhæð (t.h.) árin 2008 og 2016, skipt eftir gróðurlendum. Jarðvegisdýptargögn fyrir reit 11 vantar fyrir 2016. /Average soil depth (left) and average vegetation height (right) in 2008 and 2016. Study sites are divided into groups by vegetation type (from top: poorly vegetated grassland, well vegetated wetland, half-vegetated heathland, heathland and well vegetated heathland). 11
7. mynd. Fjöldi háplöntutegunda (t.v.) og heildargróðurþekja (t.h.) árin 2008 og 2016, skipt eftir gróðurlendum. /Total number of vascular plant species (left) and overall vegetation cover (right) in 2008 and 2016. Study sites are divided into groups by vegetation type. 12
8. mynd. Niðurstöður PCA hnitunargreiningar á þekju 24 háplöntutegunda í öllum reitum. Reitir eru táknaðir með tölustaf og ártöl táknuð með bókstaf (a fyrir 2008 og b fyrir 2016). Reitirnir eru mismunandi á litinn eftir því í hvaða gróðurlendi þeir eru (grænt=vel gróið mólendi, rauðbrúnt=gróið mólendi, appelsínugult=hálfgróið mólendi, svart=lítið gróið graslendi og blátt=votlendi). Eigingildi: PC1=6,51; PC2=2,47. Umhverfisbreytur í sama hnitakerfi eru sýndar á 9. mynd. /Results of PCA ordination on the cover of 24 vascular plant species. Study sites are represented by their number and the letter a for the year 2008 or b for 2016. The different vegetation types at the study sites are represented by different colours (green, brown and orange=heathland (well->half vegetated), black=poorly vegetated grassland, blue=well vegetated wetland). Eigenvalues: PC1=6,51; PC2=2,47. 13
9. mynd. Niðurstöður PCA hnitunargreiningar á þekju 24 háplöntutegunda í öllum reitum sem sýna hvar umhverfisbreyturnar sem höfðu fylgni við ása PCA hnitunargreiningarinnar ($p < 0,05$) röðuðust í PCA hnitakerfinu. Örvarnar sýna hlutfallslega fylgni milli ása og umhverfisbreyta. /Results of PCA ordination on the cover of 24 vascular plant species showing the environmental variables with significant correlation ($p < 0,05$) with the ordination axes (clockwise from top (byrkingar): ferns, vegetation cover, moss, vegetation height, sedges, soil depth, grasses, unvegetated, droppings, biological soil crust, lichen, forbs, species richness, heather and dwarf shrubs). 14
10. mynd. Meðalþekja tegundahópa árin 2008 og 2016. /Average cover of each species group in 2008 and 2016 (from left: moss, sedges, forbs, heather and dwarf shrubs, lichen, ferns, biological soil crust, grasses). .. 16
11. mynd. Meðalþekja tegundahópa í hverju gróðurlendi árin 2008 og 2016. Í vel grónu mólendi voru 4 reitir, í grónu mólendi 11, í hálfgrónu mólendi 4, í vel grónu votlendi 10 og í lítið grónu graslendi aðeins 1 reitur. /Average cover of each species group stacked together for all study sites in each vegetation type in 2008 and 2016. From left to right: well vegetated heathland (n=4), heathland (n=11), half-vegetated heathland (n=4), well vegetated wetland (n=10) and poorly vegetated grassland (n=1). 17
12. mynd. Meðalþekja þeirra algengu háplöntutegunda sem höfðu marktækt mismunandi þekju milli ára, sýnd í mismunandi gróðurlendum árin 2008 og 2016. Fjöldi reita í hverju gróðurlendi er gefinn upp innan sviga.

- Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna í öllum tilvikum nema þar sem aðeins er um einn reit að ræða. Kvarði á *γ*-ás er mismunandi milli súlurita. /Average cover of a. *Cerastium alpinum*, b. *Equisetum variegatum*, c. *Bistorta vivipara*, d. *Salix herbacea*, e. *Empetrum nigrum* and f. *Harriminella hypnoides*, shown for each vegetation type (from left: well vegetated heathland, heathland, half-vegetated heathland, well vegetated wetland, poorly vegetated grassland). 19
13. mynd. Meðalþekja nokkurra fléttuhópa og skíts í mismunandi gróðurlendum árin 2008 og 2016. Fjöldi reita í hverju gróðurlendi er gefinn upp innan sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna í öllum tilvikum nema þar sem aðeins er um einn reit að ræða. Kvarði á *γ*-ás er mismunandi milli súlurita. /Average cover of *Cetraria/Cetrariella* spp. (top left), *Cladonia* spp. (top right), *Stereocaulon* spp (bottom left) and droppings (bottom right), shown for each vegetation type. 20
14. mynd. Breytingar á heildarþekju gróðurs (%) í hverjum reit milli árána 2008 og 2016, skipt eftir gróðurlendum. /Changes in overall vegetation cover (%) at each site between 2008 and 2016 (mólendi: heathland, graslendi: grassland, votlendi: wetland). 21
15. mynd. Smáreitur í hálfgrónu mólendi (reit 29) árin 2008 (t.v.) og 2016 (t.h.). Krækilyngið hefur rýrnað mikið milli ára sem og fjallagrösín í neðri hluta rammans hægra megin. /A 0,5x0,5 m study plot in half-vegetated heathland (site nr. 29) in 2008 (left) and 2016 (right). *Empetrum nigrum* and *Cetraria islandica* were visibly more prominent in 2008 than 2016. 22
16. mynd. Gróðurstuðulgildi (NDVI) fyrir þrjú svæði á Fljótsdalsheiði (grænt) og þrjú samanburðarsvæði (eitt þeirra sem meðaltal tveggja svæða) (blátt) yfir hásumar frá árinu 2000 til ársins 2016 (ORNL DAAC, 2008). Tólf hágildi eru á bakvið hvern kassa. /Maximum NDVI of the study area (green) and the comparison areas (blue) over the summer (July-August) in the years 2000-2016. Each box represents 12 measurements of max NDVI. 23
17. mynd. Meðaltal gróðurstuðuls (NDVI) fyrir hvert hásumar á rannsóknarsvæðinu annars vegar (meðaltal þriggja svæða) og samanburðarsvæðinu hins vegar (meðaltal þriggja svæða, eitt þeirra meðaltal tveggja svæða) frá árinu 2000 til ársins 2016 (ORNL DAAC, 2008). /Average of maximum NDVIs of the study area (Fljótsdalsheiði) and the comparison areas (Samanburðarsvæði) over the summer (July-August) in 2000-2016. 23
18. mynd. Hagaganga hreinkúa sem báru GPS senditæki á árunum 2009 til 2010 og hlutfallsleg gróðurbreyting í rannsóknarreitum 2008-2016. /Rangelands of reindeer cows bearing GPS transmitter in 2009 and 2010 in different times of the year (from top left: the whole year, summer, hunting season, mating season, autumn, winter, spring, birthing season). The different colours show different number of cows (from one (green) to five (red) using the area. The map also shows changes in overall vegetation cover (%) at each site from 2008-2016. 27

Töfluskrá

1. tafla. Breyttur Hult-Sernander kvarði sem var notaður við þekjumælingar. /Adjusted Hults-Sernander cover scale was used for vegetation assessments. 3
2. tafla. Gerð gróðurlendis í reitum 1-30 á Fljótsdalsheiði, meðalgildi jarðvegsdýptar- og gróðurhæðarmælinga fyrir hvern reit, heildarfjöldi háplöntutegunda og heildargróðurþekja í hverjum reit árið 2016. /Vegetation types and cover, average soil depth, average vegetation height, total number of vascular plant species and overall vegetation cover of study sites 1-30 in 2016. 10

Inngangur

Að beiðni Landsvirkjunar vaktar Náttúrustofa Austurlands ástand gróðurs á Snæfellsöræfum og Fljótsdalsheiði vegna hugsanlegra áhrifa Kárahnjúkavirkjunar, einkum Háslóns. Komið var upp 72 rannsóknarreitum á árunum 2006-2008 í Kringilsárrana (14), á Vesturöræfum (28) og á Fljótsdalsheiði (30). Meginmarkmiðið er að nema langtímabreytingar á gróðri. Hér er gerð grein fyrir samanburði á gróðri í rannsóknarreitum á Fljótsdalsheiði árin 2008 og 2016.

Verkefnið hófst í Kringilsárrana árið 2006, sama ár og byrjað var að safna vatni í Háslón. Árið 2008 var reitum til gróðurvöktunar einnig komið upp á Fljótsdalsheiði og ástand gróðurs þeirra metið (Gerður Guðmundsdóttir, 2009). Ástæða þess að Fljótsdalsheiðin varð fyrir valinu var m.a. sú að hreindýr fóru að ganga þar í meira mæli en áður á sumrin um það leiti sem framkvæmdir við Kárahnjúka voru að hefjast, eða árið 2002 (Skarphéðinn G. Þórisson & Rán Þórarinsdóttir, 2008). Árið 2010 hurfu dýrin þó af Fljótsdalsheiði á sumrin og hafa varla sést í sumarheit þar síðan. Fljótsdalsheiði hefur í gegnum tíðina verið nýtt að einhverju marki af hreindýrum til beitar á vetrum (Kristbjörn Egilsson, 1983) og staðfest er að hreindýr með GPS senditæki dvöldu vetur og vor árin 2009 og 2010 á rannsóknasvæðinu (Skarphéðinn G. Þórisson & Kristín Ágústsdóttir, 2014). Árið 2016 var aftur farið í reitina á Fljótsdalsheiði og ástand þeirra metið á sama hátt og árið 2008.

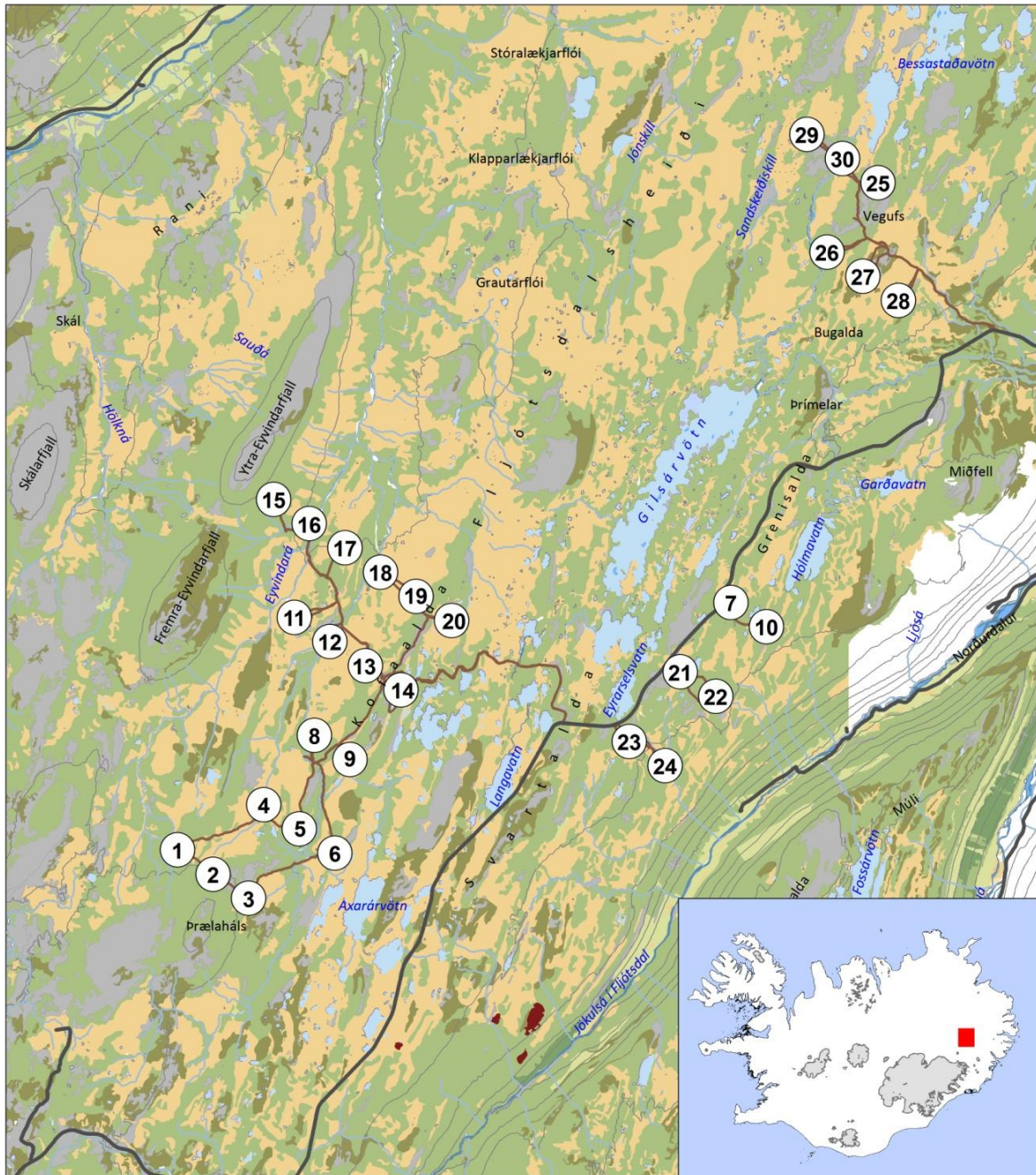
Hér er gerð grein fyrir niðurstöðum rannsókna sumarið 2016 og þær bornar saman við rannsóknir sumarsins 2008. Velt er upp mögulegum áhrifum Kárahnjúkavirkjunar á gróðurfar á Fljótsdalsheiði, s.s. vegna áfoks úr bökkum Háslóns og frá framkvæmdasvæðum á heiðinni. Möguleg óbein áhrif eru einnig könnuð, eins og hvort greina megi breytingar á gróðri vegna t.d. gæsa- eða hreindýrabeitar og hvort þær gróðurbreytingar hafa mögulega orsakað breytingar sem varð vart á sumrahagagöngu hreindýra á Snæfellsöræfum á árunum 2002-2010.

Samantekt á eldri heimildum um gróður á Fljótsdalsheiði var lýst í fyrri áfangaskýrslu verkefnisins (Gerður Guðmundsdóttir, 2009). Í þeirri samantekt var Fljótsdalsheiði lýst sem vel grónu heiðarflæmi þar sem mýrar og mólendi voru áberandi og átti sú lýsing enn vel við sumarið 2016.

Aðferðir

Gagnasöfnun

Farið var á Fljótsdalsheiði dagana 18.-22. júlí 2016 til gagnasöfnunar. Þar eru 30 gróðurvöktunarreitir (10 x 10 m) (1. mynd) og innan hvers reits eru 10 smáreitir (0,5 x 0,5 m). Reitirnir eru staðsettir þar sem vitað er að hreindýr fara um og eru auk þess allir staðsettir innan við 2 km frá slóðum eða vegum. Slóðin til norðausturs frá Þrælahálsi, að reitum 1-6 í suðvesturhluta rannsóknarsvæðisins, var ófær bílnum sem notaður var við gagnasöfnun sumarið 2016 og því var gengið lengra í þá reiti. Hnit rannsóknarreita má sjá í viðauka 1.



2017, Elín Guðmundsdóttir.
 Byggt á IS50v frá
 Landmælingum Íslands (2013, 2015).
 Gróðurgreining 1:25.000; Náttúrufræðistofnun Íslands (2014)

- | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|
| ○ Stöðvar | 🌿 Mólendi | 👉 Lítt eða ógróið land |
| 🔴 NDVI reitir | 🌱 Moslendi | 👉 Raskað land |
| 📏 Vegir | 🌾 Graslendi | 👉 Ógreint svæði |
| 📏 Ferðaleið 2016 | 🌳 Kjarr- og skóglendi | 💧 Vatn |
| 📏 100 m hæðarlínur | 🌊 Votlendi | |

0 1 2 3 4 5 Km



1. mynd. Rannsóknarsvæðið á Fljótsdalsheiði, staðsetning gróðurreita og gróðurlendi. /The study area, study sites and vegetation types (from top left in legends: Heathland, mossland, grassland, shrubland/forest, wetland, land with little or no vegetation, damaged land, uncategorized, water).

Í smáreitum var hlutfallsleg þekja allra háplöntutegunda innan ramma metin sjónrænt. Þekja mosa annars vegar og flétta hins vegar var metin sameiginlega sem þekja þessara tveggja tegundahópa, fyrir utan breyskju (*Stereocaulon* spp.), bikarfléttur (*Cladonia* spp.), fjallagrös (*Cetraria islandica*), mundagrös (*Cetrariella delisei*), melakræðu (*Cetraria muricata*) og hélumosa (*Anthelia juratzkana*) sem voru metin sérstaklega. Fjallagrös, mundagrös og melakræða voru í þessari skýrslu sett í einn flokk undir heitinu fjallagrös og hélumosi var tekinn saman með lífrænni jarðvegsskán þar sem hélumosi er gjarnan hluti af henni (Belnap & Lange, 2013). Þekja ógróins yfirborðs, grjóts, sinu og skíts var einnig metin og að lokum var tekin ljósmynd af hverjum smáreit. Við þekjumatið var notaður kvarði með mismunandi þekjubílum (1. tafla). Kvarðinn er afbrigði af Hults-Sernander þekjukvarða (Sjörs, 1956) og þekjubílin eru misstór til þess að reyna að taka sem best tillit til breytileika í algengi og þekju mismunandi plöntutegunda. Tegundalista yfir háplöntur, mosa og fléttur sem skráðar hafa verið innan smáreita á Fljótsdalsheiði í þessari rannsókn má sjá í viðauka 2.

1. tafla. Breyttur Hult-Sernander kvarði sem var notaður við þekjumælingar. /Adjusted Hults-Sernander cover scale was used for vegetation assessments.

Þekjubíl (%)	Miðgildi þekjubíls (%)
< 1	0,5
1 - 6,25	3,6
6,25 - 12,5	9,4
12,5 - 25	18,8
25 - 50	37,5
50 - 100	75

Til viðbótar við mat á þekju var hæð hæstu háplantna mæld til þess að fá tilfinningu fyrir gróðurhæð í reitunum. Gróðurhæð var metin þannig að meðalhæð þriggja hæstu sprota í hverjum fjórðungi smáreits var reiknuð og fyrir hvern smáreit var síðan reiknað meðaltalið af þessum fjórum meðaltölum. Fyrir hvern reit var síðan reiknuð meðalgróðurhæð allra tíu smáreitanna.

Jarðvegsdýpt var einnig mæld en eiginleikar og dýpt jarðvegs eru mikilvægar breytur þegar verið er að leita að orsökum breytilegs gróðurfars (Ólafur Arnalds & Ása L. Aradóttir, 2015). Dýpt jarðvegs var mæld með því að stinga mjórri stöng niður í jörðina þar til hún stöðvaðist á föstu undirlagi. Þetta var gert rétt utan við öll fjögur horn hvers smáreits og meðaltal þeirra fjögurra mælinga reiknað. Árið 2008 var ekki mæld meiri jarðvegsdýpt en 86 cm vegna þess að mælistikan sem var notuð þá dugði ekki til mælinga á meira dýpi. Árið 2016 var notuð lengri stöng (120 cm) en til þess að hafa niðurstöður milli ára sambærilegar var jarðvegsdýpt ekki mæld nema niður að 86 cm dýpi. Þar sem jarðvegsstikan fór dýpra en það var því jarðvegsdýpt skráð sem >86 cm. Nýja mælistöngin var þó einnig mjórri og beittari en sú sem notuð var árið 2006 og því verður að fara varlega í samanburð á jarðvegsdýpt milli ára. Fyrir mistök voru ekki gerðar jarðvegsdýptarmælingar í einum reit, reit 11 árið 2016.

Árið 2008 voru reitir afmarkaðir með tréhælum og smáreitir með flöggum. Appelsínugul flögg voru notuð í suðvesturhornum smáreita en gul í hinum hornunum til þess að auðvelda samanburð ljósmynda sem teknar voru af smáreitunum á mismunandi tímum. Náttúrustofa Austurlands hefur síðan þá haldið reitameringum reglulega við svo að ganga megi að reitunum vísu og flöggum sem hafa týnst hefur verið skipt út fyrir ný flögg. Árið 2016 var

flöggum smáreita skipt út fyrir tréhæla þar sem þeir hafa reynst betur og enst lengur. Þá voru hvítir tréhælar notaðir í suðvesturhornum en rauðir í hinum.

Á vettvangi unnu Elín Guðmundsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Skarphéðinn G. Þórisson. Veður var hlýtt og léttskýjað eða heiðskýrt mestallan tímann. Á þriðja degi var reyndar þoka en svæðið hélst þó að mestu leyti þurrt.

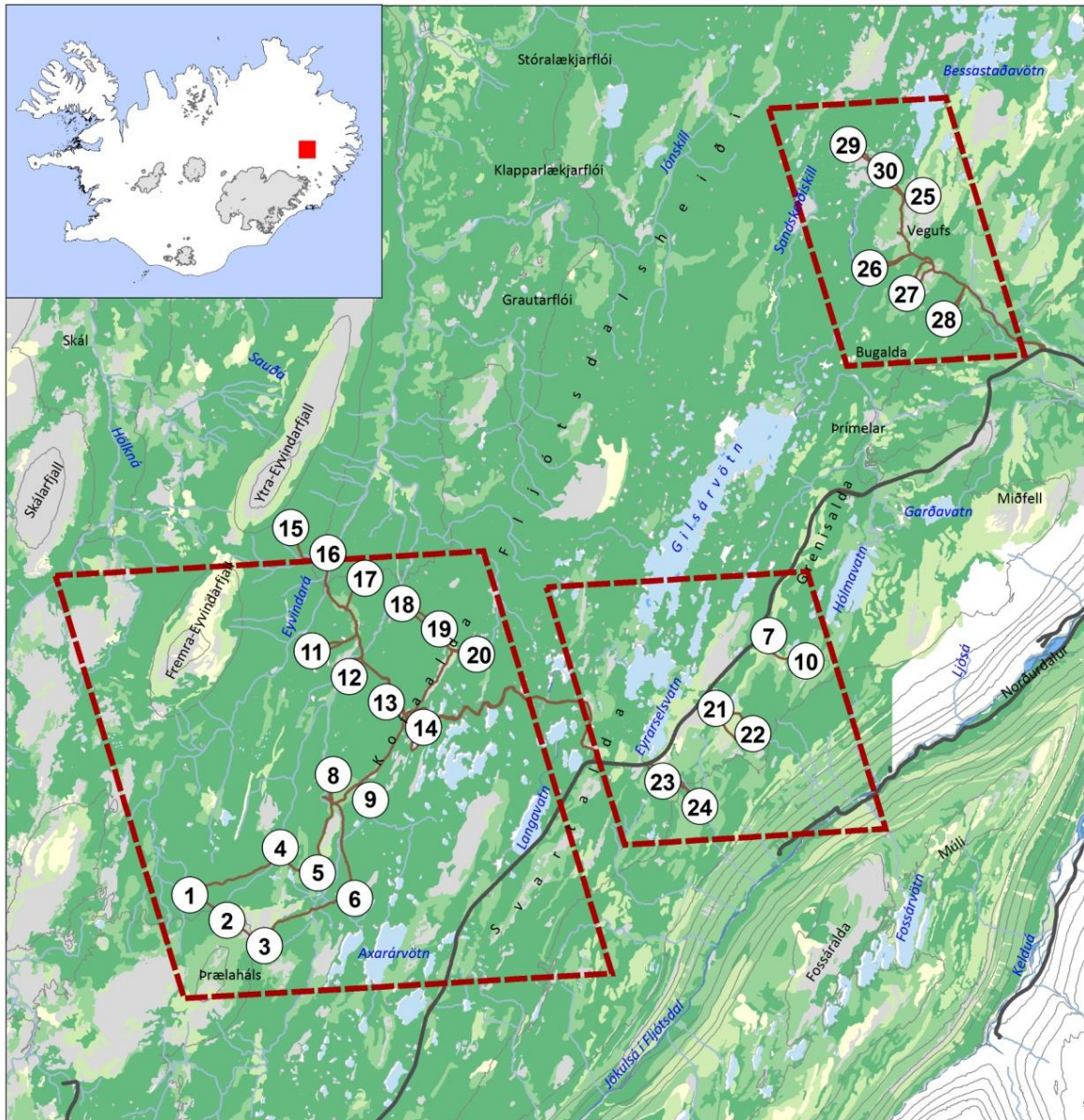
Gróðurstuðull

Gróðurstuðull (e. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) er mælikvarði á blaðgrænu (og þar með grósku gróðurs) á yfirborði jarðar og er reiknaður út frá gervitunglagögnum (t.d. Pettorelli o.fl., 2005). Gildi stuðulsins geta verið frá -1 til +1. Ef gildi svæðis er neikvætt er þar engan gróður að finna (t.d. vatn og jökull) á meðan hækkandi jákvæð gildi tákna meiri grósku (Tucker, 1979). Gildi frá 0,3-0,8 eru algeng fyrir gróið land á Íslandi yfir hásumar en gildi frá 0,2-0,3 eru algeng fyrir lítt gróið land (Raynolds o.fl., 2014).

Gögn um gróðurstuðul á rannsóknarsvæðinu frá árinu 2000 fram til ársins 2016 (ORNL DAAC, 2008) voru skoðuð til þess að athuga hvort einhverjar breytingar á grósku væri að sjá milli ára. Einnig voru gögn um gróðurstuðul á þremur öðrum sambærilegum svæðum á sama tímabili skoðuð, svæðum þar sem hreindýr hafa ekkert eða lítið verið á síðastliðna áratugi. Það var gert til þess að athuga hvort munur væri á gróðurstuðli milli svæða þar sem hreindýr ganga gjarnan og þar sem þau ganga ekki og til að bera breytingar milli ára saman á milli svæða ef einhverjar voru. Gögnin byggja á 16 daga meðaltalsgildum í 250x250 m reitum (svokallað MOD13Q1 gagnasett). Sótt voru fyrirframreiknuð hágildi gróðurstuðuls í ákveðnum ferhyrningum sem komust hvað næst því að ná yfir alla reitina á Fljótsdalsheiði annars vegar (2. mynd) og sem mest af grónu landi á samanburðarsvæðunum hins vegar (3. mynd) og þar með endurspegla gróðurfur svæðanna sem best.

Reitum á Fljótsdalsheiði var skipt upp í þrjá klasa í samræmi við landfræðilega dreifingu þeirra. Gögn voru sótt fyrir 10,25 x 10,25 km svæði fyrir reitina vestast á rannsóknarsvæðinu, 6,25 x 6,25 km svæði fyrir reitina fyrir miðju svæði og 4,25 x 6,25 km svæði fyrir reitina nyrst á rannsóknarsvæðinu (2. mynd). Reynt var að afmarka eins lítið svæði fyrir hvern reitaklasa og hægt var til að fá gögn sem væru eins lýsandi fyrir reitina og hægt var og því voru svæðin misstór.

Samanburðarsvæðin voru mun dreifðari en svæðin á Fljótsdalsheiðinni. Gögn voru sótt fyrir 2,25 x 2,25 km svæði fyrir nyrsta svæðið (Heljardal), 4,25 x 0,25 km svæði fyrir syðsta svæðið (Fagradal) og annars vegar 2,25 x 2,25 km svæði (Framland) og hins vegar 2,25 x 0,25 km svæði (Bæjarlönd) fyrir þriðja samanburðarsvæðið (3. mynd). Samanburðarsvæðin voru misstór og ólík í laginu þar sem landslagið var mismunandi milli svæða og reynt var að ná eingöngu í gróðurstuðulsgögn fyrir vel gróin svæði, líkt og raunin er á Fljótsdalsheiði. Hnit allra svæða sem NDVI gögn voru sótt fyrir má sjá í viðauka 1.



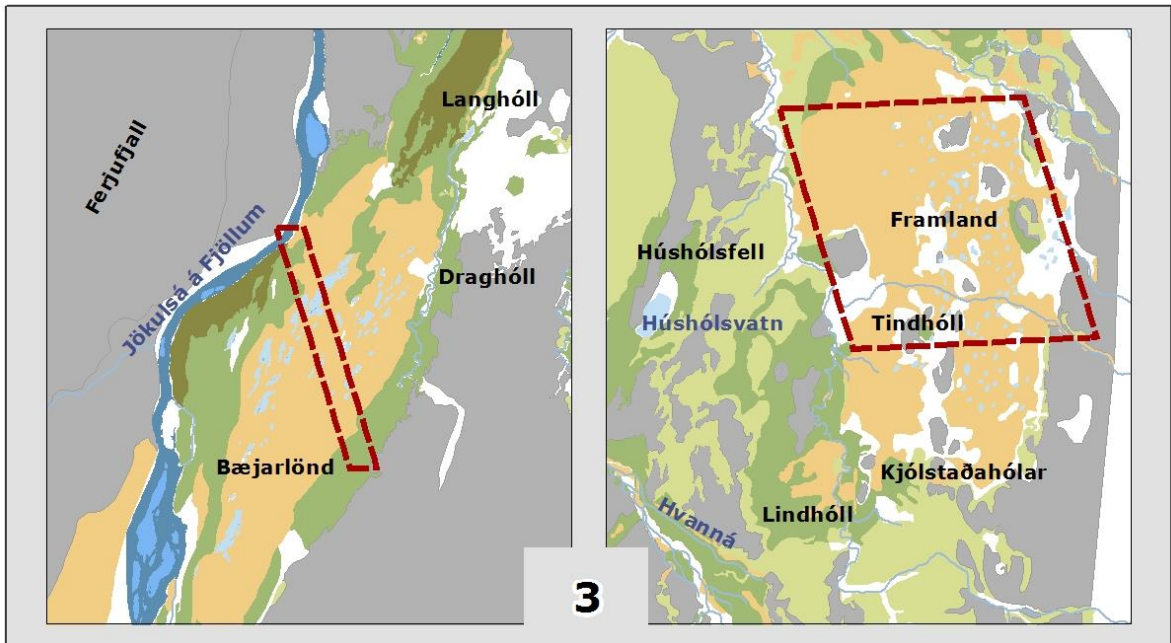
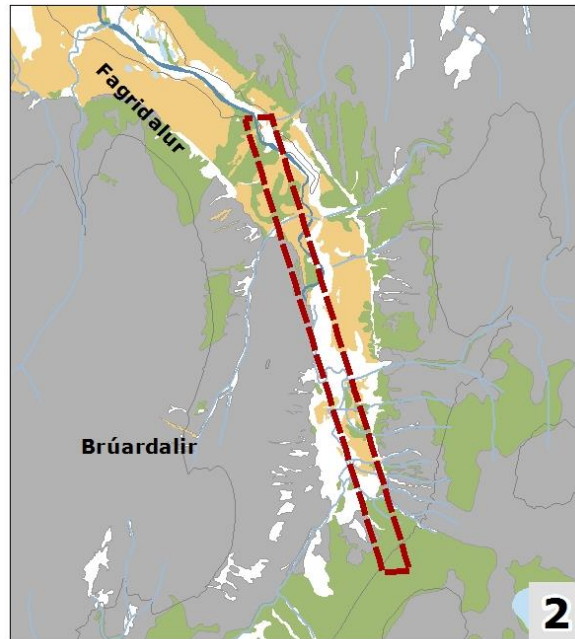
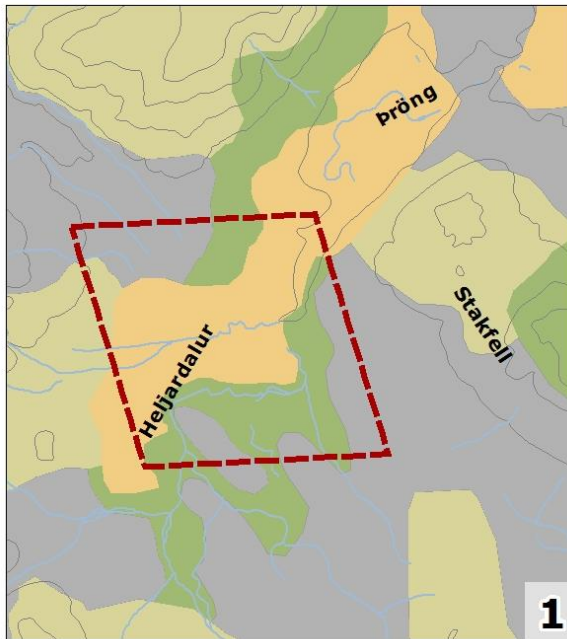
2017, Elín Guðmundsdóttir.
 Byggt á:
 ISS0v frá Landmælingum Íslands (2013, 2015).
 Gróðurgreining 1:25.000; Náttúrufræðistofnun Íslands (2014)

- Stöðvar
- NDVI reitir
- Vegir
- Ferðaleið 2016
- 100 m hæðarlínur

- Gróðurþekja ekki metin
- Gróðurþekja 0 - 10%
- Gróðurþekja að meðaltali 25%
- Gróðurþekja að meðaltali 50%
- Gróðurþekja að meðaltali 75%
- Gróðurþekja 91 - 100%



2. mynd. Rannsóknarsvæðið á Fljótsdalsheiði og svæði þar sem NDVI gögn voru sótt. Kortið sýnir einnig þekju gróðurs og staðsetningu gróðurreita. /Areas in Fljótsdalsheiði for which NDVI-data were explored (in red). The map also shows vegetation cover and the location of study sites.



2017, Elín Guðmundsdóttir.

Vektorgögn:

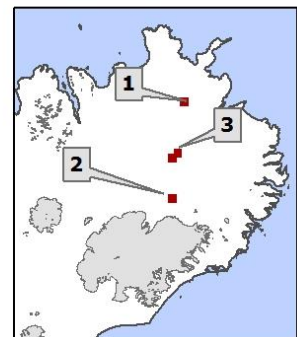
ISS0v frá Landmælingum Íslands (2013, 2015) og CORINE, Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson (2009*).

Gróðurgreining 1:25.000: Náttúrufræðistofnun Íslands (2014**).

* kort 1 ** kort 2 og 3

- | | | |
|------------------|---------------------|----------------------|
| NDVI reitir | Mólendi | Hálfgróið land |
| 100 m hæðarlínur | Moslendi | Lítt eða ógróið land |
| | Graslendi | Ógreint svæði |
| | Kjarr- og skóglendi | Vatn |
| | Votlendi | |

0 1 2 3 Km



3. mynd. Afmörkun svæða sem NDVI gögn voru sótt fyrir til samanburðar við svæðin á Fljótsdalsheiði. Kortið sýnir einnig gróðurlendi svæðanna. /Comparison areas outside of Fljótsdalsheiði for which NDVI-data were explored (in red). Vegetation types are also shown (from top left in legends: Heathland, mossland, grassland, shrubland/forest, wetland, half-vegetated land, land with little or no vegetation, uncategorized land, water).

Úrvinnsla

Við úrvinnslu gagna úr vettvangsvinnu var kannað hvort hægt væri að greina breytingar á gróðurþekju, fjölda tegunda og tegundasamsetningu milli athugunarára. Fyrir samanburð var reitunum skipt niður í fimm gróðurlendi; lítið gróið graslendi, hálfgróið mólendi, gróið mólendi, vel gróið mólendi og vel gróið votlendi (mýrar, flóar og deiglendi). Þá voru ýmsar heimildir um beit og hagagöngu hreindýra einnig notaðar til þess að athuga hvort hægt væri að sjá samband á milli gróðurbreytinga á Fljótsdalsheiði á síðustu árum og hagagöngu hreindýra.

Þekja og tegundafjöldi

Til að meta breytingar á þekju frá 2008 til 2016 var miðgildi þekjukvarðans í hverjum smáreit notað til að reikna meðalþekju hvarrar tegundar í hverjum reit. Hver mælieining náði því yfir alla smáreiti í hverjum reit (alls 10 smáreitir, hver 0,25 m² að stærð). Fyrir hvern reit var lögð saman þekja allra tegunda í hverjum tegundahóp, þ.e. blómjurta, grasa, lyngs og smárunna, byrkninga (elftingar, jafnar og tungljurtir) og hálfgrasa (starir, sef, fífur og hærur). Einnig var heildarfjöldi háplöntutegunda og heildargróðurþekja hvers reits reiknuð. Heildargróðurþekja var reiknuð þannig að meðalþekja alls lifandi gróðurs í hverjum reit var lögð saman. Heildarþekjan getur með þessari aðferð verið meiri en 100% þar sem gróður er gjarnan lagskiptur.

Samanburður meðaltala á milli ára var gerður með þöruðu *t*-prófi. Skoðaður var heildarfjöldi tegunda, heildargróðurþekja reita og samanlögð meðalþekja í einstökum tegundahópum. Þá var einnig skoðuð þekja sinu, skíts og jarðvegsskánar, samanlögð mosa- og fléttuþekja auk meðalþekju þriggja algengra fléttutegundahópa. Þar að auki var skoðuð meðalþekja þeirra háplöntutegunda sem voru með meira en 2% meðalþekju í meira en 2 reitum, a.m.k. annað árið, eða fundust bæði árin í meira en helmingi reitanna. Til þess að athuga hvort gögnin sem unnið var með uppfylltu skilyrði normaldreifingar var notast við Shapiro-Wilk próf auk þess sem dreifing gilda í hverju gagnasetti var skoðuð með lýsandi tölfræði. Gögnum var umbreytt með kvaðratrót eða logra eftir þörfum. Wilcoxon rank próf var notað í þeim tilfellum sem gögnin uppfylltu ekki skilyrði um normaldreifingu þrátt fyrir umbreytingu. Niðurstöður *t*-prófa voru táknaðar með bókstafnum *t* og niðurstöður Wilcoxon rank prófa voru táknaðar með bókstafnum *V*. Í öllum tölfræðiprófum var miðað við 95% marktæknimörk ($p=0,05$).

Tegundasamsetning og áhrif umhverfisbreyta

Hnitunargreiningu var beitt til að meta breytingar á tegundasamsetningu reita milli ára og breytileika í tegundasamsetningu milli reita. Jafnframt var reynt að meta möguleg áhrif nokkurra umhverfisbreyta á tegundasamsetninguna. Fyrst var ólínulegri hnitunargreiningu (e. Detrended correspondence analysis (DCA)) (Lepš & Šmilauer, 2006) beitt til að meta hvaða hnitunargreiningaraðferð hentaði breytileika gagnanna. DCA greiningu var beitt á meðalþekju 24 háplöntutegunda í öllum reitum. Við val á tegundum fyrir fjölbreytugreiningu var stuðst við þekju og algengi tegunda. Tegundir sem fundust í 9 eða fleiri reitum voru valdar nema þær sem höfðu minna en 0,15% meðalþekju í öllum reitum bæði árin.

Eftir DCA greininguna var línulegri hnitunargreiningu (e. principal component analysis (PCA)) (Lepš & Šmilauer, 2006) beitt á sömu tegundagögn til þess að meta breytingar á tegundasamsetningu milli reita og ára og kanna möguleg áhrif umhverfisbreyta á tegundasamsetninguna. Fylgni nokkurra umhverfisbreyta við ása PCA hnitunarinnar var könnuð: Gróðurhæð, jarðvegisdýpt, þekja ógróins yfirborðs, grjóts og skíts, fjöldi háplöntutegunda,

heildargróðurþekja, ár vettvangsathugana og samanlögð þekja nokkurra tegundahópa (lyngs og smárunna, blómjurta, byrkninga, grasa, hálfgrasa, flétta, mosa og jarðvegsskánar). Við framsetningu PCA hnitunarinnar voru til einföldunar bara sýndar 16 algengustu tegundirnar. Fyrir fjölbreytugreiningar var gögnum umbreytt með kvaðratrót.

Tölfræðiúrvinnsla var unnin í R, útgáfu 3.2.2 (R Core Team, 2015) og viðbótarpakkinn *Vegan* (Oksanen o.fl., 2015) var notaður við fjölbreytugreiningar.

Gróðurstuðull

Við úrvinnslu gagna var kannað hvort munur væri á gróðurstuðli milli ára frá því áður en framkvæmdir hófust við Kárahjúka og fram til ársins 2016. Einnig var kannað hvort munur væri á gróðurstuðli milli svæða á Fljótsdalsheiði sem nýtt hafa verið af hreindýrum til beitar og ónýtttra samanburðarsvæða. Reiknuð voru meðalgildi gróðurstuðuls fyrir hvert hásumar með því að taka meðaltalið af 16 daga hágildum fyrir júlí og ágúst ár hvert (samaltals fjögur gildi).

Munur á gildum gróðurstuðuls á Fljótsdalsheiði og á samanburðarsvæðum milli ára var kannaður með einþátta fervikagreiningu. Munur á gildum gróðurstuðuls milli svæða á Fljótsdalsheiði annars vegar og á samanburðarsvæðum hins vegar var kannaður með þöruðu t -prófi. Í einu tilviki (seinni hluta ágúst 2012) var útlagi fjarlægður úr gögnum fyrir samanburðarsvæði nr. 3 (Framland/ Bæjarlönd).

Niðurstöður einþátta fervikagreiningar voru táknaðar með bókstafnum F og niðurstöður paraðs t -prófs voru táknaðar með bókstafnum t . Í öllum tölfræðiþrófum var miðað við 95% marktæknimörk ($p=0,05$) og tölfræðiúrvinnsla var unnin í R, útgáfu 3.2.2 (R Core Team, 2015).

Niðurstöður

Ásýnd svæðis

Fljótsdalsheiði er víðáttumikil og vel gróin heiði. Þar eru flóar og mýrar áberandi (4. mynd) en einnig eru mólendi víða. Gróður er víða samfelldur á svæðinu (5. mynd) og voru flestir reitirnir staðsettir í grónu eða vel grónu landi (2. tafla).

Gróðurhæð, jarðvegisdýpt, tegundafjöldi og heildarþekja í reitum

Rannsóknarreitirnir voru staðsettir í mismunandi gróðurlendum sem gert var grein fyrir í fyrri áfangaskýrslu þessa verkefnis (Gerður Guðmundsdóttir, 2009), flestir í mólendi, allnokkrir í votlendi og einn í graslendi (2. tafla).



4. mynd. Starfsfólk undirbýr vettvangsvinnu í vel grónum flóa. Í bakgrunni sést Vatnajökull, Snæfell og Þrælaháls og í forgrunni sjást allir leiðangursmenn fyrir utan myndatökumanninn, Skarphéðinn G. Þórisson. /Field staff prepares field work in a well vegetated wetland.



5. mynd. Leiðangursmenn ganga milli rannsóknarreita. Mynd: Guðrún Óskarsdóttir. /Field staff walks between study sites.

2. tafla. Gerð gróðurlendis í reitum 1-30 á Fljótsdalsheiði, meðalgildi jarðvegsdýptar- og gróðurhæðarmælinga fyrir hvern reit, heildarfjöldi háplöntutegunda og heildargróðurþekja í hverjum reit árið 2016. /Vegetation types and cover, average soil depth, average vegetation height, total number of vascular plant species and overall vegetation cover of study sites 1-30 in 2016.

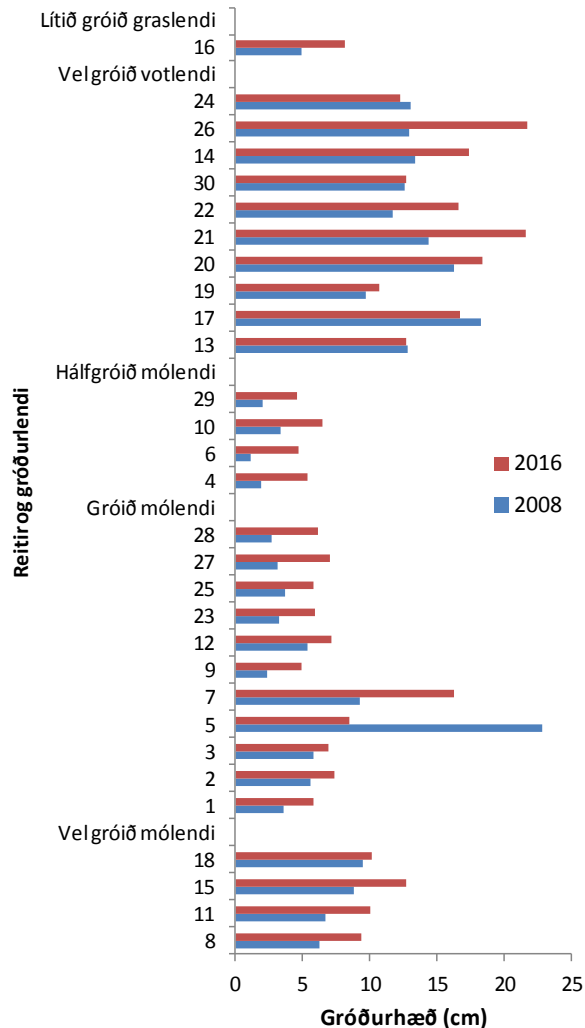
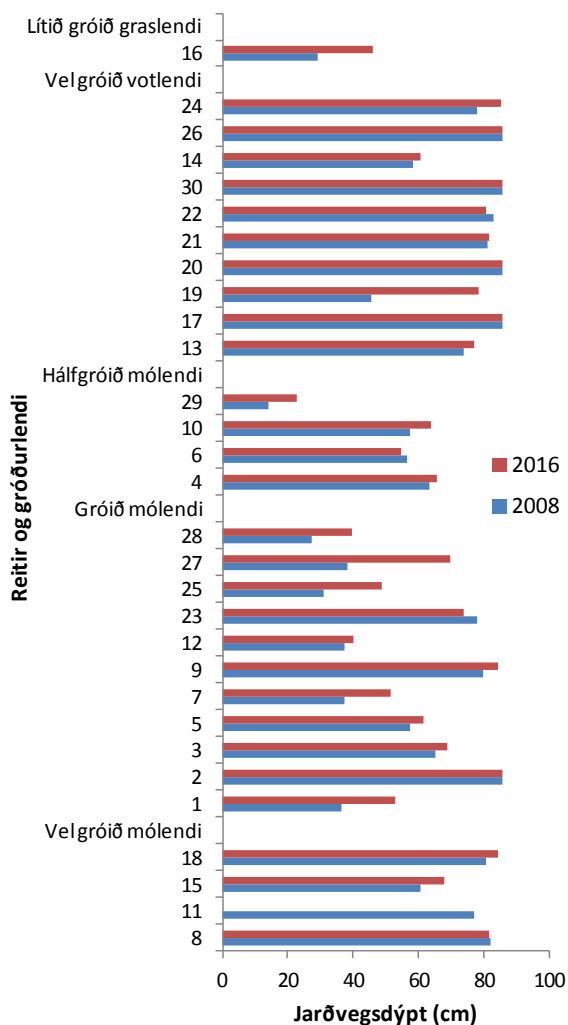
Reitur	Gróðurlendi/-þekja	Jarðvegsdýpt (cm)	Meðalhæð gróðurs (cm)	Fjöldi háplöntutegunda	Heildargróðurþekja (%)
1	Gróið mólendi	53	5,8	18	111
2	Gróið mólendi	>86	7,4	15	114
3	Gróið mólendi	69	7,0	31	104
4	Hálfgróið rofið mólendi	66	5,4	20	71
5	Gróið mólendi	61	8,5	17	109
6	Að mestu gróið, þurrt mólendi	55	4,7	20	65
7	Gróið mólendi	52	16,3	29	98
8	Vel gróið mólendi	82	9,4	14	136
9	Gróið þurrt mólendi	84	5,0	21	86
10	Hálfgróið mólendi	64	6,5	20	56
11	Vel gróið mólendi	**	10,1	14	128
12	Gróið mólendi	40	7,2	15	122
13	Vel gróin mýri	77	12,8	15	106
14	Vel gróinn flói	61	17,4	10	124
15	Vel gróið mólendi	68	12,7	23	117
16	Lítið gróið graslendi	46*	8,2	23	26
17	Vel gróin mýri	>86	16,7	11	149
18	Vel gróið mólendi	84	10,2	16	110
19	Nokkuð vel gróin mýri	79	10,7	21	111
20	Vel gróin mýri	>86	18,4	10	125
21	Vel gróin mýri	82	21,7	14	108
22	Vel gróin mýri	81	16,6	12	113
23	Gróið mólendi	74	5,9	18	113
24	Vel gróið deiglendi	85	12,3	28	112
25	Gróið mólendi	49	5,8	13	122
26	Vel gróinn flói	8	21,7	6	114
27	Gróið mólendi	70	7,0	18	106
28	Gróið mólendi	40	6,2	21	95
29	Rofið mólendi	23*	4,6	19	76
30	Vel gróin mýri	>86	12,7	21	128

* Jarðvegsdýpt mældist aldrei meiri en hámarksdýpt mælistangar (>86 cm).

** Jarðvegsdýptarmælingar ekki gerðar.

Jarðvegur mældist að meðaltali dýpri árið 2016 en árið 2008 (6. mynd). Marktækni þessa munar var ekki prófuð þar sem mælitæki voru ekki fullkomlega sambærileg. Bæði árin mældist meðaljarðvegsdýpt mest í votlendi og minnst í graslendi. Jarðvegsdýpt mældist meiri en lengd mælistangarinnar í a.m.k. einum smáreit í öllum reitum nema tveimur árið 2016 (2. tafla) en í öllum reitum nema fjórum árið 2008.

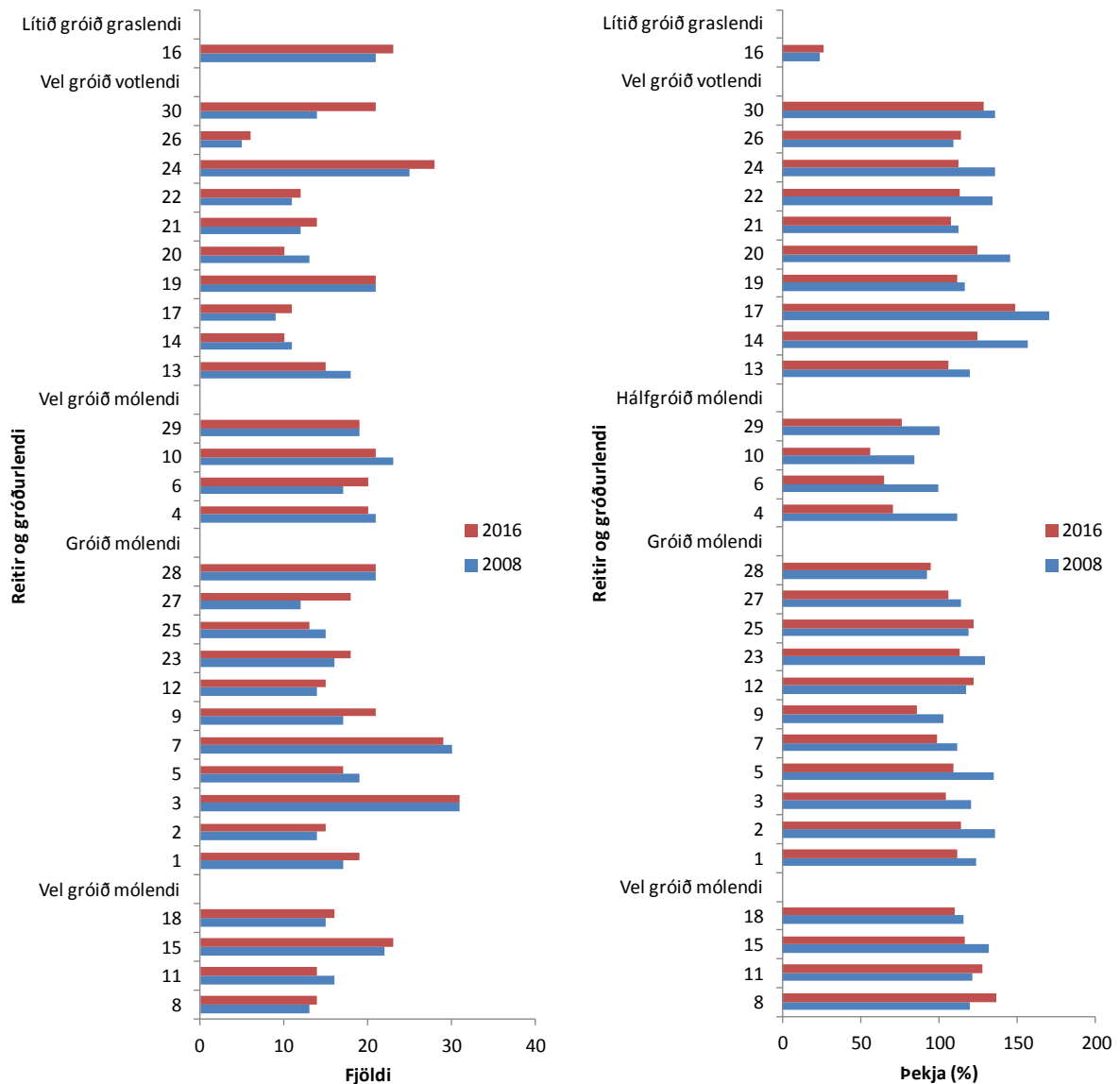
Gróðurhæð fór sjaldan yfir 10 cm í mólendi og graslendi (2. tafla). Gróður í votlendi var hins vegar talsvert hærra og var að meðaltali í kringum 15 cm. Meðalgróðurhæð mældist í langflestum tilvikum hærra árið 2016 en árið 2008 (6. mynd). Óvíst er hvort aðferðir hafi verið alveg fullkomlega sambærilegar milli ára og því verður að fara varlega í þann samanburð sem var þess vegna ekki kannaður með marktækniþrófi. Meðalgróðurhæð árið 2008 var þó einnig hæst í votlendisreitunum og lægst í hálfgrónu mólendi, líkt og árið 2016.



6. mynd. Meðaljarðvegsdýpt (t.v.) og meðalgróðurhæð (t.h.) árin 2008 og 2016, skipt eftir gróðurlendum. Jarðvegsdýptargögn fyrir reit 11 vantar fyrir 2016. /Average soil depth (left) and average vegetation height (right) in 2008 and 2016. Study sites are divided into groups by vegetation type (from top: poorly vegetated grassland, well vegetated wetland, half-vegetated heathland, heathland and well vegetated heathland).

Fjöldi háplöntutegunda var að meðaltali örlítið meiri í flestum gróðurlendum árið 2016 en árið 2008. Sá munur var þó ekki marktækur ($t=-1,76$; $p=0,09$). Bæði árin fundust að meðaltali fæstar tegundir í votlendisreitum en flestar í graslendisreitnum (7. mynd).

Heildargróðurþekja, eða samanlögð þekja alls lifandi gróðurs allra gróðurlenda, var marktækt minni árið 2016 en árið 2008 ($V=422$; $p<0,01$). Sé litið til einstakra gróðurlenda var heildargróðurþekja mjög svipuð árin 2016 og 2008 í vel grónu mólendi og lítið grónu graslendi en minnkaði talsvert milli ára í hinum gróðurlendum, sérstaklega í hálfgrónu mólendi (7. mynd). Vegna lagskiptingar gróðurs getur heildargróðurþekja verið meiri en 100% en ef eingöngu er horft á þekju ógróins yfirborðs var ekki marktækur munur milli ára ($V=16$; $p=0,48$).



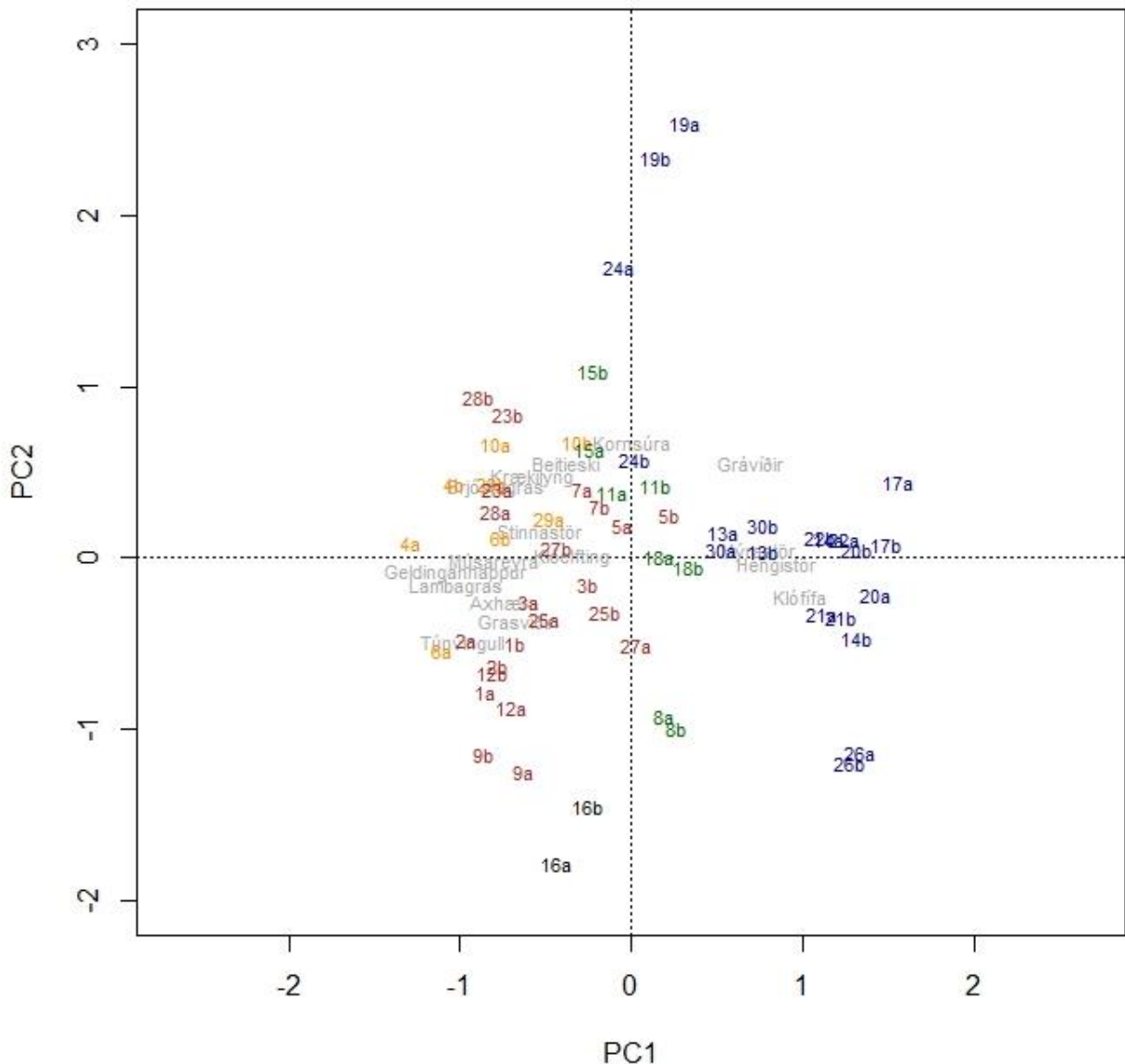
7. mynd. Fjöldi háplöntutegunda (t.v.) og heildargróðurþekja (t.h.) árin 2008 og 2016, skipt eftir gróðurlendum. /Total number of vascular plant species (left) and overall vegetation cover (right) in 2008 and 2016. Study sites are divided into groups by vegetation type.

Gróðurfar og tegundasamsetning

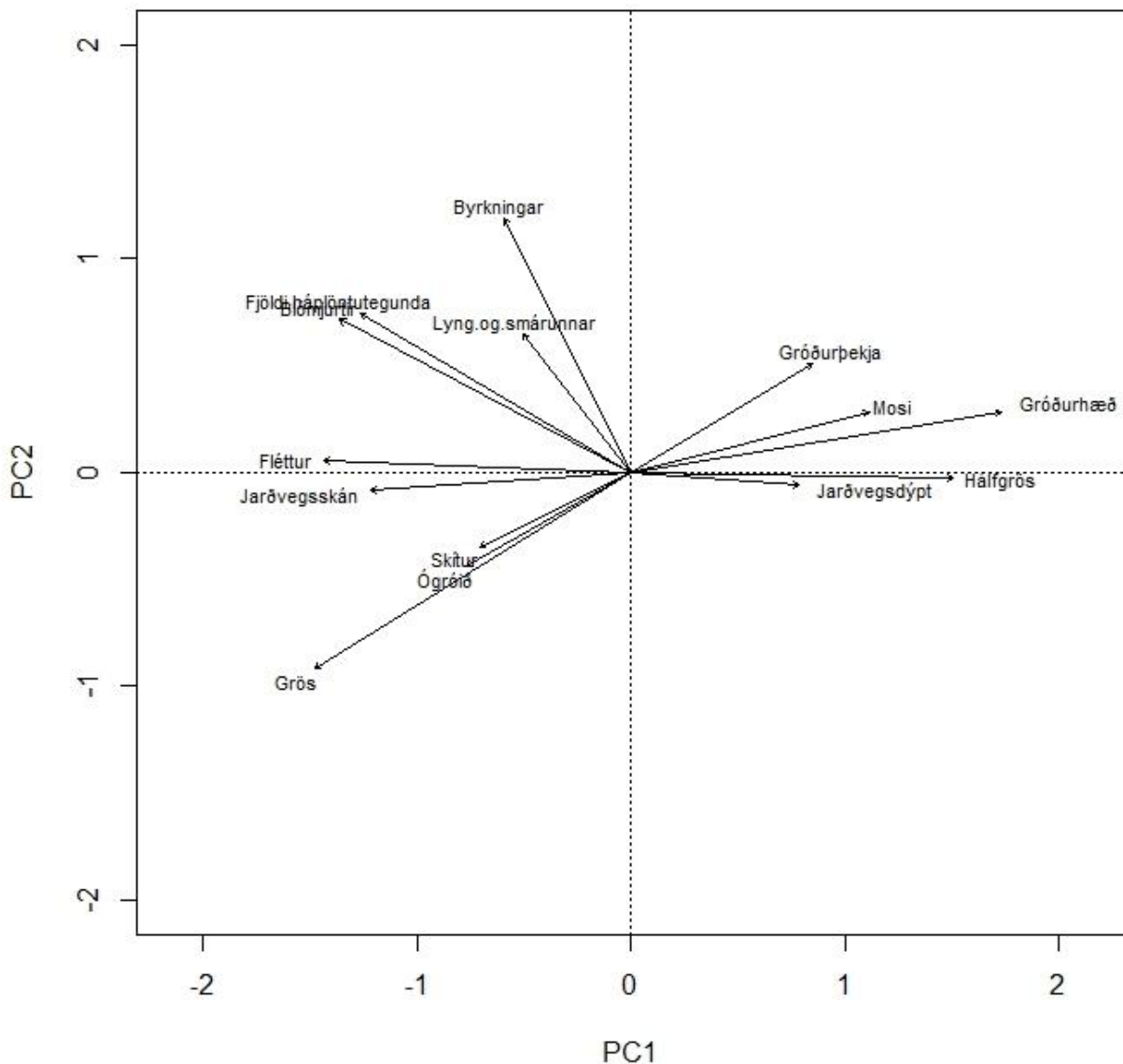
Breytileiki í tegundasamsetningu og áhrif umhverfisbreyta

DCA hnitunargreining á þekju 24 háplöntutegunda benti til þess að PCA hnitunargreining hentaði breytileika gagnasafnsins. PCA greiningin sýndi mismun í tegundasamsetningu milli reita í mismunandi gróðurlendum. Til viðmiðunar má sjá hvernig 16 algengustu tegundirnar í hnitunargreiningunni röðuðust upp í hnitakerfinu á 8. mynd og umhverfisbreyturnar sem kannaðar voru má sjá á 9. mynd, í sama hnitakerfi. Fyrsti ás hnitakerfisins (PC1) útskýrði 27% af breytileika gagnanna og annar ás (PC2) rúmlega 10%. Talsverðan breytileika í gögnunum má því rekja til annarra þátta en þeirra sem koma fram á 8. mynd en hnitunargreiningin veitir engu að síður yfirsýn yfir mismunandi tegundasamsetningu reita.

PCA greiningin sýndi í flestum tilvikum lítinn mun á tegundasamsetningu reita milli ára (8. mynd) enda fannst ekki fylgni milli ára PCA hnitakerfisins og breytunnar ár vettvangsathugana ($p=0,90$). Nokkrar undantekningar fundust þó, t.d. færðist reitur 24 niður um rúmlega eina staðalfrávikseiningu milli ára sem má líklegast rekja til þess að meðalþekja mýrelftingar þar fór úr 13,3% árið 2008 niður í 2,9% árið 2016. Óvíst er hvað olli þessari breytingu en ef umhverfisbreyturnar sem kannaðar voru eru skoðaðar (9. mynd) má sjá að þekja byrkninga hefur jákvæða fylgni við annan ás hnitakerfisins (PC2) og minni þekja mýrelftingar stuðlar því líklega að færslu reits niður á sinn.



8. mynd. Niðurstöður PCA hnitunargreiningar á þekju 24 háplöntutegunda í öllum reitum. Reitir eru táknaðir með tölustaf og ártöl táknuð með bókstaf (a fyrir 2008 og b fyrir 2016). Reitirnir eru mismunandi á litinn eftir því í hvaða gróðurlendi þeir eru (grænt=vel gróið mólendi, rauðbrúnt=gróið mólendi, appelsínugult=hálfgróið mólendi, svart=lítið gróið graslendi og blátt=votlendi). Eigingildi: $PC1=6,51$; $PC2=2,47$. Umhverfisbreytur í sama hnitakerfi eru sýndar á 9. mynd. /Results of PCA ordination on the cover of 24 vascular plant species. Study sites are represented by their number and the letter a for the year 2008 or b for 2016. The different vegetation types at the study sites are represented by different colours (green, brown and orange=heathland (well->half vegetated), black=poorly vegetated grassland, blue=well vegetated wetland). Eigenvalues: $PC1=6,51$; $PC2=2,47$.



9. mynd. Niðurstöður PCA hnitunargreiningar á þekju 24 háplönttegunda í öllum reitum sem sýna hvar umhverfisbreyturnar sem höfðu fylgni við ása PCA hnitunargreiningarinnar ($p < 0,05$) röðuðust í PCA hnitakerfinu. Örvarnar sýna hlutfallslega fylgni milli ása og umhverfisbreyta. /Results of PCA ordination on the cover of 24 vascular plant species showing the environmental variables with significant correlation ($p < 0.05$) with the ordination axes (clockwise from top (byrkningar): ferns, vegetation cover, moss, vegetation height, sedges, soil depth, grasses, unvegetated, droppings, biological soil crust, lichen, forbs, species richness, heather and dwarf shrubs).

Í graslendisreitnum (nr. 16) voru fjallasveifgras, lambgras, túnvingull og túnsúra mest áberandi. Gróður í reitnum var þó almennt rýr og engin þessara tegunda náði 5% meðalþekju, hvorki árið 2008 né árið 2016. Graslendisreitinn raðaðist bæði árin neðarlega til vinstri í PCA hnitakerfinu (8. mynd) og tegundasamsetning hans bendir til þess að umhverfisbreyturnar fyrir þekju grasa og ógróins yfirborðs hafi haft áhrif á staðsetningu hans þar í hnitakerfinu (9. mynd).

Reitirnir sem staðsettir eru í hálfgrónu mólendi (nr. 4, 6, 10 og 29) röðuðust töluvert ofar en graslendisreiturnir en voru þó allir einnig vinstra megin í PCA hnitakerfinu (8. mynd). Þar voru tegundir eins og kornsúra, krækilyng, stinnastör og beitieski áberandi og þær tegundir

röðuðust allar einmitt í efri vinstri hluta hnitakerfisins. Í hálfgrónu mólendi var þekja flétta mjög áberandi og þekja jarðvegsskánar og blómjurta venjulega meiri en í flestum öðrum gróðurlendum sem bendir til þess að þær umhverfisbreytur hafi haft áhrif á staðsetningu þeirra reita í hnitakerfinu.

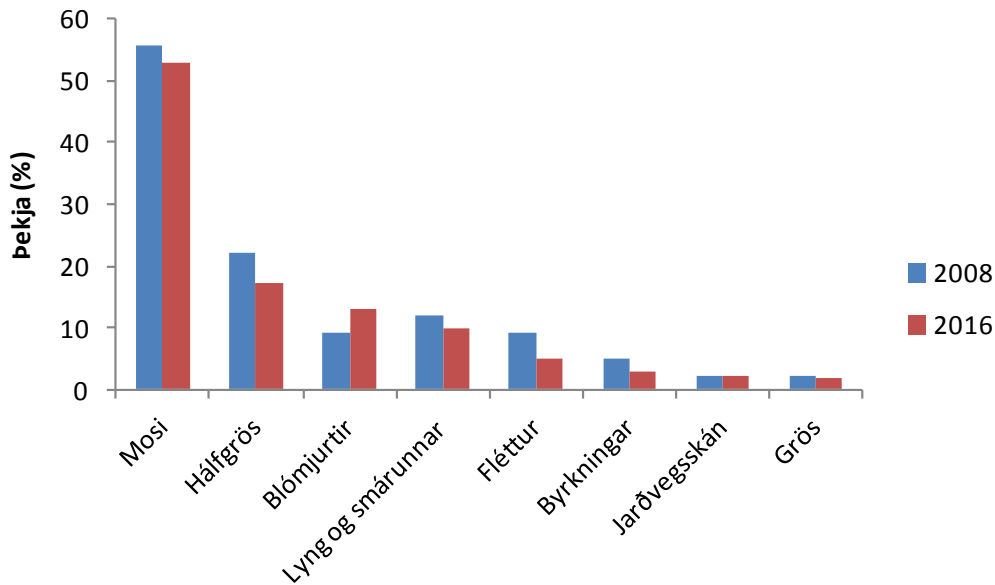
Ellefu reitir voru staðsettir í grónu mólendi (nr. 1, 2, 3, 5, 7, 9, 12, 23, 25, 27 og 28) og nokkur breytileiki var í tegundasamsetningu sumra þeirra. Í grónu mólendi komu gjarnan fyrir tegundir úr ýmsum tegundahópum, þ.á.m. túnvingull (grös), stinnastör (hálfgrös), kornsúra (blómjurtir), grasvíðir (smárunnar) og beitieski (byrkningar). Talsverður breytileiki var í staðsetningu þeirra eftir öðrum ás hnitakerfisins (PC2) en þeir röðuðust þó flestir hægra megin við reiti í hálfgrónu mólendi og vinstra megin við reiti vel grónu mólendi (8. mynd). Það bendir til þess að gróðurþekja fari vaxandi til hægri í PCA hnitakerfinu (eftir PC1 ásnum) eins og sú umhverfisbreyta í hnitakerfinu á 9. mynd sýnir. Eftir því sem mólendið var betur gróið voru mosar og starir (hálfgrös) þær tegundir sem mest áberandi meira var af. Aukin þekja þessara tegundahópa átti sennilega stóran þátt í staðsetningu mólendisreitanna á fyrsta ás (x-ás) PCA hnitakerfisins (9. mynd). Nokkrir reitir í grónu mólendi færðust lítið eitt upp og til vinstri í hnitakerfinu milli ára (t.d. reitir 9, 27 og 28). Þekja blómjurta jókst mikið milli ára í nánast öllum reitum í grónu mólendi sem gæti að hluta til skýrt þessa færslu en ýmsir aðrir þættir, sem voru ólíkir milli reita, hafa einnig áhrif enda var átt færslunnar ekki sú sama í öllum tilvikum.

Reitirnir sem voru staðsettir í vel grónu mólendi (nr. 8, 11, 15 og 18) röðuðust allir frekar nálægt öðrum ás (y-ás) PCA hnitakerfisins en staðsetning þeirra var þó nokkuð breytileg eftir ásnum (8. mynd). Þar komu gjarnan fyrir sömu tegundir og í mólendisreitunum sem voru ekki eins vel grónir en í vel grónu mólendi var þekja mosa og stara áberandi meiri, þá helst þekja stinnastarar en einnig þekja mýrastarar í reit 8.

Tegundasamsetning votlendisreitanna (nr. 13, 14, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 26 og 30) var nokkuð frábrugðin tegundasamsetningu hinna gróðurlendanna. Grávíðir, mýrastör, hengistör og klófífa eru meðal þeirra tegunda sem voru hvað mest áberandi í votlendisreitunum enda röðuðust þessar tegundir nálægt flestum votlendisreitunum til hægri í PCA hnitakerfinu á 8. mynd. Meðalgróðurhæð var einnig áberandi mest í votlendisreitunum sem bendir til þess að sú umhverfisbreyta hafi haft áhrif á staðsetningu þeirra (9. mynd). Nokkur breytileiki var þó í tegundasamsetningu sumra votlendisreitanna. Í reitum 19 og 24 var mýrelfting nokkuð áberandi en hún fannst nánast ekki í öðrum votlendisreitum. Í reit 26 fundust aðeins fimm háplöntutegundir árið 2008 og sex tegundir árið 2016 sem er mun minni fjölbreytni en í flestum öðrum reitum enda bendir umhverfisbreytan fyrir fjölda tegunda á 9. mynd í gagnstæða átt frá staðsetningu reits 26 í hnitakerfinu á 8. mynd.

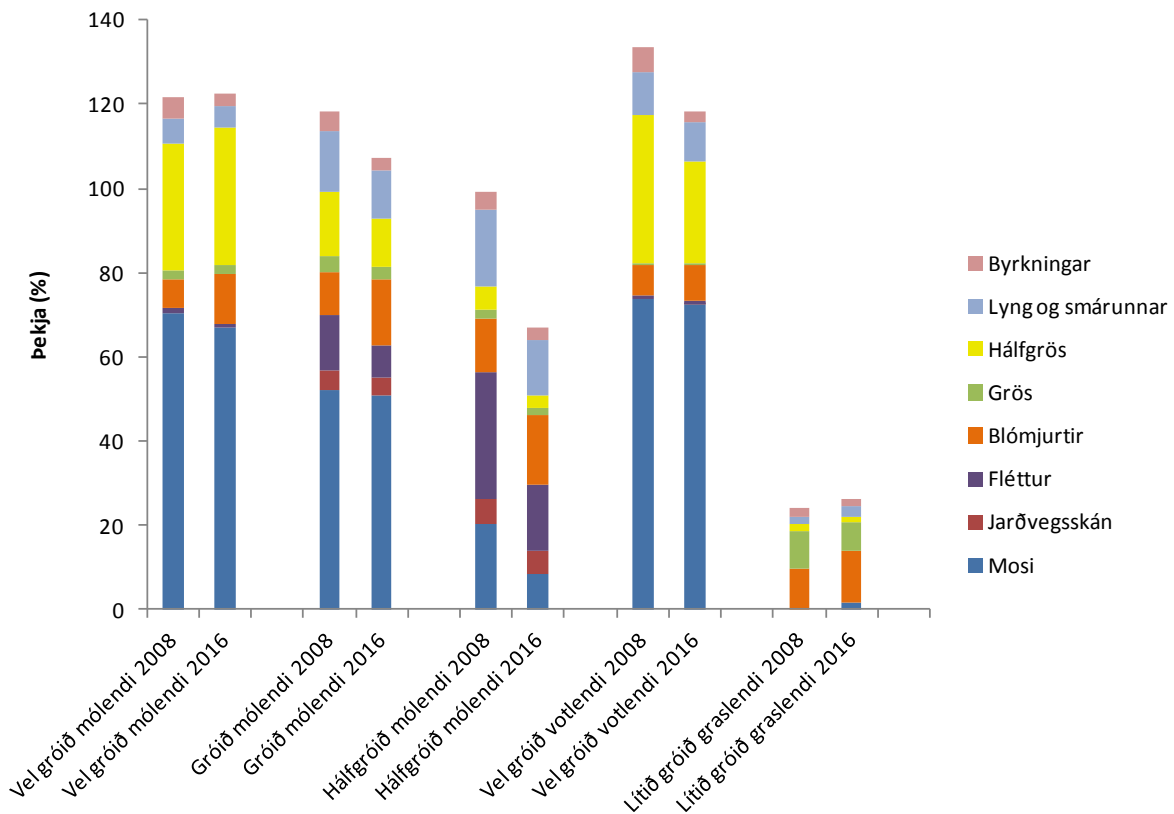
Breytingar á gróðursamsetningu og þekju einstakra tegundahópa milli ára

Eins og áður kom fram var heildargróðurþekja allra gróðurlenda samanlagt marktækt minni árið 2016 en hún var árið 2008. Það endurspeglast í marktækt minni þekju nokkurra tegundahópa milli ára (10. mynd); byrkninga ($t=4,60$; $p<0,01$), lyngs og smárunna ($t=3,11$; $p<0,01$), hálfgrasa ($t=3,31$; $p<0,01$) og flétta ($V=178$; $p=0,03$). Þekja blómjurta var hins vegar marktækt meiri árið 2016 en árið 2008 ($t=-5,43$; $p<0,01$). Breytingar á þekju annarra tegundahópa milli ára var ekki marktæk (grös: $t=1,18$; $p=0,25$; jarðvegsskán: $V=46$; $p=1$; mosi: $V=156$; $p=0,06$). Eins og áður kom fram var breyting í hlutfalli ógróins yfirborðs heldur ekki marktæk ($V=16$; $p=0,48$) og minni heildargróðurþekja árið 2016 en árið 2008 hefur því að öllum líkindum eingöngu komið fram í minni lagsskiptingu gróðurs.



10. mynd. Meðalþekja tegundahópa árin 2008 og 2016. /Average cover of each species group in 2008 and 2016 (from left: moss, sedges, forbs, heather and dwarf shrubs, lichen, ferns, biological soil crust, grasses).

Sé litið til meðalþekju allra tegundahópa í hverju gróðurlendi fyrir sig kemur í ljós að heildarþekja í votlendisreitum breyttist lítið á milli athugana, fyrir utan að nokkuð dró úr þekju allra helstu hálfgrasa og byrkninga (11. mynd). Í mólendisreitum var mest áberandi hvað þekja allra flétta minnkaði mikið milli ára. Nokkuð dró einnig úr þekju nokkurra annarra tegundahópa í mólendisreitunum en á hinn bóginn var áberandi hve mikið þekja margra blómjurtar jókst. Í hálfgrónu mólendi var gróska einnig áberandi minni árið 2016 en hún var árið 2008. Grasþekja minnkaði nokkuð í graslendisreitnum en á móti kom að þekja ýmissa blómjurtar þar jókst milli ára. Í öllum gróðurlendum minnkaði þekja flestra lyng- og smárunna-tegunda milli ára en lítinn mun var venjulega að sjá á þekju jarðvegsskánar, grasa og mosa fyrir utan að þekja mosa minnkaði talsvert í hálfgrónu mólendi en jókst svolítið í lítið grónu graslendi (11. mynd).



11. mynd. Meðalþekja tegundahópa í hverju gróðurlendi árin 2008 og 2016. Í vel grónu mólendi voru 4 reitir, í grónu mólendi 11, í hálfgrónu mólendi 4, í vel grónu votlendi 10 og í lítið grónu graslendi aðeins 1 reitur. /Average cover of each species group stacked together for all study sites in each vegetation type in 2008 and 2016. From left to right: well vegetated heathland (n=4), heathland (n=11), half-vegetated heathland (n=4), well vegetated wetland (n=10) and poorly vegetated grassland (n=1).

Breytingar á þekju einstakra tegunda, fléttuhópa, skíts og dauðra plantna milli ára

Breytingar á þekju algengra háplöntutegunda

Af þeim 74 háplöntutegundum sem hafa fundist innan reita á Fljótsdalsheiði voru 15 með meira en 2% meðalþekju í meira en tveimur reitum, a.m.k. annað árið (í þessum tölum eru ekki tekin með þau tilvik sem einungis var mögulegt að greina plöntur til ættkvíslar). Auk þeirra voru músareyra og axhæra hér taldar með algengum háplöntutegundum, þær eru frekar smágerðar tegundir og náðu nánast aldrei 2% meðalþekju en þar sem þær fundust í meira en helmingi reitanna bæði árin voru þær hafðar með hér. Þekja músareyra minnkaði mikið milli ára í öllum gróðurlendum nema lítið grónu graslendi (12. mynd a) og var munurinn marktækur ($V=96$; $p<0,01$). Lítil munur var hins vegar í þekju axhæru milli ára ($V=72$; $p=0,51$).

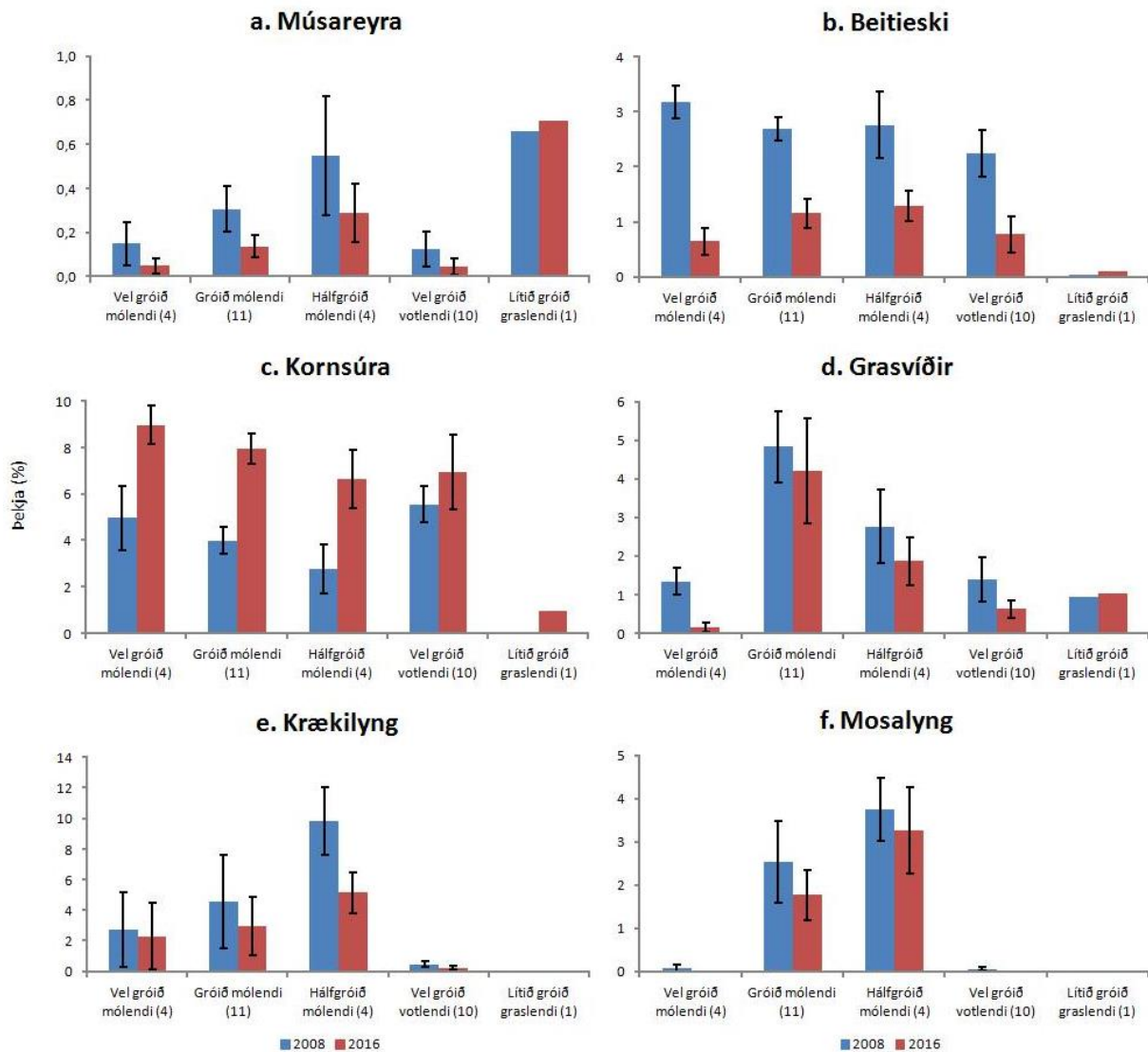
Af þessum algengu háplöntutegundum var ein grastegund, túnvingull. Hann hafði mesta þekju í graslendisreitnum, rúmlega 4% árið 2008, en þekja hans hafði síðan þá minnkað töluvert og var 2,6% árið 2016 en breyting á meðalþekju túnvinguls í öllum gróðurlendum milli ára var ekki marktæk ($V=150$; $p=0,73$). Þrjár starategundir voru meðal mest áberandi háplöntutegundanna; stinnastör, hengistör og mýrastör. Af þeim hafði stinnastör langmestu meðalþekjuna sem fór yfir 20% í vel grónu mólendi bæði árin og breyting á þekju milli ára var ekki mikil ($t=0,63$; $p=0,53$). Hinar voru hengistör og mýrastör, þær sáust helst í votlendisreitum

og höfðu þar í kringum 10% meðalþekju bæði árin og munur á meðalþekju milli ára var ekki marktækur (hengistör: $V=39$; $p=0,26$; mýrastör: $V=44$; $p=0,35$).

Klófífa og klóelfting höfðu meira en 2% meðalþekju í u.þ.b. þriðjungi reitanna bæði árin. Nánast allir þeir reitir þar sem klófífa fannst voru í votlendi en klóelfting dreifðist jafnar um gróðurlendin. Breytingar á meðalþekja klófífu og klóelftingar í öllum gróðurlendum milli ára voru ekki marktækar (klófífa: $V=54$; $p=0,26$; klóelfting: $t=0,49$; $p=0,63$). Beitieski fannst í öllum reitum bæði árin nema reit 26 sem er í flóa. Það hafði meira en 2% meðalþekju í 22 reitum árið 2008 en var mun minna áberandi árið 2016 (12. mynd b) og náði ekki 2% meðalþekju í nema 5 reitum og hafði þekjan minnkað marktækt milli ára ($V=378$; $p<0,01$).

Af algengustu blómjurtunum var mestan munur á milli ára að finna í þekju kornsúru sem hafði talsvert meiri þekju í flestum reitum árið 2016 en árið 2008 (12. mynd c). Meðalþekja hennar í öllum gróðurlendum jókst marktækt úr 4,4% árið 2008 upp í 7,4% árið 2016 ($t=-5,02$; $p<0,01$). Af öðrum algengum blómjurtum jókst meðalþekja brjóstagras og lambagras örlítið milli ára í grónum og vel grónum gróðurlendum en minnkaði í lítið grónum og hálfgrónum gróðurlendum. Munur á meðalþekju þessara tveggja blómjurta milli ára í öllum gróðurlendum var ekki marktækur (brjóstagras: $V=76$; $p=0,06$; lambagras: $V=87$; $p=0,20$). Eins var ekki marktækur munur á meðalþekju geldingahnapps milli ára sem minnkaði örlítið í vel grónum gróðurlendum en jókst svolítið í öðrum ($V=67$; $p=0,27$).

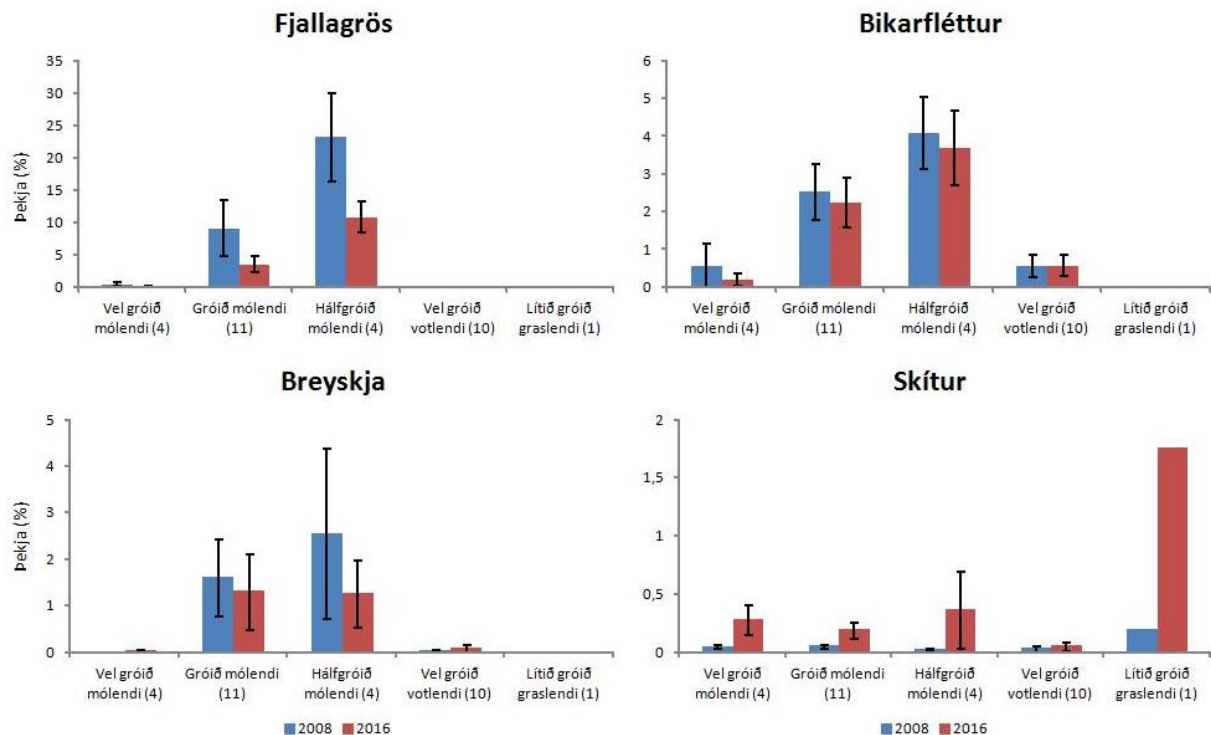
Tvær smárunnategundir voru mjög algengar á rannsóknarsvæðinu, grasvíðir fannst í 28 af 30 reitum bæði árin og grávíðir í 26 reitum. Grasvíðir hafði minni meðalþekju en grávíðir og náði 2% meðalþekju í 15 reitum árið 2008 en aðeins í sjö reitum árið 2016 (12. mynd d) og var breytingin milli ára marktæk ($V=324$; $p<0,01$). Minni breytingar var að sjá í þekju grávíðis milli ára sem hafði a.m.k. 2% meðalþekju í 21 reit árið 2008 og í 19 reitum árið 2016 og breyting milli ára var ekki marktæk ($t=-0,85$; $p=0,40$). Tvær lyngtegundir voru einnig algengar og höfðu meira en 2% þekju í u.þ.b. þriðjungi reitanna bæði árin, það voru krækilyng og mosalyng. Meðalþekja þeirra minnkaði þó talsvert milli ára (12. mynd e og f) og var marktækt minni árið 2016 en árið 2008 (krækilyng: $V=158$; $p<0,01$; mosalyng: $V=97$; $p=0,04$).



12. mynd. Meðalþekja þeirra algengu háplöntutegunda sem höfðu marktækt mismunandi þekju milli ára, sýnd í mismunandi gróðurlendum árin 2008 og 2016. Fjöldi reita í hverju gróðurlendi er gefinn upp innan sviga. Einnig er sýnd staðalskekkja meðaltalanna í öllum tilvikum nema þar sem aðeins er um einn reit að ræða. Kvarði á y-ás er mismunandi milli súlurita. /Average cover of a. *Cerastium alpinum*, b. *Equisetum variegatum*, c. *Bistorta vivipara*, d. *Salix herbacea*, e. *Empetrum nigrum* and f. *Harriminella hypnoides*, shown for each vegetation type (from left: well vegetated heathland, heathland, half-vegetated heathland, well vegetated wetland, poorly vegetated grassland).

Helstu fléttuhópar, skítur og dauðar plöntur

Samanlögð þekja fjallgrasa, mundagrasa og melakræðu (hér allt nefnt fjallagrös) var töluvert mikil í grónu og hálfgrónu mólendi árið 2008. Hún var mun minni í þessum gróðurlendum árið 2016 og hafði einnig minnkað í vel grónu mó- og votlendi milli ára en þekjan þar var þó alltaf mjög lítil (13. mynd). Meðalþekja fjallgrasa í öllum gróðurlendum minnkaði marktækt milli ára ($V=154$; $p=0,02$). Þekja bikarflétta og breyskju minnkaði örlítið á milli ára í grónu og hálfgrónu mólendi (13. mynd) en munurinn var ekki marktækur á milli ára í öllum gróðurlendum (bikarfléttur: $V=133$; $p=0,30$ og breyskja: $V=71$; $p=0,89$).



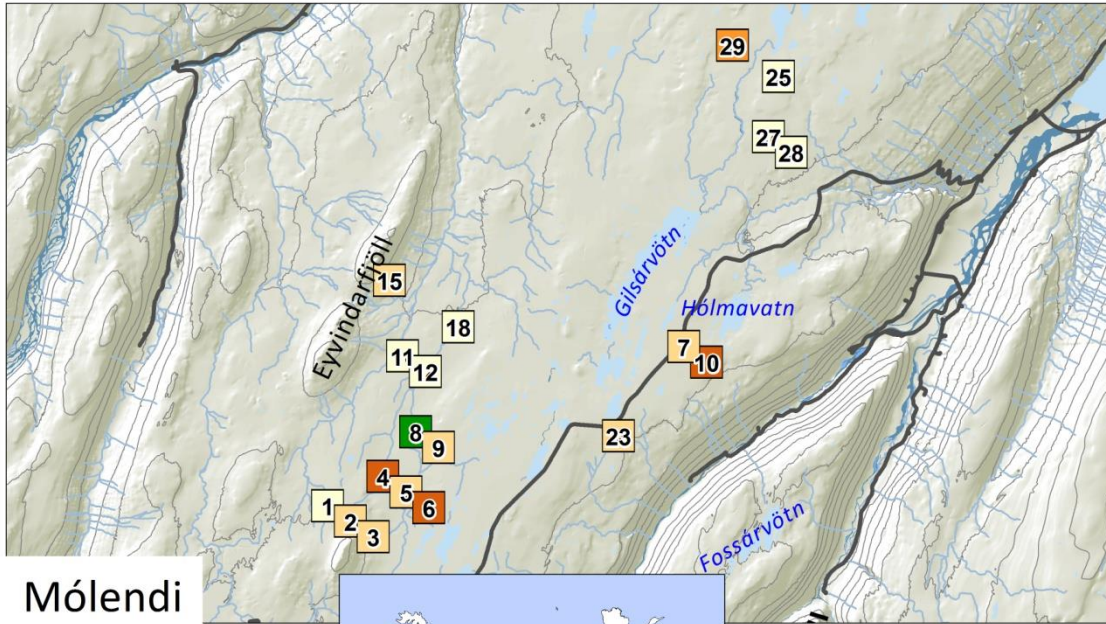
13. mynd. Meðalþekja nokkurra fléttuhópa og skíts í mismunandi gróðurlendum árin 2008 og 2016. Fjöldi reita í hverju gróðurlendi er gefinn upp innan sviga. Einnig er sýnd staðalskekka meðaltalanna í öllum tilvikum nema þar sem aðeins er um einn reit að ræða. Kvarði á y-ás er mismunandi milli súlurita. /Average cover of *Cetraria/Cetrariella* spp. (top left), *Cladonia* spp. (top right), *Stereocaulon* spp (bottom left) and droppings (bottom right), shown for each vegetation type.

Þekja skíts í reitum jókst töluvert og var munurinn milli ára marktækur ($V=21$; $p<0,01$). Um var að ræða gæsaskít, hreindýraskít og sauðfjárskít en mest áberandi var þekja sauðfjárskíts árið 2016 í eina reitnum sem staðsettur var í lítið grónu graslendi (13. mynd).

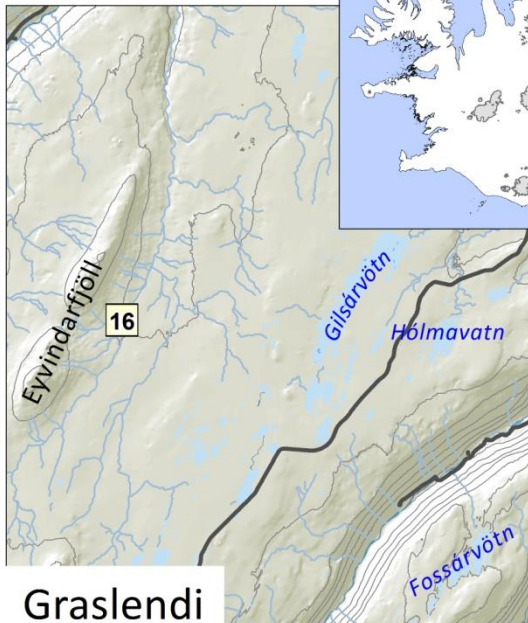
Árið 2008 var nokkuð um þurran, dauðan mosa í tveimur reitum (nr. 12 og 23) sem eru báðir í grónu mólendi. Árið 2016 fannst dauður mosi ekki innan smáreita en nokkuð var um dautt kræki- og mosalyng í nokkrum reitum, aðallega í hálfgrónu mólendi en munur á meðalþekju dauðra plantna í öllum gróðurlendum milli ára var ekki marktækur ($V=69$; $p=0,11$).

Breyting á heildarþekju gróðurs í ólíkum gróðurlendum

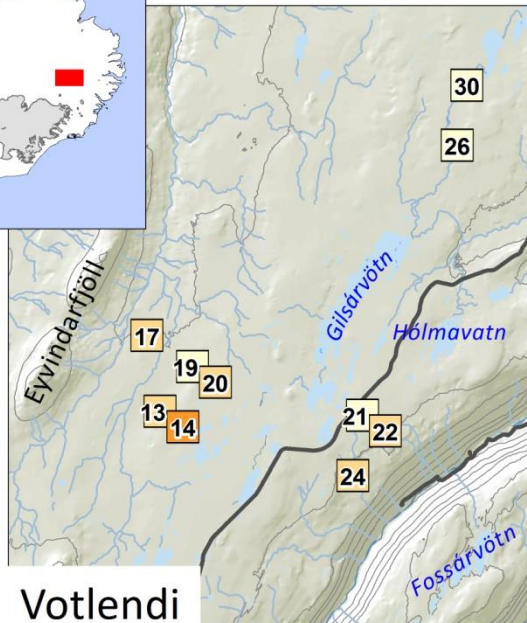
Ekki var greinilegt mynstur í minnkandi þekju gróðurs eftir staðsetningu reita á Fljótsdalsheiði (14. mynd) og breytilegt var eftir gróðurlendum hvar mestar breytingar á þekju voru. Ef lítið er til einstakra gróðurlenda urðu mestar breytingar á gróðurþekju í hálfgrónu mólendi (reitum nr. 4, 6, 10 og 29). Munaði þar mest um minni þekju flétta og mosa, en einnig minnkaði þekja lyngs og smárunna umtalsvert (15. mynd). Í öðrum gróðurlendum var ekki eins áberandi munur á heildargróðurþekju milli ára eins og í hálfgrónu mólendi (14. mynd).



Mólendi



Graslendi

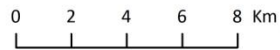


Votlendi

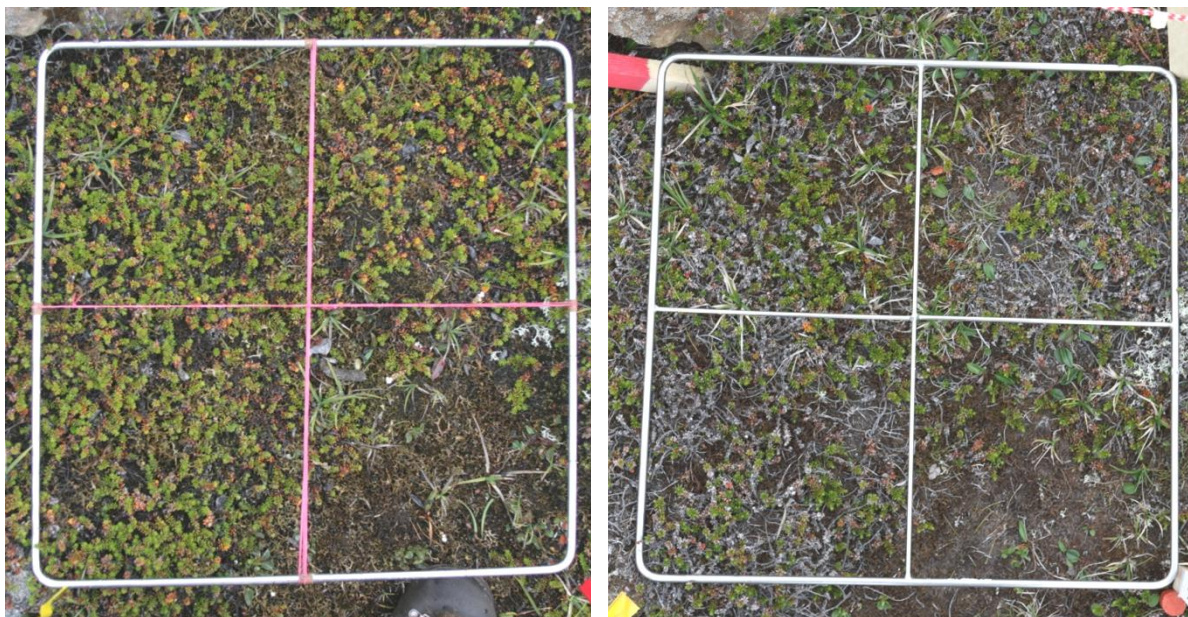


2017, Elín Guðmundsdóttir.
Byggt á ISSÓv frá Landmælingum Íslands (2013, 2015).

Hlutfallsleg breyting heildarþekju gróðurs



14. mynd. Breytingar á heildarþekju gróðurs (%) í hverjum reit milli árunna 2008 og 2016, skipt eftir gróðurlendum. /Changes in overall vegetation cover (%) at each site between 2008 and 2016 (mólendi: heathland, graslendi: grassland, votlendi: wetland).

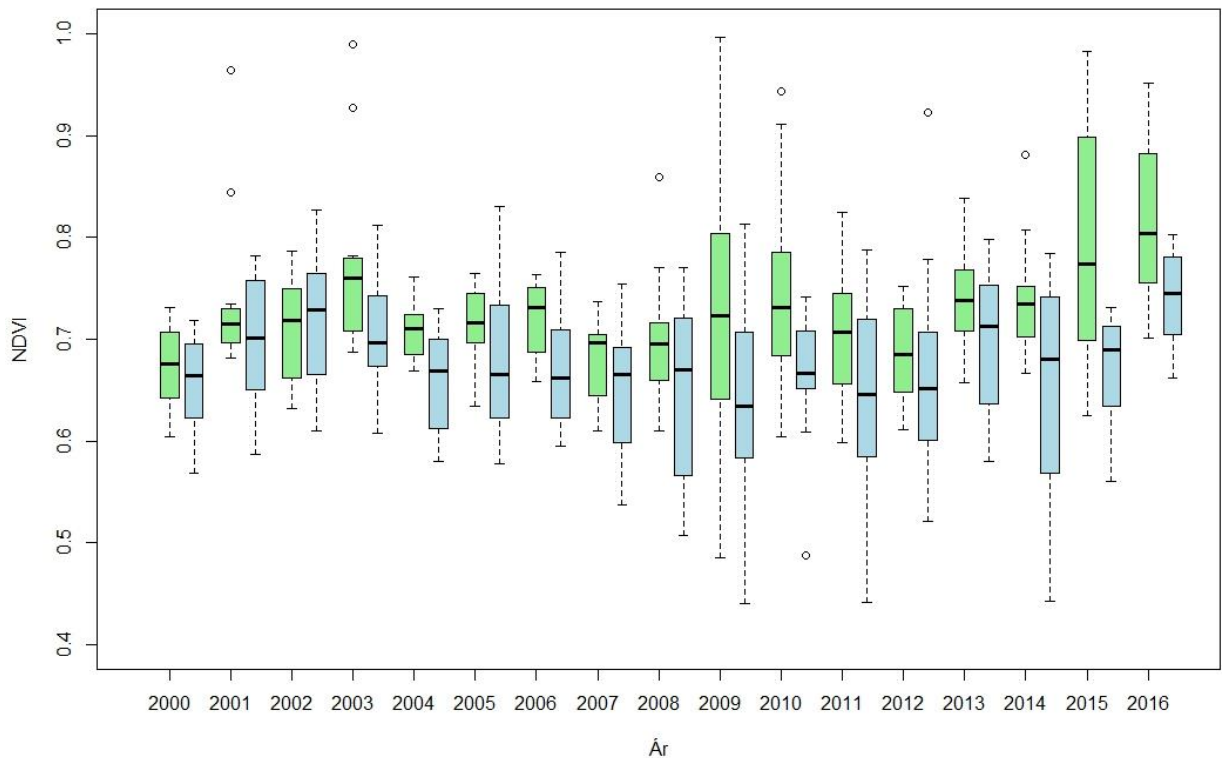


15. mynd. Smáreitur í hálfgrónu mólendi (reit 29) árin 2008 (t.v.) og 2016 (t.h.). Krækilyngið hefur rýrnað mikið milli ára sem og fjallagrösín í neðri hluta rammans hægra megin. /A 0,5x0,5 m study plot in half-vegetated heathland (site nr. 29) in 2008 (left) and 2016 (right). *Empetrum nigrum* and *Cetraria islandica* were visibly more prominent in 2008 than 2016.

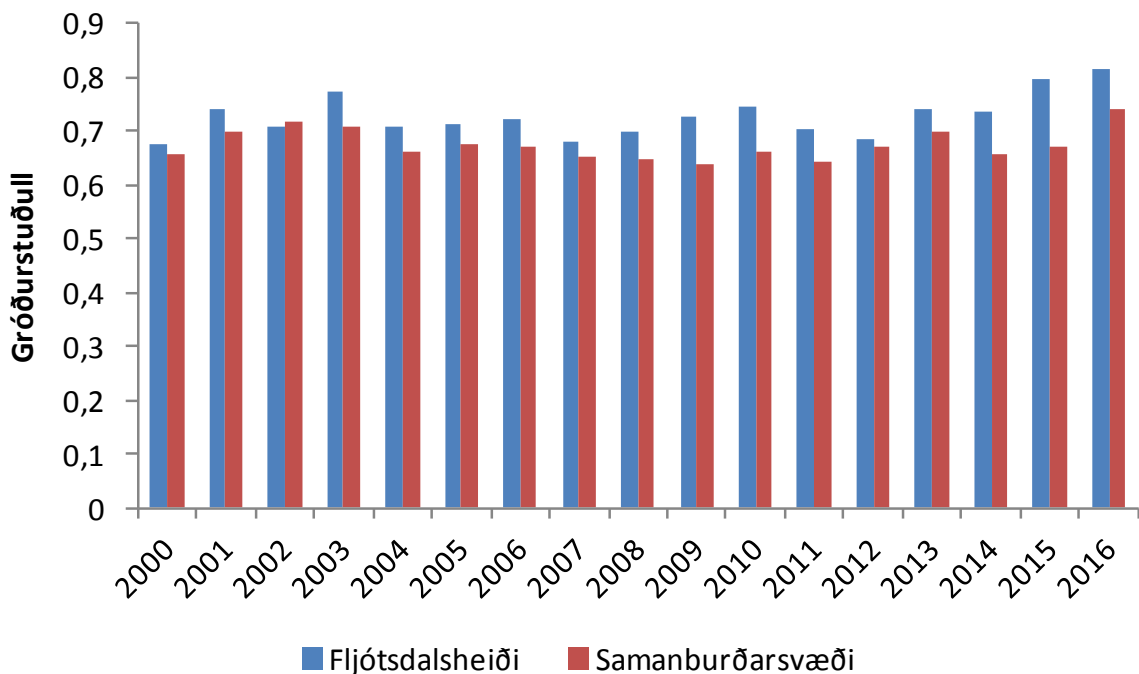
Gróðurstuðull

Ekki var að sjá neina augljósa þróun grósku á Fljótsdalsheiði síðastliðin 17 ár samkvæmt NDVI gögnum frá rannsóknarsvæðinu fyrir utan það að gildin fyrir tvö síðustu ár (2015 og 2016) voru að meðaltali hærri en hin árin (16. mynd). Gildi gróðurstuðuls árið 2016 voru marktækt hærri en gildi þeirra þriggja ára sem mældust með lægstu meðalgildin (2000, 2007 og 2012; $p < 0,02$) og gildi ársins 2015 voru marktækt hærri en gildi ársins sem mældist með lægsta meðalgildið (2000; $p = 0,04$).

Líkt og á Fljótsdalsheiði var lítinn munur að sjá á gróðurstuðulsgildum milli ára á samanburðarsvæðunum (16. mynd) og var munurinn ekki marktækur ($F = 1,73$; $p = 0,07$). Munur á meðalgildum gróðurstuðuls á Fljótsdalsheiði annars vegar og á samanburðarsvæðum hins vegar var aftur á móti marktækur ($t = 7,13$; $p < 0,01$). Meðalgildi gróðurstuðuls á samanburðarsvæðunum voru að jafnaði aðeins lægri en meðalgildi gróðurstuðuls á Fljótsdalsheiði en breytingar milli ára fylgdust í flestum tilvikum að (17. mynd).



16. mynd. Gróðurstuðulgildi (NDVI) fyrir þrjú svæði á Fljótsdalsheiði (grænt) og þrjú samanburðarsvæði (eitt þeirra sem meðaltal tveggja svæða) (blátt) yfir hásumar frá árinu 2000 til ársins 2016 (ORNL DAAC, 2008). Tólf hágildi eru á bakvið hvern kassa. /Maximum NDVI of the study area (green) and the comparison areas (blue) over the summer (July-August) in the years 2000-2016. Each box represents 12 measurements of max NDVI.



17. mynd. Meðaltal gróðurstuðuls (NDVI) fyrir hvert hásumar á rannsóknarsvæðinu annars vegar (meðaltal þriggja svæða) og samanburðarsvæðinu hins vegar (meðaltal þriggja svæða, eitt þeirra meðaltal tveggja svæða) frá árinu 2000 til ársins 2016 (ORNL DAAC, 2008). /Average of maximum NDVIs of the study area (Fljótsdalsheiði) and the comparison areas (Samanburðarsvæði) over the summer (July-August) in 2000-2016.

Umræður

Meginbreytingar á milli ára

Meginbreytingar á gróðri í rannsóknarreitum á Fljótsdalsheiði milli áráanna 2008 og 2016 voru þær að heildargróðurþekja allra gróðurlenda samanlagt minnkaði marktækt en þó varð ekki marktæk breyting á þekju ógróins yfirborðs. Þekja byrkninga, lyngs og smárunna, flétta og hálfgrasa minnkaði en þekja blómjurta jókst marktækt og þar af var mest áberandi aukin þekja kornsúru. Af einstökum tegundum minnkaði þekja nokkurra fléttutegunda (fjallagrasa), grasvíðis, krækilyngs og beitieskis töluvert. Þá fundust að meðaltali fleiri háplöntutegundir í reitum árið 2016 en 2008 en munurinn var ekki marktækur.

Ekki var hægt að greina augljósa þróun í grósku á Fljótsdalsheiði út frá NDVI gróðurstuðlinum fyrir og eftir myndun Háslóns. Veður, einkum hiti, hefur áhrif á gildi gróðurstuðulsins (t.d. Reynolds, 2015) og er það greinanlegt í gögnum frá Fljótsdalsheiði. Til dæmis var óvenjuhlýtt og úrkomusamt austanlands sumrin 2003 og 2016 (Veðurstofa Íslands, á.á.a; 2016a) en þá mældist hæsta og þriðja hæsta meðalgildi NDVI. Sumarið 2015, þegar næsthæsta meðalgildi NDVI mældist, var hins vegar óvenjusvalt en mjög úrkomusamt (Veðurstofa Íslands, 2016b). Sumrin 2000, 2007 og 2012, þegar NDVI gildi voru lág á Fljótsdalsheiði voru að sama skapi öll frekar svöl og mjög úrkomulítill (Veðurstofa Íslands, á.á.b; 2008; 2013).

Ekki var greinanlegur munur á þróun gróðurstuðuls á Fljótsdalsheiði annars vegar og á samanburðarsvæðum hins vegar sem hugsanlega væri hægt að tengja við aukna beit hreindýra á heiðinni. Gildi gróðurstuðulsins voru almennt lægri á samanburðarsvæðum en á Fljótsdalsheiði enda var gróðurþekja þar ekki eins samfelld því erfitt reyndist að finna sambærileg svæði í sömu hæð yfir sjávarmáli.

Mögulegar ástæður gróðurbreytinga

Ástæður gróðurbreytinga eru að líkindum margþættar og háðar flóknu samspili umhverfisþátta og manngerðra þátta. Megintilgangurinn með vöktun gróðurs á Snæfellsöræfum og Fljótsdalsheiði er að fylgjast með hugsanlegum áhrifum Háslóns á gróðurfar, bæði beinum áhrifum, s.s. áfoki og breyttri vatnstöðu og óbeinum áhrifum, s.s. færslu beitarhaga hreindýra og gæsa. Hér er gerð grein fyrir þessum áhrifaþáttum sem mögulegum ástæðum gróðurbreytinga á Fljótsdalsheiði á þessu átta ára tímabili. Hjá því verður þó ekki komist að fjalla einnig örlítið um eldgosíð í Holuhrauni veturinn 2014-2015 sem mögulegan áhrifaþátt.

Eldgosið í Holuhrauni

Eldgosið í Holuhrauni, sem er í um 70 km fjarlægð frá rannsóknarsvæðinu, hófst í lok ágúst 2014 og varði fram í lok febrúar 2015 (Jarðvísindastofnun Háskólans, 2014). Gróður var því ekki undir snjó þegar mengun fór að berast frá gosstöðinni. Á gostíma mældust stórhækkuð gildi brennisteinsdíoxíðs víða um land, t.d. á Austurlandi (Sigurður Reynir Gíslason o.fl., 2015). Vegna staðsetningar Holuhrauns og veðurfars á gostíma var myndun súrregns minni en óttast hafði verið og áhrif gossins á umhverfið ekki talin alvarleg (Sigurður Reynir Gíslason o.fl., 2015).

Brennisteinsmengun frá eldgosum eins og í Holuhrauni 2014-2015 getur orsakað rýrnun gróðurþekju og fléttur og mosar eru sérstaklega viðkvæmir fyrir háum gildum brennisteinsdíoxíðs (Daly, 1970). Því er ekki fráleitt að velta upp þeirri spurningu hvort rýrnun fléttuþekju á Fljótsdalsheiði milli áráanna 2008 og 2016 megi tengja við mengunina sem barst yfir rannsóknarsvæðið frá Holuhrauni á gostíma 2014-2015. Tengslin eru hins vegar óskýrari þegar

kemur að breytingu í mosaþekju milli ára. Þekja mosa minnkaði ekki að ráði milli ára nema bara í hálfgrónu mólendi sem grefur undan kenningunni um að breytingar í þekju tegunda á Fljótsdalsheiði sem viðkvæmar eru fyrir brennisteinsmengun megi rekja til Holuhrauns. Það er þó alls ekki útilokað. Til að mynda fannst þurrt, dautt krækilyng á rannsóknarsvæðinu árið 2016 en ekki árið 2008. Krækilyng er sígrænn smárunni sem er þess vegna viðkvæmur fyrir mengun allt árið um kring ef hann er ekki undir snjó (Zvereva & Kozlov, 2004). Efnamælingar í gróðri hefðu verið nauðsynlegar til þess að geta metið með vissu áhrif mengunar frá Holuhrauni á gróður á Fljótsdalsheiði. Brennisteinn var mældur í mosasýnum sem tekin voru víðsvegar um landið sumarið 2015 í langtímarannsókn Náttúrufræðistofnunar Íslands á þungmálmum og brennisteini í mosa (Sigurður H. Magnússon, 2013) en niðurstöður þeirrar rannsóknar lágu ekki fyrir þegar þetta var ritað. Mælingar á styrk brennisteins í grasi sem hafa reglulega verið gerðar í Reyðarfirði sýndu ekki hækkun gildi sumarið 2015 miðað við fyrri mælingar (Elín Guðmundsdóttir o.fl., 2016)

Bein áhrif Háslóns

Jarðvegsdýpt mældist að meðaltali meiri árið 2016 en árið 2008 en hafa ber í huga að mæliaðferðir voru ekki fullkomlega sambærilegar milli ára. Ólíklegt er að mælanlegur munur á jarðvegsdýpt komi fram á aðeins átta árum á svæðum þar sem ekki er annað hvort áfok eða einhvers konar jarðvegsrof. Litlar breytingar voru á áfokspykkt í mælireitum Landgræðslu ríkisins við strönd Háslóns sumrin 2014 og 2015 (Elín Fjóra Þórarinsdóttir o.fl., 2015) og nánast ekkert rof á sér alla jafna stað þar sem gróðurhula verndar jarðveginn (Ólafur Arnalds o.fl., 1997) líkt og á stórum hluta Fljótsdalsheiðar. Mikil hætta á áfoki úr bökkum Háslóns er þó talin geta skapast við viss veðurfarsskilyrði þegar lítið er í lóninu (Ólafur Arnalds o.fl., 2010). Til þess að reyna að sporna við áfoki, bæði frá lóninu og frá framkvæmdarsvæðum á Fljótsdalsheiði, hafa ýmsar gróðurstyrkingar verið framkvæmdar (t.d. Rúnar Ingi Hjartarson, 2015). Litlar breytingar hafa einnig orðið á grunnvatnsstöðu á Fljótsdalsheiði frá því fyrir virkjanaframkvæmdir (Egill Axelsson, 2013) og vatnsstaða ræðst alfarið af úrkomu (Kolbeinn Árnason, 2014). Bein áhrif Háslóns á gróður á Fljótsdalsheiði eru því ekki augljós.

Óbein áhrif Háslóns

Helstu áhrif á gróður sem vænta má vegna tilkomu Kárahnjúkavirkjunar eru að líkindum óbein áhrif, t.d. vegna skerðingar á beitolöndum gæsa og hreindýra með tilkomu Háslóns og þar af leiðandi aukin sókn í önnur nærliggjandi svæði. Sauðfé nýtir einnig svæðið til beitar að sumri, en ekki er fjallað um það í þessari skýrslu.

Gæsabeit

Ekki voru augljós merki um aukna gæsabeit á Fljótsdalsheiði milli árána 2008 og 2016 sem er áhugavert í ljósi þess að þéttleiki gæsa á áhrifasvæði Kárahnjúkavirkjunar hefur farið vaxandi síðastliðin ár (Halldór W. Stefánsson & Skarphéðinn G. Þórisson, 2016). Gæsir eru þó ekki taldar á Fljótsdalsheiði, heldur á nærliggjandi svæðum enda hefur heiðin ekki verið álitin mikilvægt varpsvæði, heldur einkum sumar- og haustbeitarsvæði. Gæsir eru grasbítar og samkvæmt rannsóknum í Þjórsárverum árin 1971-1974 og í Eyvafeni árið 2002 sækja þær í beitieski og kornsúruhnýði snemma vors en þegar gróður fer að grænka einbeita þær sér meira að grávíði og yfir sumarið eru það einkum starir og hálmgresi sem þær bíta (Borgþór Magnússon o.fl., 2004; Snorri Baldursson, 2014). Á haustin sækja þær í rætur kornsúru og ber (Jóhann Óli Hilmarsson, 2011). Þekja kornsúru á Fljótsdalsheiði jókst mikið og marktækt í öllum gróðurlendum milli athugunarára, kornsúrublöð voru ekki áberandi bitin og ekki voru ummerki

um kornsúruplokk eftir gæsir, en slík ummerki voru mjög áberandi í úttekt á gróðri í Kringilsárrana sumarið 2015 (Guðrún Óskarsdóttir, 2016). Ætla mætti að aukin þekja kornsúru á milli athugunarára gæti bent til þess að gæsabeit þar hafi ekki verið eins mikil árið 2016 og hún var árið 2008. Aftur á móti minnkaði þekja beitieskis marktækt á milli ára en gæsir sækir í það að vori.

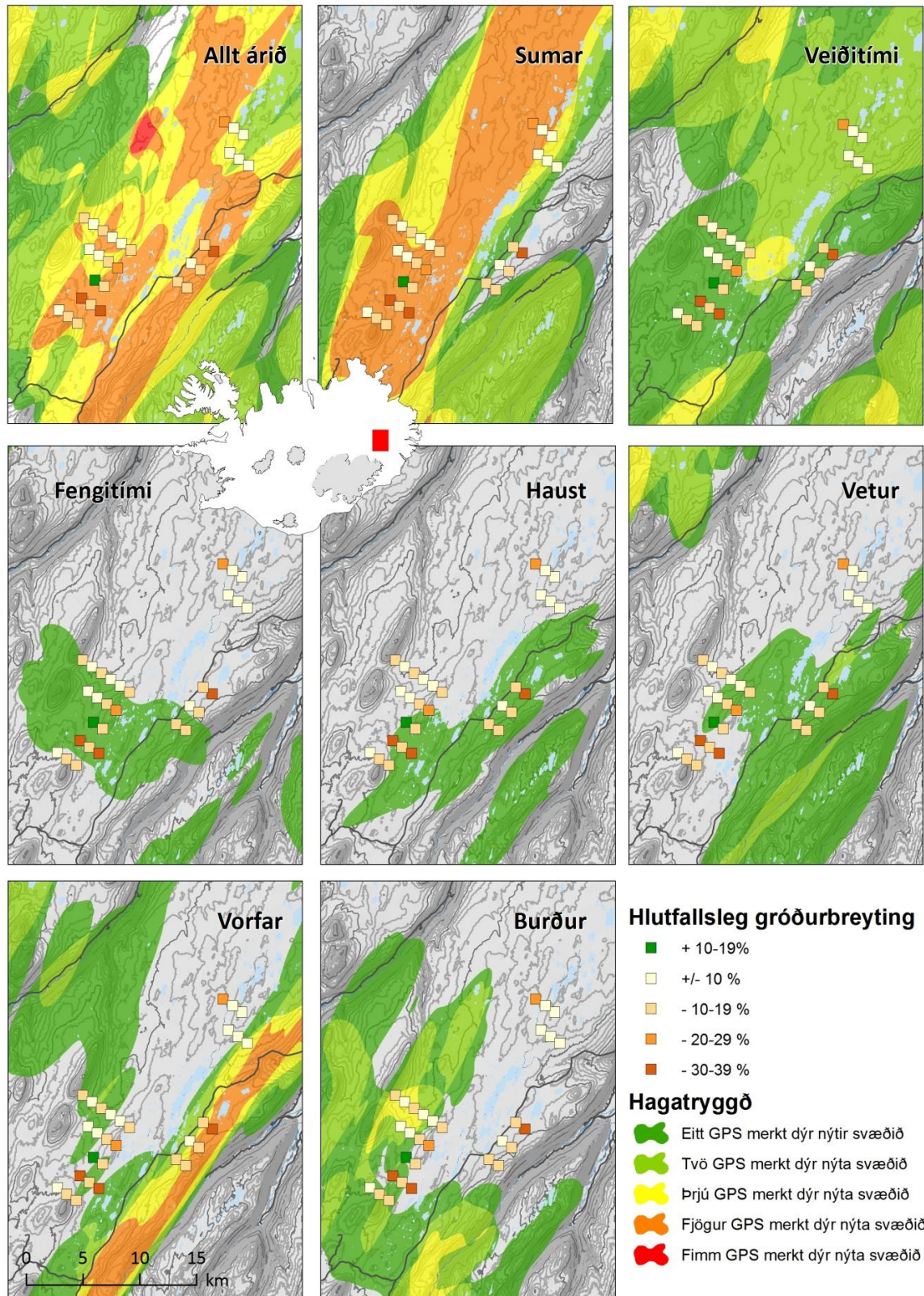
Hugsanlega skýrist þessi munur milli athugunarára af því að Fljótsdalsheiði sé einkum sumar- og haustbeitarsvæði og að gæsir hafi því ekki verið komnar út á heiðina í miklum mæli um miðjan júlí þegar gróðurúttektin fór fram árið 2016, samanborið við úttektina 2008 sem fór fram um miðjan ágúst.

Hreindýrabeit

Aukin hreindýrabeit gæti skýrt að hluta þær breytingar sem orðið hafa á gróðri á Fljótsdalsheiði frá 2008 til 2016, einkum beit frá hausti og fram á vor. Við upphaf framkvæmda Kárahnjúkavirkjunar breyttist hagaganga hreindýra yfir sumartímann á Snæfellsöræfum. Hreindýr færðu sig til og Fljótsdalsheiði varð meginsvæði til sumarbeitar á árunum 2002-2010 en svo sáust dýrin varla þar í sumartalningum frá 2011-2015. Á sama tíma fækkaði mjög í sumarstofni hreindýra á veiðisvæði 2, sem innifelur m.a. Fljótsdalsheiði (Skarphéðinn G. Þórisson & Kristín Ágústsdóttir, 2014). Ekki eru til sambærilegar talningar á Fljótsdalsheiði að vetri, en rannsókn sem gerð var á hagagöngu hreindýra á Snæfellsöræfum árin 2009-2010 með GPS senditækjum sýndi að kýr úr Fljótsdalsgjörð, ásamt þeim hópum sem þær fylgdu, gengu um Fljótsdalsheiði einhvern tíma haust, vetur og vor (18. mynd) (Skarphéðinn G. Þórisson & Kristín Ágústsdóttir, 2014). Vorin voru í meðallagi snjópung þessi ár (Rán Þórarinsdóttir & Kristín Ágústsdóttir, 2015) og því hægt að áætla að hreindýr geti alla jafna nýtt sér Fljótsdalsheiði til beitar á þessum árstíma og geri að einhverju leyti.

Hreindýr eru tækifærissinnar í fæðuöflun og bíta mest þann gróður sem mest framboð er af hverju sinni (Kristbjörn Egilsson, 1983). Ólíkt öðrum jórturdýrum á Íslandi geta þau melt fléttur og nýtt sér þær sem mikilvægan orkugjafa, einkum að vetri til (Bernes o.fl., 2015). Heiðar þar sem fléttugróður er ríkjandi eru mikilvæg beitolönd hreindýra víða erlendis (t.d. Tømmervik o.fl., 2014) en fléttumóar eru ekki algengir á ágangssvæðum hreindýra á Íslandi (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2014). Það er breytilegt eftir því hvar og á hvaða árstíma hreindýr bíta hver meginfæða þeirra er (Kristbjörn Egilsson, 1983).

Í rannsókn á magainnihaldi hreindýra árunum 1980-1981 á Snæfellsöræfum kom í ljós að meginuppistaðan í fæðu hreindýra á Fljótsdalsheiði voru starir, grös, fífur, runnar, elftingar og blómplöntur allan ársins hring. Fléttur voru mikilvægur hluti fæðunnar vor og haust og að mati rannsakanda voru vetrarhagar á Fljótsdalsheiði þá rýrir og ofnýttir hvað fléttur varðar (Kristbjörn Egilsson, 1983). Í sömu rannsókn kom í ljós að fléttur voru um helmingur fæðu hreindýra á Jökuldalsheiði þar sem nægt framboð var af fléttum, frá hausti og fram á vorið og dýr virtust velja fléttur fram yfir annan gróður þar sem þær var að finna. Engar fléttur voru í vömb hreindýra á Snæfellsöræfum yfir sumartímann (Kristbjörn Egilsson, 1983).



18. mynd. Hagaganga hreinkúa sem báru GPS senditæki á árunum 2009 til 2010 og hlutfallsleg gróðurbreyting í rannsóknarreitum 2008-2016. /Rangelands of reindeer cows bearing GPS transmitter in 2009 and 2010 in different times of the year (from top left: the whole year, summer, hunting season, mating season, autumn, winter, spring, birthing season). The different colours show different number of cows (from one (green) to five (red) using the area. The map also shows changes in overall vegetation cover (%) at each site from 2008-2016.

Sú breyting sem varð á fléttupekju á Fljótsdalsheiði milli áranna 2008 og 2016 var töluverður hluti af breytingu á heildargróðurpekju í nokkrum reitum á þessu tímabili og gæti verið vísbending um aukna hreindýrabeit á svæðinu frá hausti fram á vor, en staðfest er að dýrin gengu um og í nágrenni við gróðurannsóknarreiti á þeim árstíma árin 2009-2010 (Skarphéðinn G. Þórisson & Kristín Ágústsdóttir, 2014) (18. mynd). Erlendar rannsóknir hafa sýnt að hreindýrabeit með tilheyrandi traðki getur valdið gróðurbreytingum, þannig að flétturík svæði breytist í mosarík svæði sem aftur breytast í svæði þar sem grös og starir verða ríkjandi (Bernes o.fl., 2015). Mörg dæmi eru til um það að hreindýr gangi mikið á fléttugróður á beitarsvæðum sem hefur sums staðar nánast horfið eftir ágang hreindýra (t.d. Tømmervik o.fl., 2014; Falldorf o.fl., 2014).

Ástæður skyndilegra breytinga á sumarhögum hreindýra þegar þau hurfu af Fljótdalsheiði árið 2010 eftir að hafa verið þar frá árinu 2002 eru ekki augljósar. En á þessu tímabili minnkaði fallþungi 3-5 ára mjólkandi kúa á veiðisvæði 2. Marktækt minni þekja grasvíðis, krækilyngs og beitieskis milli áranna 2008 og 2016 gæti líka skýrst af beit hreindýra t.d. yfir sumartímann, en þessir tegundahópar voru mikilvægar tegundir í fæðu hreindýra á Fljótsdalsheiði allan ársins hring árin 1980-1982 (Kristbjörn Egilsson, 1983).

Ályktanir

Í ljósi þeirrar staðreyndar að fléttur eru aðallega mikilvægur hluti af fæðu hreindýra á Fljótsdalsheiði frá hausti og fram á vor (Kristbjörn Egilsson, 1983) verður að álykta að beit hreindýra á þessu svæði á öðrum árstímum en á sumrin sé líklegasta skýring á þeirri miklu rýrnun sem sást á fléttugróðri á Fljótsdalsheiði milli áranna 2008 og 2016. Hugsanlega skýra breytingar á þekju annarra tegunda s.s. grasvíðis, krækilyngs og beitieskis að einhverju leiti færslu hreindýra af sumarbeitarsvæðum á Fljótsdalsheiði eftir 2010.

Samkvæmt gróðurstuðulsgögnum var gróðurstuðullinn yfir hásumar á Fljótsdalsheiði örlítið undir meðallagi sumarið 2008 en aldrei hærra en árið 2016 á athugunartímabilinu (ORNL DAAC, 2008). Samkvæmt athugunum þessarar rannsóknar var heildargróðurþekja marktækt minni árið 2016 en árið 2008 en sú rýrnun virtist einungis koma fram í minni lagskiptingu gróðurs því ekki fannst marktækur munur á þekju ógróins yfirborðs milli ára. Þær breytingar koma ekki greinilega fram í NDVI gildum á þessu tímabili. Fléttubeit hreindýra getur haft þau áhrif að afkastaminni, flétturík gróðurlendi þróist yfir í afkastameiri, mosarík gróðurlendi (Tømmervik o.fl., 2012; Bernes o.fl., 2015) sem leiðir að sér hækkun gróðurstuðuls. Það væri í samræmi við ályktanir Skarphéðins G. Þórissonar og Kristínar Ágústsdóttur (2014) um að aukningu lífmassa á ákveðnum svæðum norðan og austan Vatnajökuls sl. þrjá áratugi (Raynolds o.fl., 2014) megi mögulega rekja til þess að rýrari fléttugróður sé að víkja fyrir öðrum gróðri.

Ekki er hægt að segja með vissu hvað olli þeim gróðurbreytingum sem sást á Fljótsdalsheiði á árunum 2008 til 2016 og að líkindum er um samspil nokkurra þátta að ræða. Hér er t.d. ekkert fjallað um sauðfjárbreit og möguleg áhrif hennar á gróðurbreytingar.

Til þess að geta dregið ályktanir um áhrif beitar á gróður á Fljótsdalsheiði þarf að gera rannsóknir á beitarálagi á svæðinu samfara gróðurannsóknnum, auk þess sem betur þarf að skrásetja ferðir bæði gæsa og hreindýra með GPS senditækjum og afla meiri upplýsingar um það hvað þau bíta á hverjum árstíma. Þar sem hreindýr flakka gjarnan um væri hentugt að hafa rannsóknarreiti beitarannsóknar sem dreifðasta um sem stærst svæði. Rannsóknarreitir þessarar vöktunar eru staðsettir í mismunandi gróðurlendum og ættu því að vera gott viðmið

til þess að halda áfram að fylgjast með hugsanlegum breytingum á gróðri í framtíðinni en vöktunin yrði hnitmiðaðri og myndi styrkjast enn frekar með viðbættum beitarrannsóknum.

Heimildir

- Belnap, J. & Lange, O.L. (2013). *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Springer Science & Business Media, 506 bls.
- Bernes, C., Bråthen, K.A., Forbes, B.C., Speed, J.D.M. & Moen, J. (2015). What are the impacts of reindeer/caribou (*Rangifer tarandus* L.) on arctic and alpine vegetation? A systematic review. *Environmental Evidence*, 4, 26 s.
- Borgþór Magnússon, Guðmundur A. Guðmundsson & Sigurður H. Magnússon (2004). *Gróður og fuglar í Eyvafeni og nágrenni*. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2004/065).
- Daly, G.T. (1970). Bryophyte and lichen indicators of air pollution in Christchurch, New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Ecological Society*, 17, 70-79.
- Egill Axelsson (2013). *Áhrif Kárahnjúkavirkjunar á grunnvatnsstöðu við Háslón og á Fljótsdalsheiði*. Skýrsla Landsvirkjunar. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2013-077).
- Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Jóhann Þórsson & Ágústa Helgadóttir (2015). *Úttekt og mælingar á áfoki við strönd Háslóns*. Áfangaskýrsla 2015. Skýrsla Landgræðslu ríkisins. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2015-104).
- Elín Guðmundsdóttir, Erlín Emma Jóhannsdóttir, Guðrún Óskarsdóttir, Dr. Helga Dögg Flosadóttir, Hermann Þórðarson & Kristín Ágústsdóttir (2016). *Alcoa Fjarðaál. Umhverfissvöktun 2015*. Skýrsla unnin af Náttúrustofu Austurlands og Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir Alcoa Fjarðaál. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands (NA-160160).
- Falldorf, T., Strand, O., Panzacchi, M. & Tømmervik, H. (2014). Estimating lichen volume and reindeer winter pasture quality from Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 140, 573-579.
- Gerður Guðmundsdóttir (2009). *Gróðurvöktun á Fljótsdalsheiði með notkun gervitunglamynda og gróðurreita*. Skýrsla Náttúrustofu Austurlands. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2009/121).
- Guðrún Óskarsdóttir (2016). *Gróðurvöktun í Kringilsárrana. Samanburður á samsetningu og þekju gróðurs árin 2006 og 2015*. Skýrsla Náttúrustofu Austurlands. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2016-064).
- Halldór W. Stefánsson & Skarphéðinn G. Þórisson (2016). *Heiðagæsir í varpi og fellu á áhrifasvæði Kárahnjúkavirkjunar árið 2015*. Skýrsla Náttúrustofu Austurlands. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2016-059).
- Jarðvísindastofnun Háskólans (2014). *Bárðarbunga ágúst 2014*. Skoðað 18.11.2016 á http://jarðvis.hi.is/bardarbunga_agust_2014
- Jóhann Óli Hilmarsson (2011). *Íslenskur fuglavísir*. Reykjavík: Mál og menning.
- Kolbeinn Árnason og Ingvar Matthíasson (2009). *CORINE-landflokkunin á Íslandi 2000 og 2006. Niðurstöður CLC2006, CLC2000 og CLC-Change2000-2006*. Landmælingar Íslands.
- Kolbeinn Árnason (2014). *Breytingar á grunnvatns- og jarðvatnsborði á áhrifasvæði Kárahnjúkavirkjunar. Mælingar með samanburði á gervitunglamyndum frá 2002, 2010 og 2012*. Skýrsla Landsvirkjunar. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2014-021).
- Kristbjörn Egilsson (1983). *Fæða og beitiöld íslensku hreindýranna*. Rannsóknir vegna fyrirhugaðra virkjana í Jökulsá í Fljótsdal og Jökulsá á Dal á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands fyrir Orkustofnun og Rafmagnsveitur ríkisins/Landsvirkjun. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands. Reykjavík: Orkustofnun (OS-83073/VOD-07).
- Landmælingar Íslands (2013). *Leyfi, samkvæmt 31. gr. upplýsingalaga nr. 140/2012 og lögum um landmælingar og grunnkortagerð nr. 103/2006, fyrir gjaldfrjáls gögn frá Landmælingum Íslands*. Sótt 01.11.2016 á <http://www.lmi.is/wp-content/uploads/2013/10/Leyfi-fyrir-gjaldfrj%C3%A1ls-g%C3%B6gn-LM%C3%8D-Almennir-skilm%C3%A1lar.pdf>

- Landmælingar Íslands (2015). *IS50v vektorgögn*. Sótt 23.12.2015 á <http://atlas.lmi.is/LmiData/index.php>
- Lepš, J. & Šmilauer, P. (2006). *Multivariate Analysis of Ecological Data. Course Materials*. České Budějovice: University of South Bohemia.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2014). *Gróðurkort af Miðhálandi Íslands 1:25.000 NI_G25v_midhalendi_01*. Sótt 18.11.2016 á <http://www.ni.is/midlun/utgafa/kort/grodurkort>
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. (2015). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-1. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- ORNL DAAC (2008). *MODIS Collection 5 Global Subsetting and Visualization Tool*. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. <http://dx.doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1241>. Sótt dagana 4. október 2016 og 16. febrúar 2017.
- Ólafur Arnalds & Ása L. Aradóttir (2015). *Að lesa og lækna landið*. Reykjavík: Landvernd, Landgræðsla ríkisins og Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Ólafur Arnalds, Ása L. Aradóttir & Kristín Svavarsdóttir (2010). *Gróðurrannsóknir vegna hættu á áfoki frá Háslóni*. Rit Lbhí nr. 27 (LV-2010/088). Samstarfsverkefni Landbúnaðarháskóla Íslands, Landgræðslu ríkisins og Landsvirkjunar. Hvanneyri: Landbúnaðarháskóli Íslands.
- Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson & Arnór Árnason (1997). *Jarðvegsrof á Íslandi*. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins & Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C. J. & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology and Evolution*, 20, 503-510.
- R Core Team (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Raynolds, M., Magnusson, B., Methusalemsson, S. & Magnusson, S. (2014, september). *MODIS NDVI trend in Iceland*. Erindi flutt á Circumpolar Remote Sensing Symposium, Reykjavík. Skoðað í febrúar 2017 á https://alaska.usgs.gov/science/geography/CRSS2014/presentations/Raynolds_MODIS_NDVI.pdf
- Raynolds, M., Magnusson, B., Methusalemsson, S. & Magnusson, S. (2015). Warming, Sheep and Volcanoes: Land Cover Changes in Iceland Evident in Satellite NDVI Trends. *Remote Sensing*, 7, 9492-9506.
- Rán Þórarinsdóttir & Kristín Ágústsdóttir (2015). *Burðarsvæði Snæfellshjarðar 2005-2013 – Mat á áhrifum virkjunar*. Skýrsla Náttúrustofu Austurlands. Reykjavík: Landsvirkjun (LV-2015-130).
- Rúnar Ingi Hjartarson (2015). *Gróðurstyrking við Háslón og á Hraunum, Fljótdalsheiði. Framkvæmdir og árangur 2015*. Skýrsla Landgræðslu ríkisins. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins (LR-2015/20).
- Sigurður H. Magnússon (2013). *Pungmálmar og brennisteinn í mosa á Íslandi 1990-2010. Áhrif iðjuvera*. Skýrsla Náttúrufræðistofnunar Íslands. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands (NÍ-13003).
- Sigurður Reynir Gíslason, G. Stefánsdóttir, M.A. Pfeffer, S. Barsotti, Th. Jóhannsson, I. Galeczka, E. Bali, O. Sigmarsson, A. Stefánsson, N.S. Keller, Á. Sigurðsson, B. Bergsson, B. Galle, V.C. Jacobo, S. Arellano, A. Aiuppa, E.B. Jónasdóttir, E.S. Eiríksdóttir, S. Jakobsson, G.H. Guðfinnsson, S.A. Halldórsson, H. Gunnarsson, B. Haddadi, I. Jónsdóttir, Th. Thordarson, M. Riishuus, Th. Högnadóttir, T. Dürig, G.B.M. Pedersen, Á. Höskuldsson, M.T. Gudmundsson (2015). Environmental pressure from the 2014-15 eruption of Bárðarbunga volcano, Iceland. *Geochemical Perspectives Letters*, 1, 84-93.

- Sjörs, H. (1956). *Nordisk växgeografi*. Stockholm: Skandinavian University books.
- Skarphéðinn G. Þórisson & Kristín Ágústsdóttir (2014). *Snæfellshjörð. Áhrif náttúru og manna á líf Snæfellshjarðar í ljósi vöktunar síðustu áratugi og staðsetninga hreinkúa með GPS-hálskraga 2009-2011*. Skýrsla Náttúrustofu Austurlands. Egilsstaðir: Náttúrustofa Austurlands (NA-140140).
- Skarphéðinn G. Þórisson & Rán Þórarinsdóttir (2008). *Vöktun Náttúrustofu Austurlands 2007 og tillaga um ágangssvæði og veiðikvóta 2008*. Skýrsla Náttúrustofu Austurlands. Egilsstaðir: Náttúrustofa Austurlands (NA-080083).
- Snorri Baldursson (2014). *Lífriki Íslands. Vistkerfi lands og sjávar*. Reykjavík: Bókaútgáfan Opna og Forlagið.
- Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of the Environment*, 8, 127-150.
- Tømmervik, H., Bjerke, J.W., Gaare, E., Johansen, B. & Thannheiser, D. (2012). Rapid recovery of recently overexploited winter grazing pastures for reindeer in northern Norway. *Fungal Ecology*, 5, 3-15.
- Tømmervik, H., Bjerke, J.W., Laustsen, K., Johansen, B.E. & Karlsen, S.-R. (2014). *Overvåking av vinterbeiter i Indre Finnmark. Resultater fra feltrutene*. Norsk institutt for naturforskning (NINA). Trondheim: NINA Rapport 1066.
- Veðurstofa Íslands (án ártals a). *Tíðarfarsyfirlit. Árið 2003*. Skoðað í apríl 2017 á <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/manadayfirlit/2003/greinar/nr/566>
- Veðurstofa Íslands (án ártals b). *Tíðarfarsyfirlit. Árið 2000*. Skoðað í apríl 2017 á <http://www.vedur.is/vedur/vedurfar/manadayfirlit/2000/greinar/nr/626>
- Veðurstofa Íslands (2008). *Tíðarfarsyfirlit. Árið 2007*. Skoðað í apríl 2017 á <http://www.vedur.is/vedur/frodleikur/greinar/nr/1126>
- Veðurstofa Íslands (2013). *Tíðarfar árið 2012*. Skoðað í apríl 2017 á <http://www.vedur.is/vedur/frodleikur/greinar/nr/2613>
- Veðurstofa Íslands (2016a). *Tíðarfar í júlí 2016*. Skoðað í apríl 2017 á <http://www.vedur.is/um-vi/frettir/tidarfar-i-juli-2016>
- Veðurstofa Íslands (2016b). *Tíðarfar ársins 2015*. Skoðað í apríl 2017 á <http://www.vedur.is/um-vi/frettir/nr/3271>
- Zvereva, E.L. & Kozlov, M.V. (2004). Facilitative effects of top-canopy plants on four dwarf shrub species in habitats severely disturbed by pollution. *Journal of Ecology*, 92, 288-296.

Viðauki 1. Hnitaskrá

Staðsetning rannsóknarreita á Fljótsdalsheiði og svæða þar sem náð var í gróðurstuðulsgögn.

SV-horn rannsóknarreita á Fljótsdalsheiði			Horn svæða fyrir NDVI mælingar			
Reitur	LAT	LON	Svæði	Horn	LAT	LON
1	64,962683	-15,4341284	Fljótsdalsheiði 1	NV	65,027625	-15,489102
2	64,957225	-15,4173028		SV	64,942208	-15,439696
3	64,95176509	-15,4004699		SA	64,942208	-15,238019
4	64,97109055	-15,3904063		NA	65,027625	-15,28678
5	64,96562611	-15,3735932	Fljótsdalsheiði 2	NV	65,019708	-15,258172
6	64,96016058	-15,3567901		SV	64,967625	-15,228465
7	65,00745181	-15,1546667		SA	64,967625	-15,105374
8	64,98495378	-15,3634707		NA	65,019708	-15,134841
9	64,97948909	-15,3466623	Fljótsdalsheiði 3	NV	65,112125	-15,139721
10	65,00196945	-15,1378926		SV	65,060042	-15,11012
11	65,00975441	-15,370154		SA	65,060042	-15,026128
12	65,0042832	-15,3533385		NA	65,112125	-15,055564
13	64,99880918	-15,3365115	Heljardalur	NV	65,828125	-15,725513
14	64,99334671	-15,3197225		SV	65,809375	-15,714056
15	65,03454556	-15,3768658		SA	65,809375	-15,668299
16	65,02908339	-15,360036		NA	65,828125	-15,679723
17	65,02360858	-15,3431851	Fagridalur	NV	64,952125	-16,06366
18	65,01813807	-15,3263723		SV	64,916708	-16,042443
19	65,01266566	-15,3095236		SA	64,916708	-16,037529
20	65,00719411	-15,2927209		NA	64,952125	-16,058739
21	64,99363411	-15,1817157	Framlönd	NV	65,364625	-15,901006
22	64,98813895	-15,164947		SV	65,345875	-15,889667
23	64,97979567	-15,208739		SA	65,345875	-15,844718
24	64,97431841	-15,1919338		NA	65,364625	-15,856025
25	65,09297754	-15,0693328	Bæjarlönd	NV	65,318125	-16,015208
26	65,07922517	-15,096586		SV	65,299375	-16,003813
27	65,07371968	-15,0797371		SA	65,299375	-15,998827
28	65,0682105	-15,0629457		NA	65,318125	-16,010219
29	65,10399756	-15,1030129				
30	65,09849987	-15,0861796				

Viðauki 2. Tegundalisti

Tegundir plantna sem skráðar hafa verið innan smáreita á Fljótsdalsheiði.

Íslenskt heiti	Latneskt heiti	Íslenskt heiti	Latneskt heiti
Háplöntur			
Augnfró**	<i>Euphrasia frigida</i>	Klóelfting	<i>Equisetum arvense</i>
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>	Klófifa	<i>Eriophorum angustifolium</i>
Beitieski	<i>Equisetum variegatum</i>	Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>
Bláberjalyng	<i>Vaccinium uliginosum</i>	Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>
Blásveifgras*	<i>Poa glauca</i>	Lambagras	<i>Silene acaulis</i>
Blátoppastör*	<i>Carex canescens</i>	Langkrækill**	<i>Sagina saginoides</i>
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>	Língresi	<i>Agrostis spp.</i>
Blóðberg*	<i>Thymus praecox</i>	Lyfjagras	<i>Pinguicula vulgaris</i>
Blómsef	<i>Juncus triglumis</i>	Lækjafræhyrna	<i>Cerastium cerastoides</i>
Boghæra*	<i>Luzula arcuata</i>	Mariustakkur*	<i>Alchemilla filicaulis</i>
Brjóstagras	<i>Thalictrum alpinum</i>	Melablóm	<i>Arabidopsis petraea</i>
Dýragras*	<i>Gentiana nivalis</i>	Melanóra	<i>Minuartia rubella</i>
Fjalladepla	<i>Veronica alpina</i>	Mosajafni	<i>Selaginella selaginoides</i>
Fjalladúnurt	<i>Epilobium anagallidifolium</i>	Mosalyng	<i>Cassiope hypnoides</i>
Fjallafoxgras*	<i>Phleum alpinum</i>	Móanóra	<i>Minuartia stricta</i>
Fjallanóra	<i>Minuartia biflora</i>	Móasef	<i>Juncus trifidus</i>
Fjallapuntur	<i>Deschampsia alpina</i>	Móastör*	<i>Carex rupestris</i>
Fjallasmári	<i>Sibbaldia procumbens</i>	Músareyra	<i>Cerastium alpinum</i>
Fjallastör	<i>Carex norvegica</i>	Mýrastör	<i>Carex nigra</i>
Fjallasveifgras	<i>Poa alpina</i>	Mýrelfting	<i>Equisetum palustre</i>
Flagasef*	<i>Juncus biglumis</i>	Rjúpustör	<i>Carex lachenalii</i>
Geldingahnappur	<i>Armeria maritima</i>	Sauðamergur**	<i>Kalmia procumbens</i>
Grasviðir	<i>Salix herbacea</i>	Skammkrækill**	<i>Sagina procumbens</i>
Grámulla	<i>Omalotheca supina</i>	Skeggsandi*	<i>Arenaria norvegica</i>
Gráviðir	<i>Salix arctica</i>	Slíðrastör*	<i>Carex vaginata</i>
Gullbrá	<i>Saxifraga hirculus</i>	Smjörgras	<i>Bartsia alpina</i>
Gullmura	<i>Potentilla crantzii</i>	Snarrótarpuntur**	<i>Deschampsia cespitosa</i>
Hagavorblóm**	<i>Draba norvegica</i>	Stinnastör	<i>Carex bigelowii</i>
Hálingresi	<i>Agrostis capillaris</i>	Sveifgras	<i>Poa spp.</i>
Hálmgresi**	<i>Calamagrostis stricta</i>	Sýkigras	<i>Tofieldia pusilla</i>
Hengistör	<i>Carex rariflora</i>	Tröllastakkur	<i>Pedicularis flammea</i>
Hnoðamariustakkur**	<i>Alchemilla glomerulans</i>	Tungljurt	<i>Botrychium lunaria</i>
Holtasóley	<i>Dryas octopetala</i>	Túnfifill	<i>Taraxacum spp.</i>
Hrafnafifa	<i>Eriophorum scheuchzeri</i>	Túnsúra	<i>Rumex acetosa</i>
Hrafnaklukka	<i>Cardamine nymanii</i>	Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>
Hrafnastör	<i>Carex saxatilis</i>	Vallarsveifgras	<i>Poa pratensis</i>
Hrossanál	<i>Juncus arcticus</i> ssp. <i>intermedius</i>	Þursaskegg	<i>Kobresia myosuroides</i>
Jakobsfifill	<i>Erigeron borealis</i>	Þufusteibrjótur*	<i>Saxifraga caespitosa</i>
Fléttur			
Bikarfléttur	<i>Cladonia spp.</i>	Fjallagrös	<i>Cetraria spp.</i>
Breyskja	<i>Stereocaulon spp.</i>	Ormagrös**	<i>Thamnolia vermicularis</i>
Engjaskófir	<i>Peltigera spp.</i>		
Mosar og lifrarmosar			
Hélumosi	<i>Anthelia juratzkana</i>	Stjörnumosi*	<i>Marchantia polymorpha</i>
Lifrarmosi**	<i>Marchantiophyta spp.</i>		

* Tegund var aðeins skráð árið 2008. **Tegund var aðeins skráð árið 2016.



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

