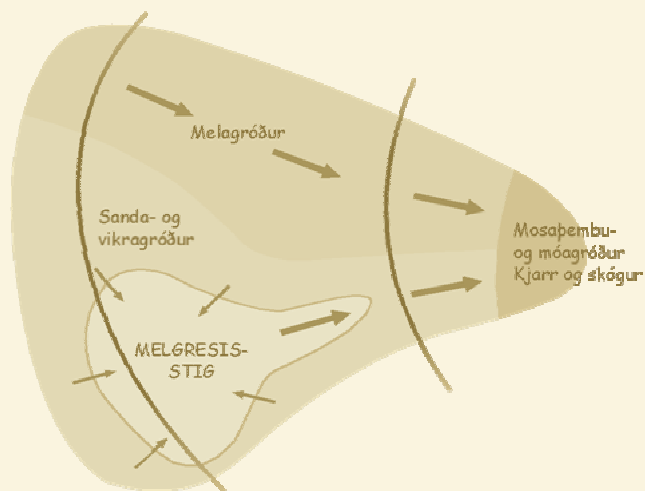


# FJÖLRIT

NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUNAR



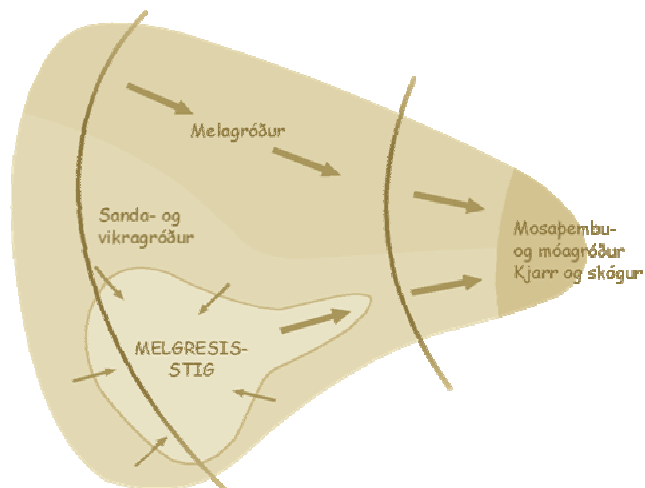
## ÁHRIF BEITARFRIDUNAR Á FRAMVINDU GRÓÐURS OG JARÐVEGS Á LÍTT GRÓNU LANDI

Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir



# FJÖLRIT

NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUNAR



## ÁHRIF BEITARFRIDUNAR Á FRAMVINDU GRÓÐURS OG JARÐVEGS Á LÍTT GRÓNU LANDI

Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir



# FJÖLRIT

NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUNAR

Nr. 49, desember 2007

Fjölrit Náttúrufræðistofnunar er ritröð sem hóf göngu sína árið 1985. Birtar eru greinar og skýrslur eftir starfsmenn stofnunarinnar og fræðimenn sem vinna í samvinnu við þá. Í hverju hefti er ein sjálfstæð grein um náttúrufræði. Útgáfan er óregluleg. Greinar eru ritaðar á íslensku með enskum útdrætti. Þær mega einnig vera á ensku en þá skal ávallt fylgja ítarlegur útdráttur á íslensku.

Vitnið til þessa rits á eftirfarandi hátt – *Refer to this publication as:*

Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir 2007

Áhrif beitarfriðunar á framvindu gróðurs og jarðvegs á lítt grónu landi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar Nr. 49. 67 s.  
*Effects of sheep grazing protection on succession in sparsely vegetated areas in Iceland. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar No. 49. 67 pp.*

#### Póstfang höfunda (Authors' address):

Sigurður H. Magnússon, Náttúrufræðistofnun Íslands, Pósthólf 5320, 125 Reykjavík  
Kristín Svavarsdóttir, Landgræðsla ríkisins, Keldnaholti, 112 Reykjavík

#### Ritnefnd:

Margrét Hallsdóttir, Guðmundur Guðmundsson, Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir  
Netföng: mh@ni.is, gg@ni.is, gge@ni.is

#### Kápumynd:

Framvindulíkan, einfaldað – sjá 16. mynd, bls. 34. Stílfærð teikning Lovísa Ásbjörmsdóttir.

#### Útgefandi:

NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUN ÍSLANDS  
Hlemmi 3      Borgum við Norðurslóð  
Pósthólf 5320      Pósthólf 180  
125 Reykjavík      602 Akureyri  
Sími: 590 0500      Sími: 460 0500  
Fax: 590 0595      Fax: 460 0501  
Netfang: ni@ni.is      Netfang: nia@ni.is  
<http://www.ni.is>

#### Útlit og umbrot:

Anette Theresia Meier, Björn Thomas

#### Prentun:

Guðjón Ó. – vistvæn prentsmiðja

© Náttúrufræðistofnun Íslands 2007

ISSN 1027-832X



**EFNISYFIRLIT**

ÁGRIP .....	5
ABSTRACT .....	5
INNGANGUR .....	6
AÐFERÐIR .....	7
Val á svæðum .....	7
Mælingar á gróðri og jarðvegi .....	7
Efnagreining jarðvegssýna .....	10
Úrvinnsla .....	10
LÝSING RANNSÓKNARSVÆÐA .....	12
Ástand lands, lengd friðunar og beitarþungi .....	13
NIÐURSTÖÐUR .....	14
Einkenni gróðurs og jarðvegs .....	14
Beit og plöntuval .....	18
Áhrif friðunar á samsetningu gróðurs .....	20
Áhrif friðunar á gróðurþekju .....	20
Áhrif friðunar á þekju einstakra háplöntutegunda .....	26
Áhrif friðunar á fjölbreytni háplantna .....	28
Áhrif friðunar á jarðveg .....	28
UMRÆÐA .....	30
Meginflokkar gróðurs á örfoka og lítt grónu landi .....	30
Áhrif beitarfriðunar á myndun gróðurþekju .....	30
Áhrif friðunar á fjölda tegunda og tegundasamsetningu .....	31
Eru áhrif beitar á gróður háð staðsetningu í landi? .....	32
Áhrif friðunar á jarðveg .....	33
Megindrættir í gróðurframvindu á örfoka og lítt grónu landi .....	33
LOKAORÐ .....	36
ÞAKKIR .....	38
ENGLISH SUMMARY .....	39
Introduction .....	39
Methods .....	39
Results and discussion .....	40
Conclusions .....	43
HEIMILDIR – REFERENCES .....	44
VIÐAUKAR – APPENDICES .....	47
1. viðauki: Lýsing rannsóknarsvæða – <i>Description of sites</i> .....	47
2. viðauki: Ljósmyndir – <i>Photos</i> .....	52
3. viðauki. Listi yfir tegundir og tegundahópa sem skráðir voru á rannsóknarsvæðunum <i>List of species and species groups measured at the study sites</i> .....	66
MYNDIR – FIGURES	
1. mynd. Staðsetning rannsóknarsvæða <i>Location of the study sites</i> .....	8
2. mynd. Niðurstöður DCA-hnitunar fyrir reiti (A), samband umhverfispátta og hnitunar (B) <i>DCA-ordination of plots (A), relationship between environmental variables and ordination (B)</i> .....	15
3. mynd. DCA-hnitun reita á einstökum svæðum og TWINSPAN-flokkar <i>DCA-ordination of plots at different study sites and TWINSPAN results of classification</i> .....	16
4. mynd. Niðurstöður DCA-hnitunar fyrir tegundir <i>DCA-ordination of species</i> .....	17



5. mynd.	Samband landgerða og DCA-hnitunar <i>Land types superimposed on DCA-ordination</i> .....	18
6. mynd.	Flokkun svæða eftir beitarummerkjum <i>Frequency of grazing signs at the study sites</i> .....	19
7. mynd.	Beitartíðni á háplöntutegundum <i>Frequency of grazing signs on vascular plants</i> .....	19
8. mynd.	Helstu gróðurbreytingar við friðun samkvæmt DCA-hnitun <i>The main pattern of vegetation change according to the DCA-ordination</i> .....	21
9. mynd.	Heildargróðurþekja á beittu og friðuðu landi <i>Total vegetation cover on grazed and ungrazed land</i> .....	21
10. mynd.	Þekja háplantna á beittu og friðuðu landi <i>Cover of vascular plants on grazed and ungrazed land</i> .....	22
11. mynd.	Mosaþekja á beittu og friðuðu landi <i>Cover of mosses on grazed and ungrazed land</i> .....	23
12. mynd.	Fléttuþekja á beittu og friðuðu landi <i>Cover of lichens on grazed and ungrazed land</i> .....	25
13. mynd.	Þekja lágplöntuskáran á beittu og friðuðu landi <i>Cover of cryptogamic crust on grazed and ungrazed land</i> .....	26
14. mynd.	Fjöldi háplöntutegunda á beittu og friðuðu landi <i>Species richness of vascular plants on grazed and ungrazed land</i> .....	28
15. mynd.	Sýrustig og kolefni í jarðvegi á beittu og friðuðu landi <i>pH and carbon content in soil of grazed and ungrazed land</i> .....	29
16. mynd.	Framvindulíkan lagt yfir niðurstöður DCA-hnitunar <i>Model of plant succession superimposed on the results of DCA-ordination</i> .....	34
17. mynd.	Framvindulíkan lagt yfir niðurstöður DCA-hnitunar – áhrif hlýnunar <i>Model of plant succession superimposed on the results of DCA-ordination – effects of climatic warming</i> .....	43
<b>TÖFLUR – TABLES</b>		
1. tafla.	Yfirlit yfir mælingar – <i>A summary of measurements</i> .....	8
2. tafla.	Þekjukvarðinn sem notaður var við mælingarnar <i>The cover scale used in the vegetation assessment</i> .....	9
3. tafla.	Yfirlit yfir helstu einkenni rannsóknarsvæðanna <i>Summary of the main characteristics of the study sites</i> .....	12
4. tafla.	Yfirlit yfir lengd gróðurframvindu, friðun, beitarþunga og ástand lands við upphaf friðunar – <i>Summary of length of succession, time of fencing, grazing pressure and vegetation conditions</i> .....	13
5. tafla.	Samband milli staðsetningar í landi og gróður- og jarðvegsþátta <i>The relationship between surface topography and different vegetation and soil variables</i> .....	22
6. tafla.	Helstu breytingar á þekju háplöntutegunda á rannsóknarsvæðunum við friðun <i>Effects of grazing protection on the cover of different vascular plant species</i> .....	27

## ÁGRIP

Hér á landi hafa áhrif beitar á gróður á grónu landi talsvert verið rannsökuð. Í þessari rannsókn var markmiðið hins vegar að kanna áhrif beitarfríðunar á framvindu á lítt grónu landi við mismunandi jarðvegsskilyrði og í mismunandi hæð yfir sjó. Rannsökuð voru 12 svæði á Suður-, Vestur- og Norðurlandi. Borin var saman gróðurþekja og tegundasamsetning á beittu landi og friðuðu og eftir staðsetningu í landi. Einnig var beitarfríðni einstakra háplöntutegunda metin og mælt kolefni og súrustig jarðvegs.

Niðurstöðurnar sýndu að friðun hraðar gróðurframvindu. Við friðun jókst heildargróðurþekja og tegundum háplantna fjölgaði staðbundið. Samsetning gróðurs varð önnur en þar sem land var beitt. Áhrif friðunar voru mismikil eftir svæðum. Mest reyndust þau þar sem loftslagsskilyrði eru hvað best, þ.e. á láglendi þar sem vaxtartími er langur. Niðurstöðurnar sýndu einnig að við góð skilyrði gat land gróið upp þrátt fyrir talsverða beit en gróðurfur varð þó ólíkt því sem var á friðuðu landi. Áhrif friðunar réðust einnig af landgerð. Við friðun mela þróaðist gróður í átt til mosapembu- og móagróðurs þar sem gamburmosar urðu ráðandi í gróðri. Við friðun sanda og víkra urðu gróðurbreytingar aðrar en þær stjórnuðust að miklu leyti af melgresi sem er lykiltægund í framvindu á slíku landi. Við friðun jókst þekja melgresis sem hlóð undir sig áfoksefnum og myndaði sandhóla. Frekari framvinda réðist af flutningi sands og þeim aðstæðum sem melgresið skapaði.

Minni drættir í landslagi reyndust hafa veruleg áhrif á gróðurþekju en hún var yfirleitt mest í lægðum. Dæmi voru um hið gagnstæða sem líklega má rekja til mikils sandflutnings á yfirborði. Niðurstöðurnar sýna að hægt er að flyta gróðurframvindu á örfoka og lítt grónu landi með friðun, einkum á láglendi en einnig á hálendissvæðum þar sem loftslagsskilyrði eru tiltölulega góð. Reikna má með að það taki áratugi að græða upp land með friðun einni saman.

Á grundvelli niðurstaðna er sett fram framvindulíkan um fyrstu stig framvindu á örfoka eða öðru gróðurlitlu landi. Þar er gert ráð fyrir að þrjár meginþættir ráði framvindu, þ.e. jarðvegsgerð, loftslagsskilyrði og beit. Reiknað er með að fækkun sauðfjár og hlýnandi veðurfar eigi eftir að ýta mjög undir sjálfgræðslu.

## ABSTRACT

Previous studies on the impact of sheep grazing in Iceland have been on relatively well vegetated land. The aim of the current study was to evaluate the effect of excluding sheep grazing on succession of sparsely vegetated land. The study covered twelve areas varying in altitudes and soil conditions in S-, W-, and N-Iceland, and sites were selected based on availability of comparable grazed and ungrazed land with known management history. Vegetation cover and species composition was compared between grazed and ungrazed land, and impact of small-scale topography was considered. Grazing sign frequency on individual plants was assessed.

Results indicate that protecting sparsely vegetated or eroded land from grazing speeds up the succession. Total vegetation cover and number of vascular plants increased locally. The impact of sheep exclusion differed between areas. The impact was the largest in areas with favourable climate, i.e. in lowland areas with a longer growing season. Results showed that where good growing conditions occur, sparsely vegetated land may revegetate despite considerable grazing; however the developed vegetation differed from the land retired from grazing. The influence of grazing was also dependent on land type. When gravel flat was protected from grazing, the vegetation developed towards moss-heath with *Racomitrium* moss dominating. The impact of excluding sheep from sand and tephra sites on succession was dependent on the presence of the native *Leymus* grass. Its cover increased when grazing was excluded and due to its nature of accumulating sand it greatly affected the development of the vegetation.

A small difference in landscape, i.e. variation on a small-scale, had a considerable influence on vegetation cover. Cover was higher in depressions than on the adjacent surroundings. The opposite was also found, though infrequent, and is likely to be due to sand movements.

A succession model based on the results of this study is proposed for the first stages of succession on eroded and sparsely vegetated land. In the model, three factors are expected to mainly control succession, i.e. soil characteristics, climate and grazing. Based on the proposed climate change in the near future together with an expected decrease in the number of sheep, it is likely that natural regeneration will be accelerated on eroded and sparsely vegetated land in Iceland.



## INNGANGUR

Á undanförmum öldum hefur gróður- og jarðvegs-eyðing verið eitt stærsta umhverfisvandamál hér á landi. Á viðáttumiklum svæðum, einkum innan gosbeltisins, hefur gróðurþekja rofnað og sá jarðvegur sem byggst hafði upp í tímans rás horfið fyrir áhrif vatns og vinda (t.d. Ingvi Þorsteinsson 1978, Sigurður H. Magnússon 1997). Svæði sem orðið hafa jarðvegseyðingu að bráð eru gróðurvana í fyrstu og gróðurframvinda er þar yfirleitt afar hæg, sérstaklega á hálendinu (Elín Gunnlaugsdóttir 1985). Ýmsir þættir geta valdið þessu. Rannsóknir benda t.d. til að við rof eyðist að mestu fræforði jarðvegsins (Sigurður H. Magnússon 1994) og því er flutningur fræs frá nálægum gróðurlendum oft forsenda landnáms plantna á örfoka landi. Nýir landnemar eiga í vök að verjast af ýmsum ástæðum. Jarðvegur á örfoka landi inniheldur yfirleitt mjög lítið af lífrænum efnum (t.d. Ólafur Arnalds 1990, Sigurður H. Magnússon 1994, Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1995, Arnalds og Kimbley 2001), en þau hafa mikil áhrif á vatnsheldni og næringarefnabúskap. Jarðvegur á rofsvæðum er næringarsnauður, einkum af köfnunarefni og fosfór (t.d. Elín Gunnlaugsdóttir 1985, Ólafur Arnalds 1990, Sigurður H. Magnússon 1994), sem veldur því að vöxtur plantna verður mjög hægur. Jarðvegur er auk þess óstöðugur vegna rofs og mikilla frosthreyfinga sem iðulega drepur unglöntur (Ása L. Aradóttir 1991, Sigurður H. Magnússon 1994). Á örfoka landi er víða lítið um skjól og skafrenningur og laus rofefni sverfa landnemagróður. Vegna lítillar gróðurþekju berst fræ og sina, líkt og laus rofefni, í verulegum mæli af rofsvæðunum til nærliggjandi gróðurlenda eða út í ár, læki og gil (Sigurður H. Magnússon 1994). Á rofsvæðum hefur rofið sjálft mikil áhrif á gróður, ekki aðeins á því landi sem orðið hefur örfoka, heldur einnig á grónu landi í næsta nágrenni rofjaðra. Vegna áfoks sem gróðurinn hleður undir sig þykkar jarðvegur sem síðan veldur verulegum breytingum á gróðri (t.d. Sigurður H. Magnússon 1994).

Fjöl margar rannsóknir, bæði hér á landi og erlendis, hafa sýnt að sauðfjárbætur getur haft mjög mikil áhrif á gróðurfar á grónu landi (t.d. King og Nicholson 1964, Ingibjörg Svala Jónsdóttir 1984, Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1992, Hulme o.fl. 1999, Björn Þorsteinsson og Anna Guðrún Þórhallsdóttir 2003). Við hóflega beit eykst yfirleitt fjöldi tegunda og vitað er að beit stuðlar oft að aukinni hringrás næringarefna í vistkerfinu (Chapin o.fl. 1986, Olofsson o.fl.

2004). Áhrif sauðfjárbeitar á landnám plantna og framvindu gróðurs og jarðvegs á örfoka landi hafa aftur á móti lítið verið rannsökuð en líklegt er að beit geti þar haft mjög mikil áhrif. Sennilegt er að traðk sauðfjár geti stuðlað að aukinni spirun fræs og bætt vaxtarskilyrði unglantna, einkum vegna meira skjóls og betri rakaskilyrða í fótsporun sauðfjár en annars staðar þar sem fé hefur ekki gengið. Hins vegar er líklegt að á næringarsnauðum svæðum, eins og örfoka melum, hafi beitin sjálf, þ.e. blaðskerðingin, mjög neikvæð áhrif þegar til lengri tíma er lítið (Sigurður H. Magnússon 1994) en vitað er að plöntur sem eru aðlagðar næringarsnauðu umhverfi vaxa yfirleitt afar hægt, halda vel í þau næringarefni sem þær ná í (Grime 1977, Chapin 1991, Grime og Campell 1991) og þola beit mjög illa (Grime 1979).

Rannsóknir sýna að áhrif beitar á rötarmagn plantna eru misjöfn. Sums staðar minnka rætur við beit (t.d. Rogalski 1977, Milchunas og Lauenroth 1989), en annars staðar eru áhrifin lítil (McNaughton o.fl. 1998). Einnig eru dæmi um að rötarmagn aukist með beit en minnki síðan á ný fari hún yfir ákveðin mörk (van der Maarel og Titlyanova 1989). Þótt ekki sé ljóst hvaða áhrif beit hefur á rætur plantna á örfoka landi er sennilegt að á fyrstu stigum framvindu dragi beitin úr rötarmyndun. Þá er einnig líklegt að á lítt grónu landi dragi beitin úr uppsöfnun kolefnis í jarðvegi vegna minni framleiðslu blaða og róta samanborið við friðuð land. Rannsóknir sýna að sýrustig í jarðvegi lækkar yfirleitt í frumframvindu m.a. vegna þess að við aukinn gróður eykst magn vetnisjóna og lífrænna sýra í jarðveginum (t.d. Walker og del Moral 2003). Því má reikna með að á örfoka landi sé sýrustig í jarðvegi nokkru lægra á friðuðu landi en beittu. Á rofsvæðum má auk þess búast við að beit dragi verulega úr blómgun og fræmyndun eftirsótttra beitartegunda, sem síðan kemur niður á fræfalli og landnámi þeirra (Sigurður H. Magnússon 1994).

Vitað er að áhrif sauðfjárbeitar á gróður eru m.a. háð beitarálagi (Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1992). Því má búast við að áhrif friðunar á örfoka eða öðru gróðurlitlu landi séu ólík eftir svæðum. Þá er einnig þekkt að tegundir eru mjög misjafnlega eftirsóttar til beitar (t.d. Ingvi Þorsteinsson 1980, Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1992, Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1995) en plöntuval sauðfjár á örfoka svæðum hefur lítið verið rannsakað hérlendis. Upplýsingar um plöntuval eru mikilvægar vegna þess að þær sýna hvaða tegundir verða helst fyrir búsisfjum af



völdum beitarinnar og geta því varpað ljósi á tegundasamsetningu á friðuðu landi og beittu.

Líklegt er að áhrif sauðfjárbeitar á landnám plantna og gróðurframvindu á örfoka landi séu misjöfn eftir aðstæðum. Sums staðar virðist land gróa upp tiltölulega hratt, líkt og dæmi eru um úr þjóðgarðinum í Skaftafelli (Eypór Einarsson og Kristbjörn Egilsson, óbirt gögn), en annars staðar sýnist gróður lítið breytast þrátt fyrir áratuga friðun, svo sem á vissum stöðum á Haukadalshéiði í Biskupstungum (Sigurður H. Magnússon, eigin athuganir). Rannsóknir hafa einnig sýnt að unnt er að græða upp land með áburðargjöf og sáningu grasfræs, jafnvel undir töliverðu beitarálagi. Fram hefur komið að við uppgræðsluna myndast gróðurþekja yfirleitt fyrr á friðuðu landi en beittu (Ingvi Þorsteinsson 1991). Uppgræðsla með áburði er dýr og því verður henni ekki við komið nema á tiltölulega afmörkuðum svæðum. Til greina hefur því komið að friða stór svæði á afréttum fyrir beit í þeim tilgangi að auka sjálfgæðslu (Ólafur Arnalds o.fl. 1997, Landgræðsluáætlun 2002, sjá einnig Andrés Arnalds 1998). Til þess að slíkar aðgerðir komi að sem bestum notum er mikilvægt að fyrir liggja haldgóðar upplýsingar um áhrif friðunar við mismunandi aðstæður.

Meginmarkmið þeirrar rannsóknar sem hér er greint frá var að kanna áhrif friðunar fyrir sauðfjárbeit á framvindu gróðurs og jarðvegs við mismunandi aðstæður á örfoka og gróðurlitlu landi.

Lögð var áhersla á að fá svör við eftirfarandi spurningum:

1. Hvaða áhrif hefur beitarfriðun á myndun gróðurþekju, tegundasamsetningu og fjölbreytni gróðurs?
2. Eru áhrif beitarfriðunar háð staðsetningu í landi (nærlandslagi)?
3. Hvaða tegundir eru einkum eftirsóttar til beitar á örfoka eða lítt grónu landi?
4. Hefur beitarfriðun áhrif á sýrustig jarðvegs og uppbyggingu kolefnis í jarðvegi?

Í rannsókninni var gróður mældur á 12 stöðum á Suður-, Vestur- og Norðurlandi. Aðstæðum á svæðunum var lýst og ýmsir umhverfisþættir mældir.

## AÐFERÐIR

### Val á svæðum

Valin voru 12 svæði til rannsókna, þrjú á Norðurlandi, átta á Suðurlandi og eitt á Vesturlandi (1. mynd). Eingöngu voru valin svæði sem orðið höfðu örfoka eða þar sem aðstæður fyrir landnám og framvindu gróðurs voru svipaðar og á örfoka landi, svo sem áraurar og sandsvæði. Valin voru svæði þar sem girðing skildi að friðað land og beitt. Miðað var við að friðun lands hefði staðið í 20–30 ár og að beitarsaga og önnur landnyting væri sæmilega þekkt. Sérstök áhersla var lögð á að land hefði ekki orðið fyrir áhrifum af hefðbundnum uppgræðsluaðgerðum, svo sem af áburðargjöf, sáningu grasfræs eða gróðursetningu trjáplantna. Reynt var að velja svæðin þannig að öll skilyrði önnur en beit væru sem líkust innan og utan girðingar. Hins vegar voru valin svæði við margbreytilegar aðstæður, t.d. í mismunandi hæð yfir sjó og með ólíka jarðvegsgerð. Þá var einnig miðað við að rannsóknarsvæðin væru dæmigerð fyrir stærri svæði en með því móti er betur unnt að heimfæra niðurstöður upp á svipað land annars staðar.

Erfitt reyndist að finna svæði sem uppfylltu öll ofangreind skilyrði en þau sem helst komu til greina voru afgirt landgræðslu- og skógræktarsvæði. Á mörgum þeirra hafði áburði og fræi verið dreift meðfram girðingum. Þar voru mælingar því ekki mögulegar. Allmörg landgræðslusvæði hafa verið friðuð með því að girt hefur verið á gamalgrónu landi utan við örfoka land. Þetta þýðir að aðstæður eru talsvert ólíkar innan og utan girðingar og svæðin því illa nothæf til þessarar rannsóknar. Til þess að rannsóknarsvæðin yrðu ekki allt of fá þurfti að slá af kröfunni um lengd friðunar og því voru tekin með til rannsóknar svæði sem höfðu verið friðuð frá 17 árum upp í 60 ár þótt upphaflega hafi ætlunin verið að skoða eingöngu áhrif 20–30 ára friðunar.

### Mælingar á gróðri og jarðvegi

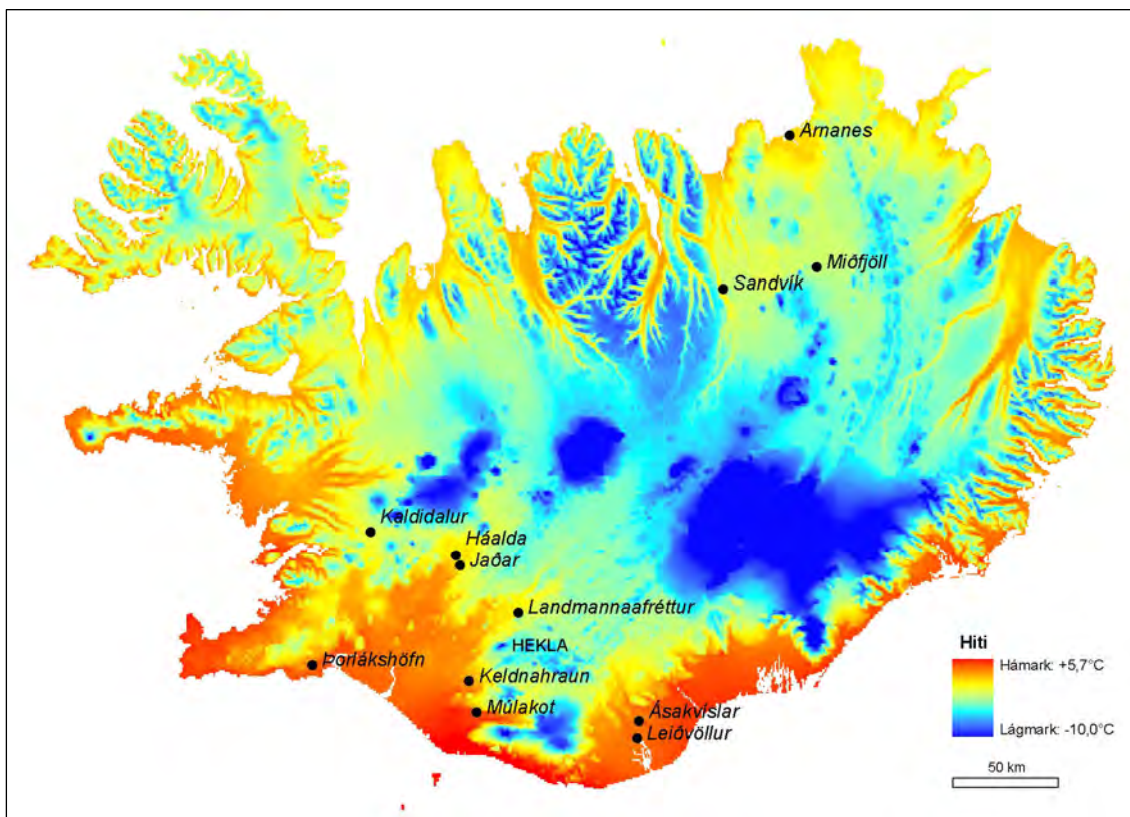
Mælingarnar fóru fram á þremur sumrum. Sumarið 1995 voru mæld fimm svæði á Suðurlandi og ári síðar þrjú á Norðausturlandi. Sumarið 1999 voru síðan mæld fjögur svæði sem öll voru á sunnan- og vestanverðu landinu (1. tafla, 1. mynd). Mælingar árin 1995–1996 fóru fram á tímabilinu 3. til 30. ágúst en árið 1999 frá 6. til 16. júlí.

Á hverju svæði voru afmarkaðar tvær 20 m breiðar mælispildur sitt hvorum megin girðingar sem skildu að beitt og friðað land. Lengd spildna



1. tafla. Yfirlit yfir mælingar á rannsóknarsvæðunum. – A summary of measurements at the 12 study sites.

Svæði	Tími mælinga	Lengd rannsóknarsvæðis (m)	Fjarlægð spildna frá girðingu (m) Friðað/Beitt	Fjöldi reita Friðað/Beitt
Site	Date of measurements	Length of site (m)	Distance from fence (m) Ungrazed/Grazed	Number of plots Ungrazed/Grazed
<b>Suðurland</b>				
Ásakvíslar	6.–7. júlí 1999	600	3–6/20	30/30
Háalda	29.–30. ágúst 1995	600	20/20	30/30
Jaðar	16.–17. ágúst 1995	600	20/20	30/30
Keldnahraun	10.–11. ágúst 1995	600	20/20	30/30
Landmannaafréttur	14.–15. ágúst 1995	800	20/20	40/40
Leiðvöllur	7.–9. júlí 1999	600	20/20	30/30
Múlakot	15.–16. júlí 1999	300	20/20	30/30
Þorlákshöfn	3.–8. ágúst 1995	900	20/20	27/30
<b>Vesturland</b>				
Kaldidalur	13.–14. júlí 1999	600	10–20/10–20	30/30
<b>Norðurland</b>				
Amanes	10. ágúst 1996	300	7/20	20/20
Miðfjöll	8.–9. ágúst 1996	900	20/20	30/30
Sandvík	12.–13. ágúst 1996	300	7/7	30/30



1. mynd. Staðsetning rannsóknarsvæða. Sýndur er meðalárshiti á landinu árin 1961–1990 reiknaður með hitalíkani Veðurstofu Íslands (Halldór Björnsson 2003). – Location of the study sites shown on a map of mean annual temperature based on data from the Icelandic Meteorological Office during the years 1961–1990 (Halldór Björnsson 2003).

var misjöfn eftir svæðum, eða 300–900 m, en flestar voru 600 m að lengd. Fjarlægð spildna frá girðingu var yfirleitt 20 m. Var sú fjarlægð talin heppileg í ljósi þess að með aukinni fjarlægð milli spildna aukast líkur á að landmunur hafi áhrif á niðurstöður. Mælingar mjög stutt frá girðingum eru hins vegar ekki æskilegar vegna þess að þar er beitarálag yfirleitt mun meira en annars staðar á beittu landi og niðurstöður gæfu því ekki raunhæfa mynd af aðstæðum á landi sem fjær liggur. Til þess að draga úr landmun milli friðaðs lands og beitts var í sumum tilvikum nauðsynlegt að stytta þessa fjarlægð (1. tafla). Hverri spildu var skipt upp í tvö til fjögur jafnlöng bil, misjafnt eftir svæðum. Með hjálp tilviljanatalna voru á hvert bil lagðir út 10 (100 x 33 cm) reitir á friðuðu landi og 10 á beittu.

Í hverjum reit voru kannaðir eftirfarandi þættir: gróðurþekja, jarðvegur, staðsetning í landi, halli, hallastefna, landgerð og beit. Til þess að fá nánari upplýsingar um útlit og ásýnd gróðurs og lands voru teknar yfirlitsmyndir af mælispildum á öllum svæðum og einnig nærmyndir af fimmta hverjum reit, bæði á beittu landi og friðuðu.

### Gróðurþekja

Í hverjum reit var heildargróðurþekja metin með sjónmati. Allar háplöntutegundir voru greindar til tegunda og skráðar, auk þess sem þekja þeirra var metin og einnig heildarþekja mosa, fléttna, sinu og ógróins yfirborðs. Einnig var metin sérstaklega þekja mosategundanna melagambra (*Racomitrium ericooides*)<sup>1</sup> og hraungambra (*R. lanuginosum*). Auk þess var þekja hlaðmosa og hnokkmosa (*Ceratodon* og *Bryum*) metin sem heild, og sömuleiðis þekja haddmosa og höttmosa (*Polytrichum* og *Pogonatum*). Á sama hátt var metin þekja engjaskófa (*Peltigera*) og breiskjufléttna (*Stereocaulon*). Þekja fjallagrasa (*Cetraria islandica*), melakræðu (*C. aculeata*) og munda-grasa (*C. delisei*) var einnig metin í heild en þessar fléttutegundir verða hér kallaðar kræðu-fléttur. Á þremur svæðum, þ.e. í Múlakoti, við Ásakvíslar og á Leiðvelli, var einnig metin þekja tildurmosa (*Hylocomium splendens*), mosans móasigðar (*Sanionia uncinata*) og þekja lágplöntuskánar sem samanstendur af ýmsum tegundum lágplantna, svo sem mosum, fléttum og þörungum.

Við þekjumat á öllum tegundum og tegundahópum

2. tafla. Þekjukvarðinn sem notaður var við mælingarnar en hann byggist á kvarða Braun-Blanquet. – *The cover scale (based on Braun-Blanquet) used in the vegetation assessment.*

Flokkur Class	Þekja (%) Cover	Miðgildi þekju (%) Cover midpoints
•	0–0,5	0,3
+	0,5–1	0,8
1	1–5	3
2	5–25	15
3	25–50	38
4	50–75	63
5	75–100	88

var notaður lítið breyttur þekjukvarði Braun-Blanquet (2. tafla).

### Jarðvegur

Þykkt jarðvegs var mæld við báða enda hvers reits með því að teinn (lengd 110 cm, þvermál 10 mm) var rekinn niður á fast undirlag eða aðra þetta fyrirstöðu.

Fimm jarðvegssýni (0–10 cm) voru tekin úr hverjum reit með 4,0 cm víðum jarðvegsbor og þeim síðan slegið saman í eitt sýni. Sýnin voru sett í bréfpoka og geymd rök í skugga þar til úti-vinnu á hverju svæði var lokið en þá voru þau þurrkuð við herbergishita.

### Staðsetning í landi

Staðsetning reits í landi var flokkuð í þrjá flokka: lægð, jafnlendi og topp.

- ♦ Lægð – reitur í gildragi eða í greinilegri lægð miðað við allra nánasta umhverfi.
- ♦ Toppur – reitur á hól eða hæð miðað við nánasta umhverfi.
- ♦ Jafnlendi – allt land annað en lægð eða toppur.

Tekið skal fram að þótt land sé flokkað sem jafnlendi getur það verið í halla. Hér er því eingöngu miðað við smærri drætti í landi en ekki við landslag, svo sem fjöll og dali. Við þessa flokkun var reynt að meta hvernig snjór myndi leggjast yfir ef hann væri til staðar. Þeir staðir sem líklegastir voru til að safna snjó voru flokkaðir sem lægð en þeir sem ólíklegastir voru til snjóöfnunar, svo sem hæstu rindar, hólar og toppar, voru flokkaðir sem toppur.

<sup>1</sup> Tegundaheiti háplantna miðast við Plöntuhandbók Harðar Kristinssonar (1986), mosa við skrá Bergþórs Jóhannssonar (2003) og tegundaheiti fléttna við lista Harðar Kristinssonar (óbirt handrit 1997).



### Halli og hallastefna

Halli og hallastefna u.þ.b. 25 m<sup>2</sup> bletts umhverfis hvern reit var ákvörðuð með einföldum áttavita með hallamæli.

### Landgerð

Í hverjum reit var land flokkað eftir yfirborðs- og jarðvegsgerð. Við þessa flokkun var reynt að meta ástand landsins eins og það var talið hafa verið við upphaf framvindu, þ.e. þegar plöntur tóku að nema land eftir jarðvegsrof eða flóð (á áraurum). Undantekning frá þessu var gamalgróið land sem ekki varð flokkað með þessum hætti enda mun lengra síðan framvinda hófst þar.<sup>1</sup>

- ◆ Áraurar – árframburður, blanda af skoluðu og misgrófu efni, sandur, mól og stærri steinar, sumir meira en 20 cm í þvermál.
- ◆ Melur – jarðvegur er að uppruna jökulruðningur, blanda af misgrófu efni, mold, sandi, mól og steinum. Sums staðar er grjót á yfirborði.
- ◆ Moldarmelur – jarðvegur er að hluta jökulruðningur eins og á melum en fínkornóttari og moldarrikari. Þar sem land er lítt gróið er mold áberandi á yfirborði.
- ◆ Hraunmelur – undirlag er hraun. Jarðvegur er blanda af fínu efni, allgrófum vikri og hraunvölum. Á ógrónu yfirborði eru víðast hraunvölur og/eða hraunsteinar, flestir minni en 10 cm í þvermál.
- ◆ Moldir – jarðvegur er fremur fínkorna, annað hvort áfoksjarðvegur eða blanda af honum og fínum sandi eða enn fínna efni. Jarðvegur er moldarlitaður.
- ◆ Klappir – jarðvegur er enginn eða aðeins örfáir sentimetrar að þykkt. Undirlag er misgróft, hraun eða berg.
- ◆ Sandur/sandhraun – jarðvegur er sandur eða fínn vikur á hrauni eða öðru undirlagi. Þykkt sandlags er yfirleitt meira en 20 cm.
- ◆ Gamalgróið land – gróið land sem ekki hefur blásið upp. Allþykkur áfoksjarðvegur.

### Beit

Merki um beit á gróðri var metin í hverjum reit og var hún flokkuð í þrjá flokka:

- ◆ Óveruleg beit – engin beitarummerki voru í reit eða aðeins bitið af einum sprota eða plöntu.
- ◆ Nokkur beit – bitið hafði verið af nokkrum til

allmörgum sprotum í reit, en fremur lítið af gróðri fjarlæggt.

- ◆ Mikil beit – bitið af mörgum sprotum í reitnum, verulegur hluti gróðurs fjarlægður.

Í hverjum reit var auk þessa skráð hvaða háplöntutegundir báru merki beitar. Beit var aðeins metin þar sem bitið hafði verið af blaðendum eða sprotum.

### Efnagreining jarðvegssýna

Eftir þurrkun við herbergishita voru jarðvegssýnin sigtuð gegnum sigti með 2 mm móskestærð. Að því loknu voru þau geymd í lokuðum plastdósum þar til þau voru efnagreind.

Til þess að draga úr kostnaði við efnagreiningar á jarðvegssýnum var eftirfarandi aðferð notuð til að fækka sýnum: Athugað var hvaða flokkar landgerða og staðsetningar í landi kæmu fyrir á hverju svæði. Dæmi um þetta er t.d. skipting á beittu landi á Jaðri í L-ME (lægð-melur), J-ME (jafnlendimelur), T-ME (toppur-melur). Úr hverjum flokki voru síðan valdir þrjú reitir af handahófi og jarðvegssýni úr þeim efnagreind.

Væru sýni færri en níu á friðaðri eða beitti mælisplidu á hverju svæði var sýnum bætt við í réttu hlutfalli við skiptingu milli flokka þannig að aldrei væru færri en níu sýni efnagreind af hverri mælisplidu á hverju svæði. Með þessari aðferð fækkaði sýnum úr 717 í 277.

Sýrustig var ákvarðað með sýrustigsmæli með glerelektróðu. Sýni voru bleytt upp með eimuðu vatni (hlutfall 1:1). Jarðvegi og vatni var blandað saman tvisvar á tveimur klukkustundum og sýrustig síðan mælt. Kolefni var mælt með kolefnismælitæki (Leco carbon determinator CR 12, Leco Corp., Michigan U.S.A.) (Merry og Spouncer 1988). Til að finna magn þurrkafnis var hluti hvers sýnis veginn og þurrkaður við 105 °C í sólarhring og þá veginn á ný.

### Úrvinnsla

Tegundasamsetning gróðurs í einstökum reitum var könnuð með hnitunargreiningu (e. ordination). Við hnitunina var byggt á gögnum úr 711 reitum af þeim 717 sem mældir voru en sleppa varð sex reitum af Landmannaafrétti sem voru gróðurlausir. Notað var forritið CANOCO, útgáfa 4 (ter Braak og Smilauer 1998). Valin var DCA-aðferð sem byggðist á þekju einstakra háplöntu-

<sup>1</sup> Á rannsóknarsvæðinu í Þorlákshöfn er girt eftir gömlum rofjaðri. Beggja vegna girðingar er land því blettótt, bæði gamalgróið og rofið. Mælingar voru gerðar á báðum þessum gerðum en þeim haldið aðskildum við úrvinnslu.

tegunda, þekju mosanna melagambra og hraungambra og þekju breiskjufléttna. Fyrir hnitunina var öllum þekjugildum log-umbreytt ( $\log(1+x)$ ) og notuð aðferð sem dregur úr vægi sjaldgæfra tegunda (e. downweighting of rare species). Að öðru leyti voru notaðar sjálfgefnar stillingar forritsins. Með greiningunni var tegunda-samsetning og vægi tegunda í einstökum reitum notað til þess að finna mynstur í gagnasafninu jafnframt sem samband mynstursins og 14 mismunandi þátta var kannað. Þeir voru: heildarþekja gróðurs, þekja sinu, háplantna, mosa, fléttna, kræðufléttna, engjaskófa og þekja hlaðmosa/hnokkmosa og haddmosa/höttmosa, sýrustig, kolefni í jarðvegi, halli lands, jarðvegsþykkt og fjöldi háplantna. Öllum þessum þáttum nema sýrustigi og fjölda tegunda var  $\log(1+x)$  umbreytt til að draga úr vægi skekktrar dreifingar.

Við úrvinnslu var notað meðaltal jarðvegsþykktar í hverjum reit. Ef þykkt hafði mælst meiri en 110 cm var henni gefið gildið 110. Var þessi aðferð talin ásættanleg í ljósi þess að rætur flestra þeirra háplantna sem við sögu koma í rannsókninni eru ekki svo djúpstæðar. Einnig var reiknað út meðaltal fyrir sýrustig og kolefni í hverjum flokki landgerðar og staðsetningar í landi, bæði á beittu og friðuðu landi á hverju svæði. Þessi meðaltöl voru notuð í hnitunargreiningunni fyrir þá reiti þar sem jarðvegssýni voru ekki mæld.

Til þess að kanna skyldleika gróðurs á svæðunum var notuð flokkun (e. classification). Flokkunin var gerð með forritinu TWINSPAN sem er hluti af PC-ORD forritasafninu, 4. útgáfa (McCune og Mefford

1999). Við flokkunina var byggt á meðalþekju einstakra háplöntutegunda á hverju svæði (12 svæði + gamalgróið land í Þorlákshöfn), auk meðalþekju mosategundanna melagambra og hraungambra og breiskjufléttna. Notuð voru skurðgildin 0, 2, 5, 10 og 20 en að öðru leyti notaðar sjálfgefnar stillingar forritsins.

Viðbrögð einstakra háplöntutegunda við friðun voru könnuð á hverju svæði með því að bera saman þekju þeirra á beittu landi og friðuðu með eins þáttar fervikagreiningu eftir að þekju (%) í reitum hafði verið umbreytt með  $\log(1+x)$ . Fyrir hvert svæði var samanburður eingöngu gerður á tegundum sem fundust í a.m.k. sjö eða fleiri reitum á beittu eða friðuðu landi.

Áhrif beitarmeðferðar og staðsetningar í landi á þekju tegundahópa (háplöntur, mosar, fléttur, láglöntuskán) voru könnuð fyrir hvert svæði með tveggja þátta fervikagreiningu á  $\log(1+x)$  umbreytt þekjugildi. Sama var einnig gert við fáeinir tegundir mosa (melagambra, hraungambra, móasigð) og nokkra undirflokka fléttna (breiskjufléttur, engjaskófir, kræðufléttur). Á hverju svæði var samanburður aðeins gerður ef tegundahópur eða tegund fannst í sjö eða fleiri reitum, annað hvort á beittu eða friðuðu landi. Sama aðferð var einnig notuð til að kanna áhrif friðunar og staðsetningar í landi á fjölda háplöntutegunda í reit.

Áhrif beitar/friðunar og staðsetningar reits í landi á magn kolefnis og sýrustig í jarðvegi voru metin með tveggja þátta fervikagreiningu í línulegu líkani með aðferð minnstu kvaðrata.





## LÝSING RANNSÓKNARSVÆÐA<sup>1</sup>

Umhverfisaðstæður eru talsvert mismunandi á rannsóknarsvæðunum, bæði er munur á landgerðum og loftslagi (3. tafla). Á helmingi svæðanna er jarðvegur mjög sandríkur, þ.e. á Leiðvelli, Ásakvíslum, Keldnahrauni, Landmannafrétti, Arnanesi og í Miðfjöllum. Á fjórum er melajarðvegur ráðandi, þ.e. á Jaðri, Háöldu, Kaldadal og í Sandvík, enda eru þau öll á jökulruðningi. Svæðið í Þorlákshöfn hefur nokkra sér-

stöðu að því leyti að þar hefur jarðvegsrof aðeins eytt gróðri og jarðvegi að hluta til. Svæðið í Múlakoti er ólíkt hinum því þar er um áraura að ræða. Sjá einnig ljósmyndir í 2. viðauka. Á svæðunum er meðalúrkoma mjög mismikil (3. tafla). Minnst er hún á Norðurlandi, þ.e. á Miðfjöllum, í Arnanesi og Sandvík (500–600 mm/ár), en mest á svæðunum á láglendi Suðurlands, Leiðvelli, Ásakvíslum, Múlakoti og Þorlákshöfn, og á svæðinu á Kaldadal (1500–1800 mm/ár).

3. tafla. Yfirlit yfir helstu einkenni rannsóknarsvæðanna, ástand lands, legu og loftslag. Úrkoma er áætluð út frá úrkomukorti Öddu Báru Sigfúsdóttur og miðast við mælingar frá árunum 1931–1960 (Markús Á. Einarsson 1976). Meðalhiti er fenginn frá Veðurstofu Íslands og miðast við veðurgögn frá árunum 1961–1990 sem unnin hafa verið í reiknilíkani Veðurstofunnar og þannig fenginn hiti fyrir landeiningar sem eru 1x1 km að stærð (Halldór Björnsson 2003). – *Summary of the main characteristics of the study sites. Precipitation is estimated from a map presented in Markús Á. Einarsson (1976). Temperature is obtained from a model of the Icelandic Meteorological Office (Halldór Björnsson 2003).*

Svæði	Ástand lands þegar mælingar fóru fram	Hæð yfir sjó (m)	Meðalúrkoma 1931–1960 (mm)	Meðalhiti árs 1961–1990 (°C)	Meðalhiti í janúar 1961–1990 (°C)	Meðalhiti í júlí 1961–1990 (°C)
Site	Land conditions	Altitude m a.s.l.	Mean annual precipitation	Mean annual temp.	Mean January temp.	Mean July temp.
<b>Suðurland</b>						
Ásakvíslar	Allvel gróið sandorpið hraun	75	1800	3,9	-1,2	10,8
Háalda	Lítt gróinn jökulruðningur	280	1300	2,1	-3,5	9,7
Jaðar	Lítt gróinn jökulruðningur	280	1300	2,3	-3,2	9,9
Keldnahraun	Lítt gróið sandorpið hraun	190	1200	3,2	-2,1	10,4
Landmannafréttur	Lítt gróið sandorpið hraun	320	1200	2,1	-3,6	9,6
Leiðvöllur	Allvel gróið sandorpið hraun	45	1800	4,1	-1,0	11,0
Múlakot	Allvel gróinn áraur	85	1600	4,7	-0,1	10,6
Þorlákshöfn	Hraun að hluta hulið jarðvegi Allvíða misgrónar rofskellur	55	1500	3,8	-1,1	10,1
<b>Vesturland</b>						
Kaldidalur	Lítt gróinn jökulruðningur	415	1800	0,9	-4,4	8,3
<b>Norðurland</b>						
Arnanes	Gróinn sandur	5	500	2,4	-2,6	9,4
Miðfjöll	Lítt gróið sandorpið hraun	380	500	0,4	-5,7	8,9
Sandvík	Lítt gróinn jökulruðningur	270	600	1,3	-4,1	9,2

<sup>1</sup> Nánari lýsing á svæðunum er gefin í 1. viðauka.

4. tafla. Yfirlit yfir lengd gróðurframvindu, friðun, beitarpunga og gróðurþekju við upphaf friðunar, sjá 1. viðauka. – Summary of length of succession, time of fencing, vegetation conditions and grazing pressure at the study sites.

Svæði <i>Site</i>	Upphaf gróðurframvindu (ár) <i>Onset of plant colonisation/time of disturbance, yr</i>	Land friðað (ár) <i>Time of fencing, yr</i>	Áætluð gróðurþekja við upphaf friðunar <i>Estimated plant cover at the time of protection from grazing</i>	Lengd friðunar (ár) <i>Protection from grazing, yrs</i>	Áætlaður beitarpungi á beittu landi <i>Estimated grazing pressure on the grazed site</i>
<b>Suðurland</b>					
Ásakvíslar	1962	1966	Lítt gróið	33	Lítill
Háalda	1100–1200	1966	Lítt gróið	29	Lítill
Jaðar	1300–1693	1970	Lítt gróið	25	Lítill
Keldnahraun	Fyrir 1700	1967	Lítt gróið	28	Nokkur
Landmannaafreittur	Óþekkt	1970	Lítt gróið	25	Óviss
Leiðvöllur	1945	1945	Nánast gróðurlaust	54	Mikill-nokkur
Múlakot	1952	1971	Nánast gróðurlaust	28	Nokkur
Þorlákshöfn	1935	1935	Lítt gróið	60	Mikill-lítill
<b>Vesturland</b>					
Kaldidalur	Óþekkt	1937	Lítt gróið	62*	Nokkur
<b>Norðurland</b>					
Arnanes	Óþekkt	1935	Gróðurþekja óviss	61	Nokkur
Miðfjöll	Óþekkt	1974	Lítt gróið	22	Óviss
Sandvík	Óþekkt	1979	Lítt gróið	17	Lítill

\* Mæðuveikigirðing var sett upp árið 1937. Ný girðing sett upp í staði hennar 1974–1976. Beit austan girðingar lítil frá 1937–1976, land nánast friðað eftir það. Landið hefur því verið að mestu friðað í 62 ár.

Meðalhiti árs er sömuleiðis talsvert mismunandi eftir svæðum, sem er bæði háð hvar á landinu þau eru og hæð yfir sjávarmáli (3. tafla). Lægstur meðalhiti er í Miðfjöllum og á Kaldadal (0,4 og 0,9 °C) sem liggja hæst allra svæða, eða í 380 og 415 m hæð. Hæstur meðalhiti er hins vegar á svæðunum á láglendi sunnanlands, þ.e. í Múlakoti, Leiðvelli, Ásakvíslum og í Þorlákshöfn (3,8–4,7 °C).

### Ástand lands, lengd friðunar og beitarpungi

Gróðurframvinda á sér mislanga sögu á rannsóknarsvæðunum (4. tafla). Á sumum þeirra hefur land orðið örfoka fyrir öldum (200–900 árum) eins og á Háöldu, Jaðri, Keldnahrauni og á Landmannaafreitti. Á öðrum hefur gróðurfram-

vinda hins vegar aðeins staðið í nokkra áratugi. Miðað við þær upplýsingar sem fyrir liggja er einna styst síðan gróður fór að nema land eftir eyðingu í Ásakvíslum, Múlakoti og á Leiðvelli (40–50 ár).

Við upphaf friðunar hefur gróðurþekja verið mismikil eftir svæðum en flest þeirra hafa verið mjög lítið gróin (4. tafla). Beitarpungi utan girðingar hefur einnig verið misjafn eftir svæðum (4. tafla). Einna minnstur hefur hann verið í Ásakvíslum, á Háöldu, Jaðri og í Sandvík. Nokkru meiri í Múlakoti, Keldnahrauni, Arnanesi og á Kaldadal en mestur í Þorlákshöfn og á Leiðvelli. Á síðasttöldu svæðunum tveimur var beitarálag mikið fyrstu áratuginu eftir að girt var en verulega dró úr því með tímanum.



## NIÐURSTÖÐUR

### Einkenni gróðurs og jarðvegs

Samtals fannst 81 tegund háplantna í þeim 717 reitum (100 x 33 cm) sem mældir voru á svæðunum 12. Algengustu tegundirnar voru túnvingull og blóðberg sem voru skráðar í 69% og 64% reita. Af öðrum algengum tegundum má nefna axhæru (47%), týtulingresi (40%) og krækilyng (31%). Mosategundirnar melagambri og hraungambri voru einnig mjög algengar en þær voru skráðar í 54% og 30% reita.

Niðurstöður hnitunargreiningar sýna að heildar-breytileiki gróðurs á rannsóknarsvæðunum er verulegur því að reitir á 1. ási hnitunar spanna um 5 staðalfrávikseiningar en um 4,5 einingar á 2. ási (2. mynd). Tekið skal fram að fjarlægð milli reita á slíkum myndum sýnir hversu lík eða ólík tegundasamsetning í reitunum er. Því lengra sem er á milli þeirra þeim mun ólíkari er tegundasamsetningin, en séu reitir þétt saman er samsetning tegunda í reitum lík. Almennt má segja að reitir sem lengra er á milli en nemur fjórum staðalfrávikseiningum hafi fáar eða engar tegundir sameiginlegar (Hill 1979, ter Braak 1987, Gould og Walker 1999).

Langstærsti hluti breytileikans kom fram á fyrstu tveimur ásum hnitunarinnar en eigingildi (e. eigenvalue) þeirra var 0,53 og 0,33. Eigingildi hinna ásanna tveggja sem greiningin gefur var 0,23 og 0,18. Bent skal á að eigingildi er ætíð tala á milli 0 og 1. Því hærri sem það er, þeim mun mikilvægari er viðkomandi ás í hnituninni.

Niðurstöðurnar sýna að reitir mynda nokkurs konar þríhyrning á grafi fyrstu ásanna tveggja (2. mynd A). Það gefur til kynna að mestu andstæður í gróðri séu þrjár, þ.e. reitir á hornum þríhyrningsins. Ekki eru skörp skil á milli gróðurgerða því reitir mynda hvergi vel afmarkaða hópa á myndinni þótt þéttleiki þeirra sé misjafn.

Samband umhverfis- og gróðurþátta við hnitunar-ása greina megindrætti í gróðri og umhverfi (2. mynd B). Heildarþekja gróðurs, mosapekja og sýrustig jarðvegs voru þeir þættir sem sýndu sterkasta samsvörum við gróðurmynstrið eins og það birtist í hnituninni en samband þetta má ráða af lengd og stefnu örva. Allsterk samsvörum var

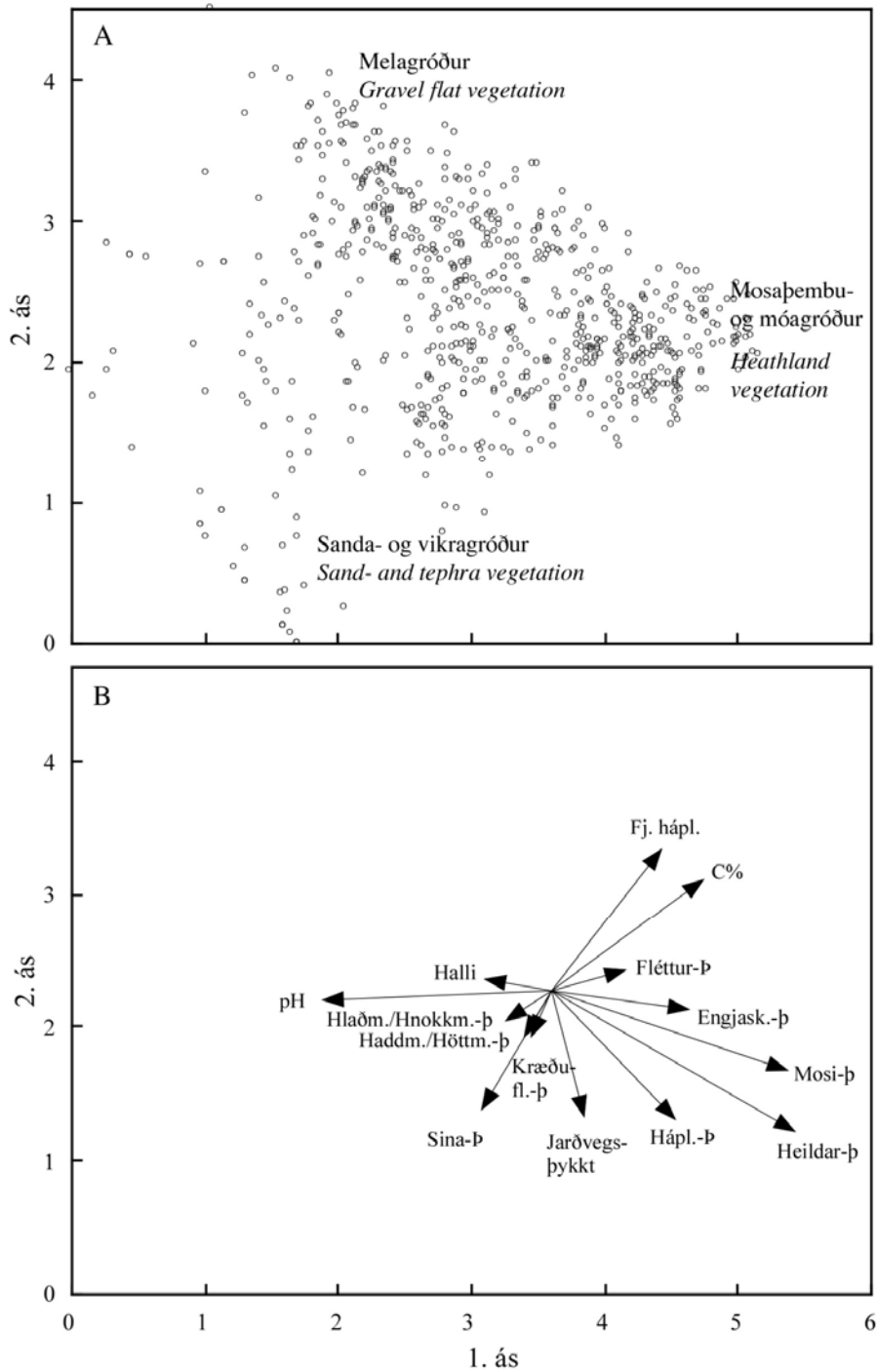
einnig við kolefnisinnihald jarðvegs, þekju og fjölda háplöntutegunda, þekju sinu og jarðvegsþykkt. Aðrar breytur sýndu fremur litla samsvörum við dreifingu reita á fyrstu ásunum tveimur, einkum þó þekja kræðufléttna og haddmosa/höttmosa og hlaðmosa/hnokkmosa.

Að jafnaði eykst heildarþekja, þekja mosa, háplantna og engjaskófa þegar farið er frá vinstri og nokkuð niður á við og til hægri á myndinni. Fjöldi háplantna í reit eykst hins vegar þegar farið er frá vinstri til hægri og upp á við. Breytingar á sýrustigi í reitum falla nánast saman við 1. ás hnitunarinnar en fylgni milli sýrustigs og hnita á ásum var  $-0,65$  ( $r^2 = 0,42$ ;  $p < 0,001$ ;  $n = 711$ ). Þannig eru hæstu pH-gildin í reitum lengst til vinstri á myndinni.

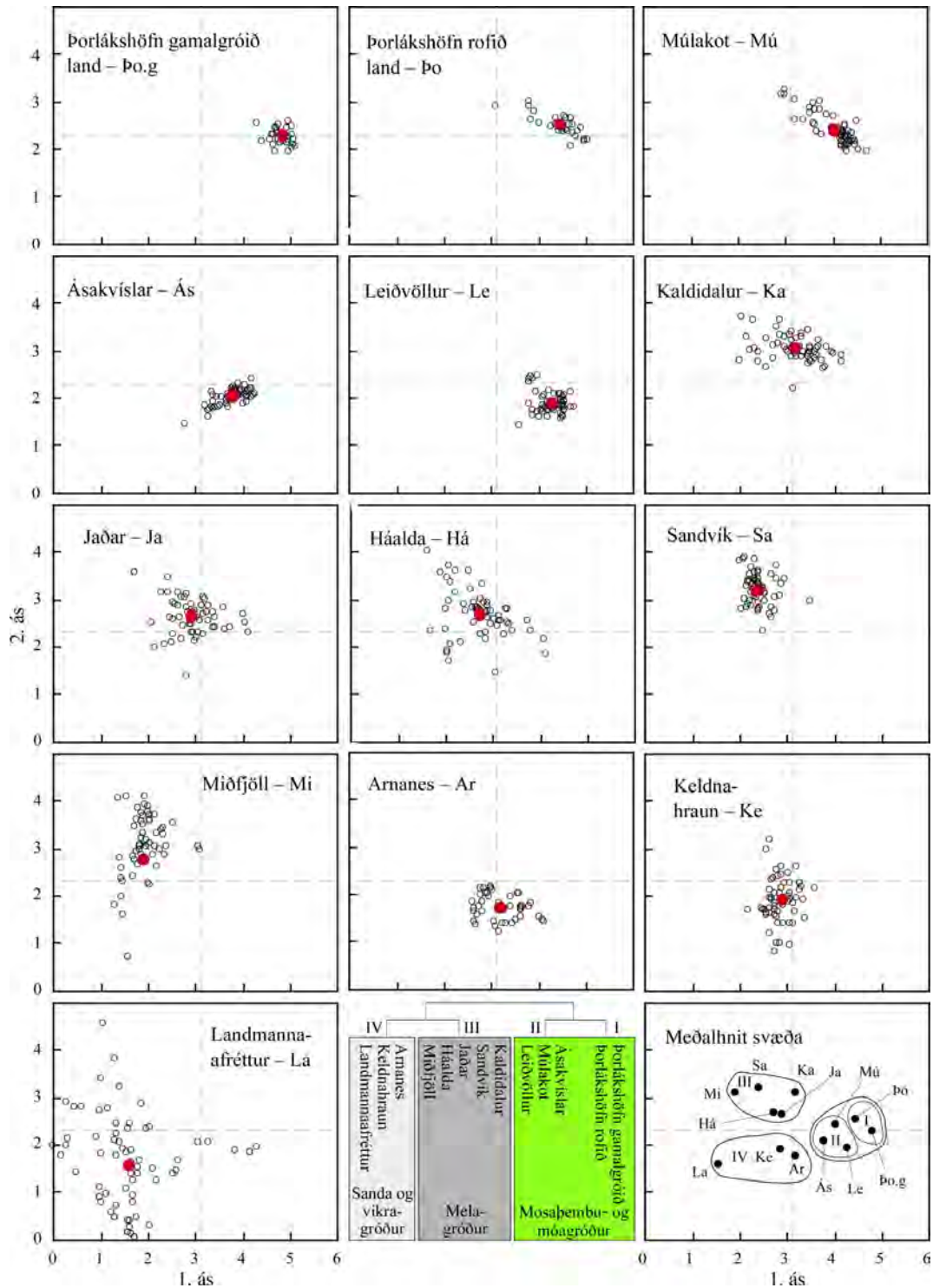
Neikvæð fylgni var einnig á milli þess hve hátt svæðin lágu yfir sjó og meðalhrita reita af hverju svæði á 1. ási hnitunar eða  $-0,74$  ( $r^2 = 0,55$ ;  $n = 12$ ;  $p < 0,01$ ). Það þýðir að fyrsti ás hnitunarinnar endurspeglar að talsverðu leyti legu svæða yfir sjó; því hærra sem svæðin liggja því lægri gildi hafa þau á 1. ási hnitunar.

TWINSpan-flokkun á gróðri einstakra svæða ásamt samanburði við hnitun tegunda gefur nánari upplýsingar um gróðurmynstrið á svæðunum (3. og 4. mynd). Við fyrstu skiptingu TWINSpan-flokkunarinnar greindust svæðin í tvo misstóra hópa (5 og 8 svæði) sem síðan skiptast í tvo hópa hvor (I–IV) (3. mynd). Staðsetning hópa á fyrstu tveimur ásum sýnir að meiri munur er á milli flokka III og IV en á milli flokka I og II. Flokkunin líkt og hnitunin gefur til kynna að gróðurinn sé af þremur megingerðum. Fyrsta gerðin er mosapekju- og móagróður, þ.e. flokkar I og II. Hún finnst aðallega á fjórum svæðum, þ.e. í Þorlákshöfn, á Leiðvelli, í Múlakoti og í Ásakvíslum, en öll þessi svæði hafa þungamiðju reitadreifingar hægra megin á 1. ási (3. mynd). Gróðurinn einkennist einkum af mikilli þekju mosanna hraungambra og melagambra og af nokkrum runnategundum, s.s. beitylengi, grasvíði og krækilyngi (4. mynd). Aðrar einkennandi tegundir eru gulmaðra, blávingull og vallhæra. Svæðin í þessum flokki, sem eru öll á láglandi Suðurlands, eru allvel gróin og fremur tegundarík.

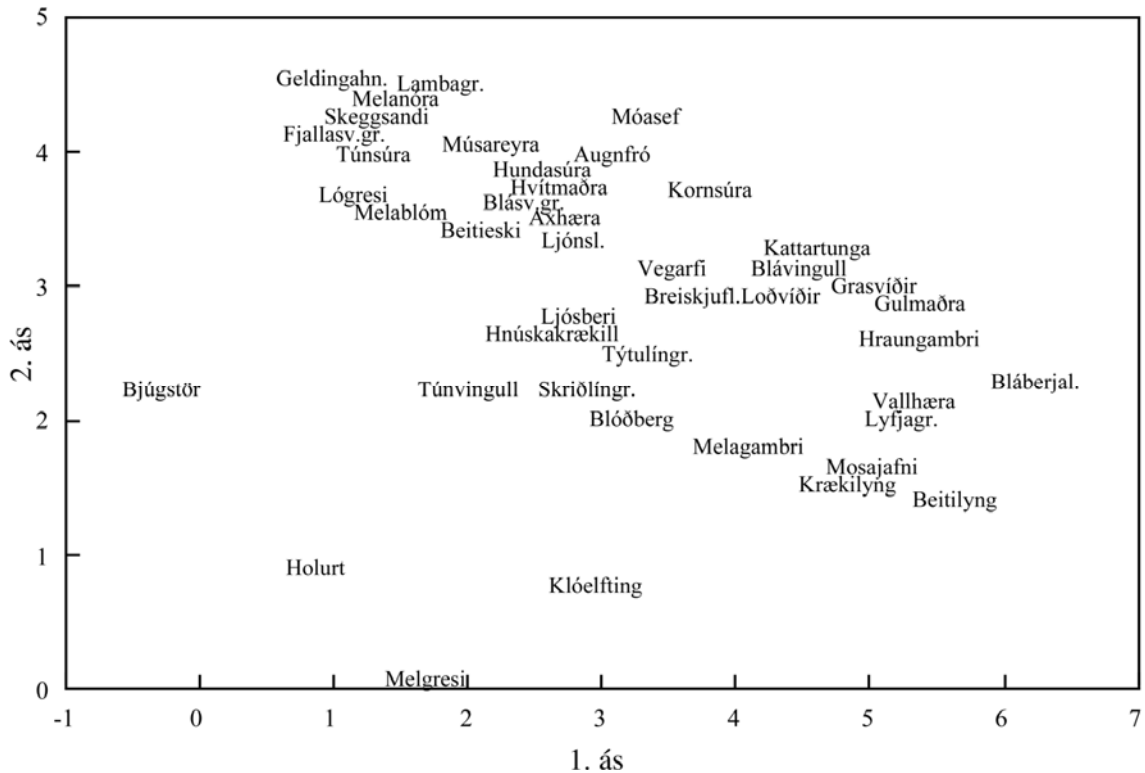




2. mynd. (A) Niðurstöður DCA-hnitunar fyrir reiti (punktar á grafi) byggðar á þekju allra háplöntutegunda, þekju mosanna melagambra og hraungambra og þekju breiskjuflettna. (B) Samband umhverfisþátta við niðurstöður hnitunar. Lengd örva og stefna gefur til kynna fylgni milli breytu og hnitunarása. Breyturnar eru: Magn kolefnis í jarðvegi (C%), sýrustig (pH), jarðvegsþykkt, halli lands, fjöldi háplöntutegunda í reit, heildarþekja gróðurs, þekja (þ) háplantna, mosa, fléttna, sinu, engjaskófa, kræðuflettna og hlaðmosa/hnokkmosa og haddmosa/höttmosa. – (A) DCA-ordination of plots based on cover of vascular plant species, the mosses *Racomitrium lanuginosum* and *R. ericoides* and the overall cover of *Sterocaulon sp.* (B) Relationship between measured environmental variables and the DCA-ordination. Length of an arrow indicates the relative importance of the variables in explaining the vegetational variation. C% = carbon content of soil; pH = pH of soil; jarðvegsþykkt = soil depth; halli = slope; Fj. hápl. = number of vascular plant species/0.33 m<sup>2</sup>; þ = cover; hápl. = vascular plants; mosi = mosses; fléttur = lichens; sina = litter; engjask. = *Peltigera sp.*; kræðufl. = *Cetraria islandica*, *C. acuelata* and *C. delisei*; hlaðm./hnokkm. = *Ceratodon* and *Bryum*; haddm./höttm. = *Polytrichum* and *Pogonatum*.



3. mynd. DCA-hnitun reita (opnir hringir) á einstökum svæðum og meðalhnit á hverju svæði (rauðir punktar). Brotnar línur sýna meðalhnit allra reita á hvorum ási. Neðst fyrir miðju er sýnd niðurstaða TWINSpan-flokkunar svæða. Neðst t.h. eru sýnd meðalhnit reita á hverju svæði. Hringir eru dregnir um megingróðurgerðirnar þrjár. Mosapembu- og móagróður (TWINSpan-flokkar I-II), melagróður (TW-fl. III) og sanda- og vikragróður (TW-fl. IV). Sjá nánar í texta. – DCA-ordination of plots. Location of individual plots (open circles) and a mean for plots at each site (red dots) are shown separately for each study site. Hatched lines indicate the mean for all plots along the two axes. TWINSpan results of classification of sites are shown in the bottom center. At bottom right are the means for each site. Circles indicate the main TWINSpan classes. Classes I-II = heathland vegetation, class III = gravel flat vegetation, class IV = sand- and tephra vegetation.



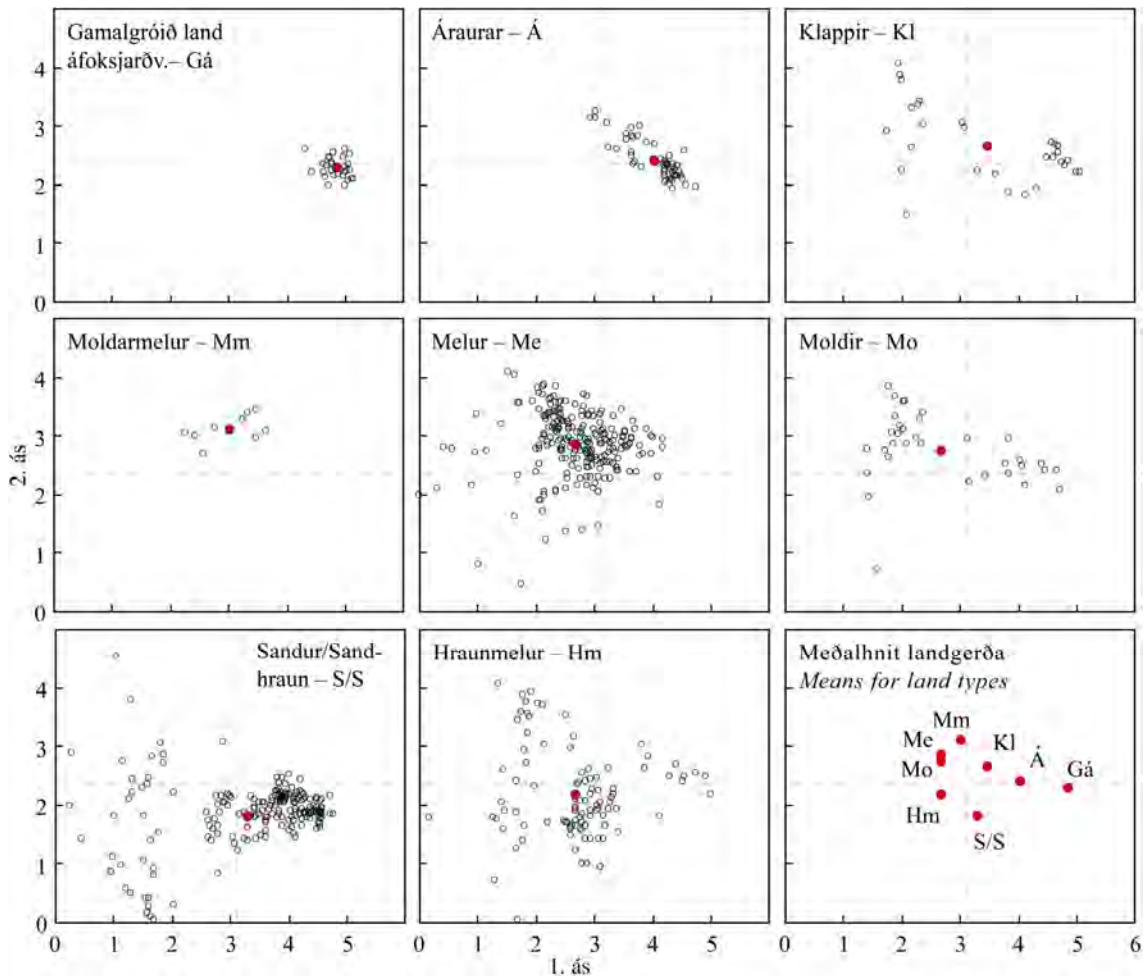
4. mynd. Niðurstöður DCA-hnitunar fyrir tegundir. Eingöngu eru sýnd hnit tegunda og tegundahópa sem fundust í fleiri en 20 reitum. – DCA-ordination of species, names are only shown for species found in more than 20 plots. The Latin names are given in Appendix 3.

Hinar gróðurgerðirnar tvær koma fram sem TWINSPAN-flokkar III og IV (3. mynd). Þungamiðjur reitadreifingar á þessum svæðum eru allar vinstra megin á 1. ási hnitunarinnar en flokkarnir aðgreinast á 2. ási. Önnur megingerð gróðurs (III. flokkur) finnst aðallega á fimm svæðum sem öll eru á hálendi eða í hálendisbrúninni bæði sunnan og norðan jökla, þ.e. á Kaldadal, Jaðri, Háöldu, í Sandvík og á Miðfjöllum. Einkennandi tegundir eru geldingahnappur, lambagras, músareyra, skeggsandi og túnsúra (4. mynd). Gróður þessi, sem er dæmigerður melagróður, er allbreytilegur sem sést á því að reitir á einstökum svæðum eru talsvert dreifðir (3. mynd). Land þetta er fremur illa gróið en mistegundaríkt.

Þriðju megingerð gróðurs (IV. flokkur) er aðallega að finna á þremur svæðum, þ.e. Landmannafrétti og Keldnahrauni, sem bæði eru í hálendisbrúninni sunnan jökla, og Armanesi sem er á láglandi norðanlands (1. og 3. mynd). Einkennandi tegundir eru bjúgstör, holurt, klóelfting og melgresi (4. mynd). Gróðurinn, sem er sanda- og vikragróður, er nokkuð breytilegur, sem sést á allmikilli dreifingu einstakra reita (3. mynd). Tegundafjölbreytileiki er yfirleitt lítil og gróðurþekja misjöfn.

Niðurstöðurnar sýna að gróðurinn endurspeglar að verulegu leyti þær landgerðir sem komu fyrir á svæðunum (5. mynd). Minnt skal á að flokkun reita í landgerðir byggðist á ástandi landsins eins og það var talið hafa verið þegar plöntur tóku að nema land eftir jarðvegsrof eða flóð (á áraurum).

Gróður á landi sem flokkað var sem gamalgróið (eingöngu í Þorlákshöfn) var mjög einsleitur en reitir þessarar landgerðar mynda þetta þyrpingu lengst til hægri á 1. ási (5. mynd). Þetta er dæmigerður mosapembu- og móagróður. Á áraurum, sem aðeins var að finna í Múlakoti, var gróður breytilegri (5. mynd). Í flestum áraurareitum var mosapembu- og móagróður en staðsetning reita á fyrstu tveimur ásunum sýnir að gróður auranna ber sums staðar sterk einkenni melagróðurs. Minni drættir í landslagi ráða miklu um þennan mun sem kemur greinilega fram á 1. ási hnitunarinnar. Reitir sem flokkaðir voru sem toppar báru sterkust melaeinkenni en meðalhnit þeirra á 1. ási var 3,9. Meðalhnit reita sem flokkaðir voru sem jafnlandi eða lægðir voru hins vegar 4,2 og 4,4 en þessar landgerðir voru vaxnar mosapembu- og móagróðri og líktust mest gróði á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn.



5. mynd. Flokkun reita eftir landgerðum lögð ofan á niðurstöður DCA-hnitunar. Rauðir punktar tákna meðalhnit hversrar gerðar. Brotnar línur sýna meðalhnit allra reita á hvorum ási. Sjá nánar í texta. – *DCA ordination of the sampled plots with different land types superimposed. Gá = old heathland, Á = river gravel, Kl = bare rock, Mm = gravel mixed with brown andosol, Me = gravel flat, Mo = bare brown andosol, S/S = sand and sandy lavas, Hm = mixture of fine aeolian sediment and tephra on lava. Hatched lines indicate the mean for all plots along the two axes. Red dots indicate the means for each land type.*

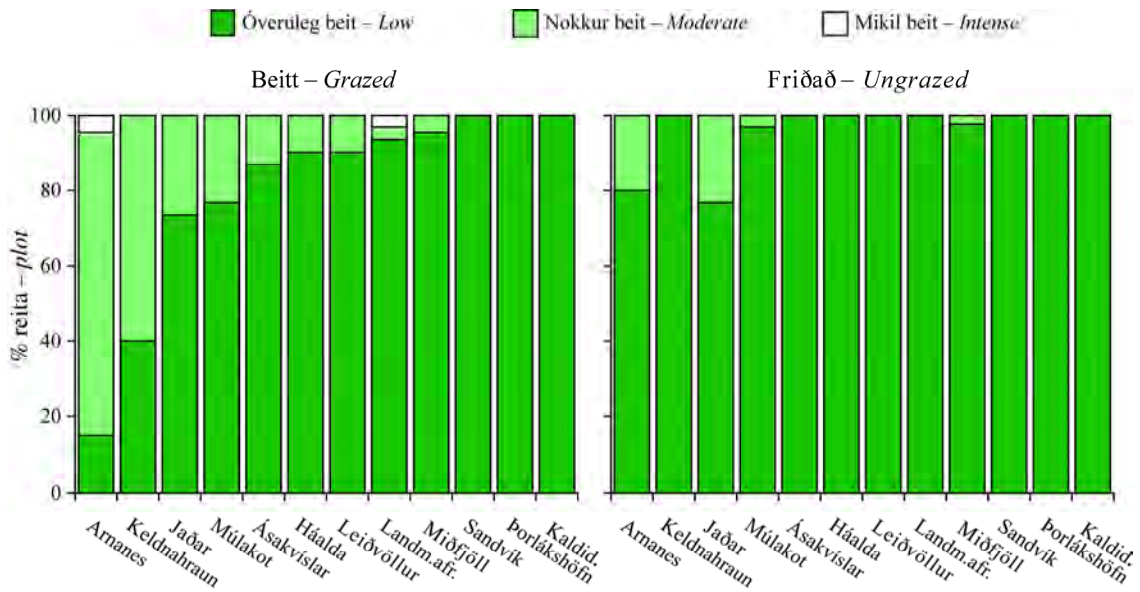
Reitir sem flokkaðir voru sem melar, moldarmelar eða moldir eru talsvert dreifðir en hafa þó svipað dreifingarmynstur á fyrstu tveimur ásum hnitunarinnar (5. mynd). Þetta sýnir að gróður á slíku landi er allbreytilegur en er að uppistöðu melagróður. Sums staðar er hann farinn að líkjast mosapembu- og móagróðri (há gildi á 1. hnitunarási), einkum í Þorlákshöfn, á Jaðri og á Kaldadal. Þá kemur einnig fram að gróður á klöppum er talsvert breytilegur því hann spannar allt frá melagróðri yfir í mosapembu- og móagróður.

Reitir sem flokkaðir voru sem sandur, sandhraun eða hraunmelur eru mikið dreifðir á fyrstu tveimur ásunum en sýna samt svipað dreifingarmynstur (5. mynd). Gróður á þessum landgerðum var því afar breytilegur og tilheyrir öllum gróðurgerð-

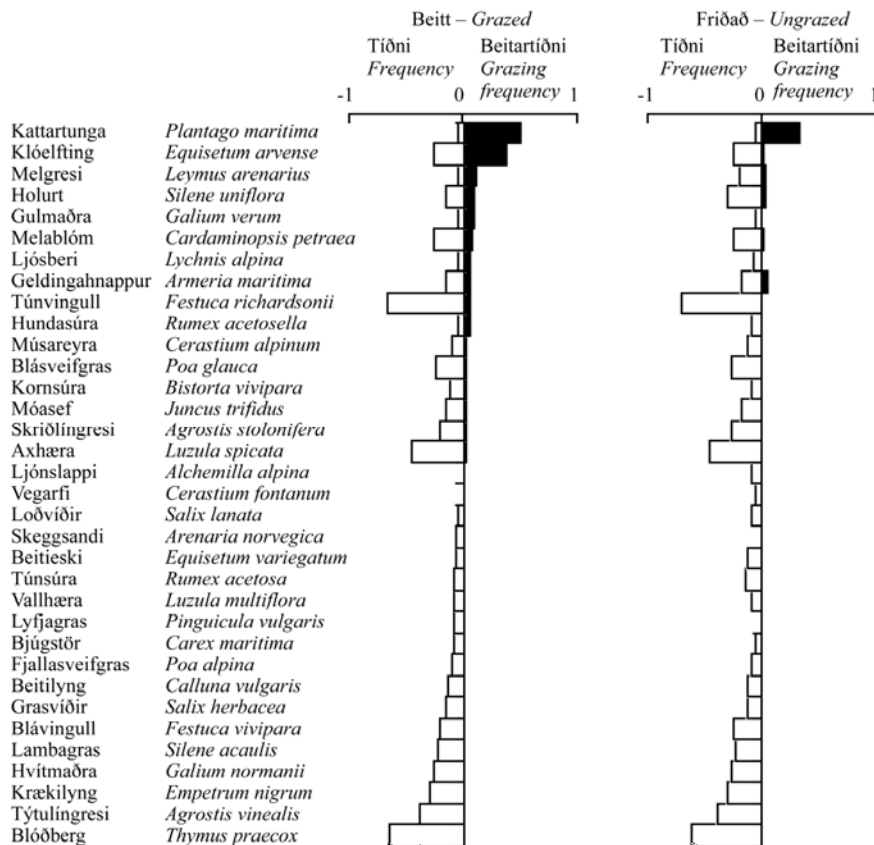
unum þremur. Mosapembu- og móagróður hafði einkum myndast á þessum landgerðum á Leiðvelli og í Þorlákshöfn en einnig í nokkrum mæli í Ásarkvíslum.

### Beit og plöntuval

Beitarummerki voru mjög misjöfn eftir svæðum og voru þau yfirleitt mun meiri utan girðinga en innan (6. mynd). Undantekningar frá þessu voru Sandvík, Þorlákshöfn og Kaldidalur en þar var óveruleg beit skráð í öllum reitum bæði innan og utan girðingar. Mestur munur á milli beitta og friðaða landsins var hins vegar í Arnanesi og í Keldnahrauni. Í Arnanesi var beit t.d. skráð mikil eða nokkur í 85% reita á beittu landi og í Keldnahrauni var samsvarandi tala 60%. Á friðuðu landi voru samsvarandi tölur á þessum svæðum 20% og 0%.



6. mynd. Skipting reita eftir beitarummerkjum á beittu og friðuðu landi á rannsóknarsvæðunum. Svæðum er raðað eftir beitarummerkjum á beittu landi. – Frequency of grazing signs in plots at the study sites. Sites are ranked by grazing intensity on grazed land.



7. mynd. Tiðni algengustu háplöntutegunda í reitum og tiðni beitar á þeim á beittu og friðuðu landi. Tiðni tegundar synir hversu algeng hún er en beitartiðnin táknar hve oft hún ber merki beitar þar sem hún finnst. Gögnum allra svæða hefur verið slegið saman. Aðeins eru sýndar þær tegundir sem fundust í yfir 20 reitum. Tegundum er raðað eftir beitartiðni á beittu landi. Eftirsóttustu tegundirnar eru efst en þær sem minnst er sóst eftir eru neðst. – Frequency of the sign of grazing on the most common vascular plant species (recorded in > 20 plots) on grazed (left) and ungrazed (right) land. Species are ordered according to the grazing frequency on grazed land. Data for all sites were pooled.





Niðurstöðurnar sýna að háplöntutegundir eru mjög mismikið eftirsóttar (7. mynd). Á beittu landi var beitartíðni kattartungu og klóelftingar langhæst en þær voru bitnar í 48% og 36% reita þar sem þær fundust. Næstar í röðinni komu melgresi, holurt, gulmaðra og melablóm en beitartíðni þeirra var samt mun lægri. Allmargar tegundir voru hins vegar ekkert bitnar þótt þær væru algengar í gróðri, svo sem blóðberg, týtulingresi og krækilyng. Á friðuðu landi voru niðurstöðurnar svipaðar nema að þar var beitartíðnin mun lægri.

### Áhrif friðunar á samsetningu gróðurs

Þegar miðað er við þann gróðurbreytileika sem kemur fram á fyrstu tveimur ásum hnitunar er ljóst að áhrif friðunar eru mjög misjöfn eftir svæðum því sums staðar verður nánast engin hliðrun á reitum en á öðrum er um verulega tilfærslu að ræða (8. mynd). Þau svæði sem hliðrast mest eru Arnanes, Múlakot, Þorlákshöfn, Háalda, Ásakvíslar og Kaldidalur. Þegar stefna hliðrunar er skoðuð kemur fram að breytingar eru í meginráttum tvenns konar. Annars vegar eru Múlakot, Þorlákshöfn, Háalda og Kaldidalur sem öll hliðrast til hægri og niður á mynd fyrstu ásanna tveggja. Það þýðir að gróður þessara svæða hefur við friðun þróast nokkuð í átt til þess gróðurs sem er að finna á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn, þ.e. í átt til mosaþembu- og móagróðurs. Á þessum svæðum eru melar, moldir, moldarmelar eða áraurar ríkjandi landgerðir. Í hinum meginflokki svæðanna eru Ásakvíslar og Arnanes en við friðun hafa þau hins vegar hliðrast til vinstri og nokkuð niður á við á myndinni. Svipaðar breytingar hafa einnig orðið á Landmannaafreitti og í litlum mæli einnig í Keldnahrauni og á Leiðvelli. Á öllum þessum svæðum er sandur ráðandi landgerð og jarðvegur sandríkur. Það sem einkum veldur hliðrun þessara svæða er að við friðun hefur melgresi og/eða holurt aukist verulega en þessar tegundir hafa þungamiðju neðarlega og til vinstri á myndinni (4. mynd).

Þau svæði sem hliðrast minnst á fyrstu tveimur ásum hnitunarinnar eru Miðfjöll, Sandvík, Jaðar, Keldnahraun og Leiðvöllur (8. mynd).

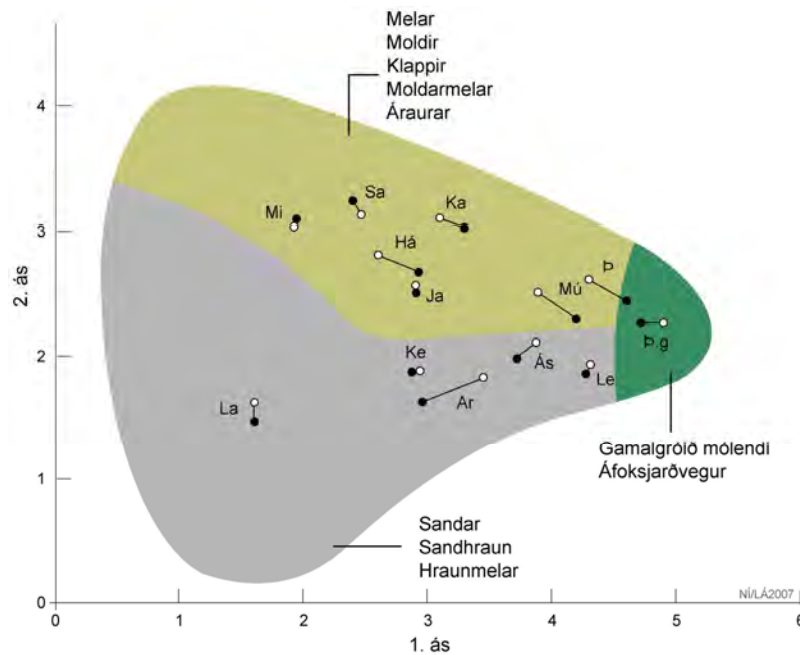
### Áhrif friðunar á gróðurþekju

Mikill munur var á heildarþekju gróðurs á svæðunum. Í Arnanesi, Ásakvíslum, á Leiðvelli og á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn var land að mestu gróið en þar var heildarþekja að meðaltali yfir 80% (9. mynd). Gróðurþekja var hins vegar minnst á Háöldu og á Landmannaafreitti eða að meðaltali undir 10%. Niðurstöðurnar sýna að við friðun eykst gróðurþekja. Á öllum svæðunum

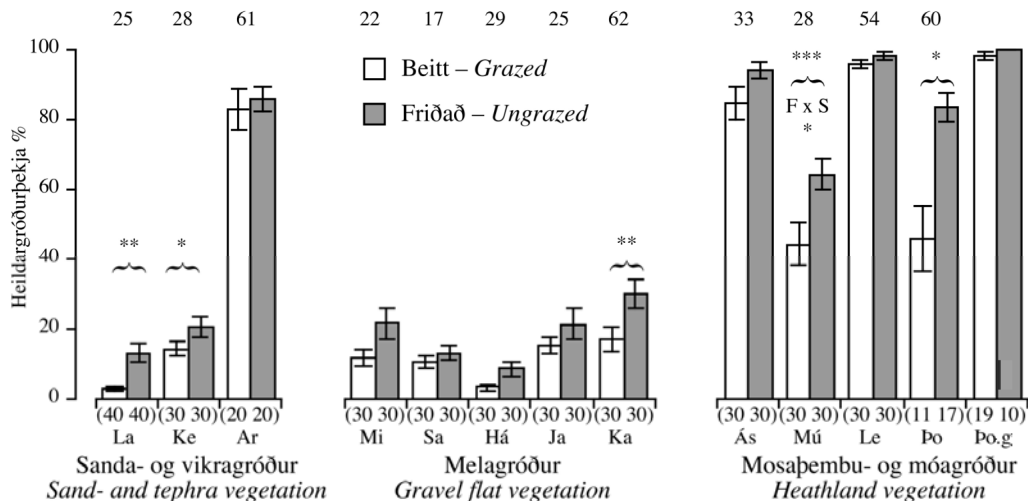
mældist hún hærrí á friðuðu landi en beittu (9. mynd). Þessi munur var þó ekki marktækur nema á fimm svæðum, þ.e. á Landmannaafreitti, í Keldnahrauni, á Kaldadal, í Múlakoti og Þorlákshöfn. Áhrif friðunar á heildargróðurþekju voru einna mest í Þorlákshöfn, í Múlakoti, Kaldadal og á Landmannaafreitti. Minnst áhrif voru hins vegar á heildarþekju á Leiðvelli, í Sandvík, í Arnanesi og á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn.

Minni drættir í landslagi hafa veruleg áhrif á heildargróðurþekju því að á sjö af þeim níu svæðum þar sem samanburður var mögulegur reyndist marktækur munur vera á þekju eftir staðsetningu reits í landi (5. tafla). Á sex svæðum var land mun verr gróið á því landi sem flokkað var sem toppur samanborið við lægðir og jafnlendi. Þessu var öfugt farið á Landmannaafreitti því þar voru toppar betur grónir (11% þekja) en aðrir staðir (8% þekja). Þekjumunur eftir staðsetningu í landi var einna mestur í Múlakoti því að þar voru toppar (T) að meðaltali með 35% þekju en í lægðum og á jafnlendi (LJ) var gróðurþekja hins vegar að meðaltali 81%. Verulegur munur var einnig á þekju eftir staðsetningu í landi á Miðfjöllum (T 3% og LJ 21%) og á Jaðri (T 4% og LJ 16%). Múlakot var eina svæðið þar sem marktækt samspil var á milli beitarmeðferðar og staðsetningar í landi en þar dró beit meira úr þekju á toppum en í lægðum eða á jafnlendi (9. mynd).

Þekja háplantna var mjög misjöfn eftir svæðum (10. mynd). Mest var hún á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn (56%) en hún var einnig veruleg í Arnanesi (50%) og á Leiðvelli (40%) en minnst á Landmannaafreitti og á Háöldu (<5%). Verulegur munur var einnig á friðuðu og beittu landi. Ef gamalgróið land er undanskilið mældist þekja háplantna meiri á friðuðu landi en beittu á 11 svæðum af 12. Þessi munur var þó aðeins marktækur á Leiðvelli, í Þorlákshöfn, á Landmannaafreitti og á Kaldadal. Munurinn gat verið verulegur því að á Leiðvelli var þekja háplantna á friðuðu landi um 49% en á beittu 31%. Í Þorlákshöfn voru þessar tölur 23% og 11%, á Landmannaafreitti 8% og 2% og á Kaldadal 10% og 5%. Þekja háplantna virtist háð staðsetningu í landslagi því að á sex svæðum var þekja marktækt meiri í lægðum og á jafnlendi en á toppum (5. tafla). Mestur munur var í Múlakoti, en þar var þekja háplantna að meðaltali 33% í lægðum og á jafnlendi en á toppum um 10%. Talsverður munur var einnig í Þorlákshöfn (21% og 8%), í Keldnahrauni (17% og 5%) og á Miðfjöllum (13% og 1%).



8. mynd. Helstu gróðurbreytingar sem verða við friðun eins og þær koma fram við DCA-hnitun reita. Sýnd eru meðalhnit allra reita á hverju svæði bæði á beittu (opnir hringir) landi og friðuðu (fylltir hringir). Færsla hnita sýnir hvernig gróður hefur breyst við friðun miðað við þann gróðurbreytileika sem ásarnir lýsa. Því meiri sem færslan er þeim mun meiri hefur breytingin orðið. Mismunandi litir tákna helstu landgerðaflokkana þrjá samkvæmt 5. mynd. Skammstafanir svæða eru þær sömu og á 3. mynd. Sjá nánar í texta. – *The pattern of vegetation changes as revealed by the first two DCA-axes. Circles denote the means of grazed (open) and ungrazed (closed) plots of each site. Different colours represent the three main land type classes according to Fig. 5. Letter abbreviations for sites are listed in Fig. 3 and for land types in Fig. 5.*



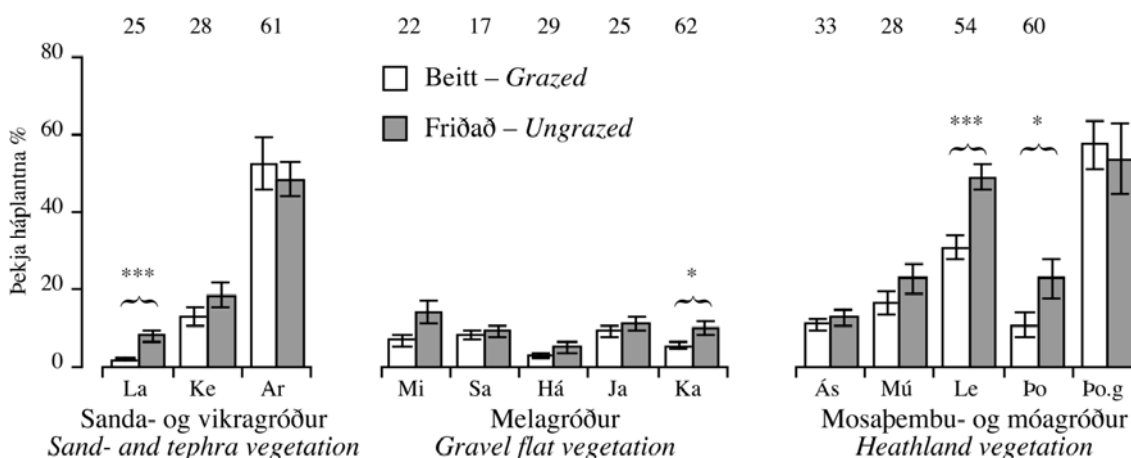
9. mynd. Heildargróðurþekja (meðaltöl ± staðalskekking) á beittu og friðuðu landi á rannsóknarsvæðunum. Tölur ofan við súlur sýna lengd friðunar en tölur undir súlum sýna fjölda reita. Áhrif beitarmeðferðar (F) og staðsetningar í landi (S) voru metin með tveggja þátta ferveikagreiningu. Vegna þess hve reitir á toppum voru fáir í Arnanesi, á Kaldadal, í Ásakvislum og á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn voru áhrif staðsetningar í landi ekki prófuð. Þar var notað eins þáttar ferveikagreining. Samspil beitarmeðferðar og staðsetningar í landi er táknað með F x S. \*\*\* = P<0,001, \*\* = P<0,01, \* = P<0,05. Tákn svæða eru þau sömu og á 3. mynd. Áhrif staðsetningar í landi eru sýnd í 5. töflu. – *Total vegetation cover (means ± SE) on grazed and ungrazed land at the study sites. Numbers above columns indicate years of sheep grazing protection. Numbers in parentheses show the number of plots. Effects of grazing (F) and topography (S) were analysed by two-way ANOVA. At the sites Ar, Ka, Ás and Þo.g effects of topography were not tested due to few plots on tops, there one-way ANOVA was used. Interaction is denoted by F x S. Levels of significance: \*\*\* = P<0.001, \*\* = P<0.01, \* = P<0.05). Letter abbreviations for sites are listed in Fig. 3. Effects of topography are shown in Table 5.*



5. tafla. Samband milli staðsetningar í landi annars vegar og gróðurþekju, fjölda háplöntutegunda, sýrustigs og kolefnis í jarðvegi hins vegar. Metið var með tveggja þátta ferveikagreiningu þar sem annar þátturinn var beitarmeðferð (sjá 9.–15. mynd) en hinn einn þáttanna í töflunni. Fyrir greiningu var gögnum í lægðum (L) og jafnlandi (J) slegið saman. Stefna örva sýnir hvort viðkomandi þáttur er marktækt hærrí/fleiri á toppum eða í lægðum-jafnlandi. E = áhrif staðsetningar ekki prófuð vegna fárra reita á toppum. Marktækur munur er táknaður með: \*\*\* =  $P < 0,001$ , \*\* =  $P < 0,01$ , \* =  $P < 0,05$ . Tákn svæða eru sýnd á 3. mynd. – *The relationship between surface topography (first factor) and different vegetation and soil variables analysed by two-way ANOVA. The effect of the grazing treatment (second factor) and interaction is shown in Figs. 9–15. L = depressions, T = tops, J = all types other than tops or depressions. Data from L and J were pooled before analysis. Arrows indicate significant increase/decrease according to the topographic classes. E = effect of topography not tested because of few plots on tops. Levels of significance: \*\*\* =  $P < 0,001$ , \*\* =  $P < 0,01$ , \* =  $P < 0,05$ . Letter abbreviations for sites are listed in Fig. 3.*

Gróðurgerðir	Svæði	Heildar-gróðurþekja	Þekja hápl.	Þekja mosa	Þekja fléttna	Þekja lágplöntu-skánar <sup>1</sup>	Fjöldi hápl.-teg./reit	pH í jarðv.	Kolefni í jarðv.
Vegetation types	Study sites	Total cover	Vascular plant cover	Moss cover	Lichen cover	Cryptogamic crust cover	Vascular plant sp./plot	pH in soil	Carbon in soil
		L J – T	L J – T	L J – T	L J – T	L J – T	L J – T	L J – T	L J – T
Sanda- og vikragróður Sand- and tephra veg.	La	* →		*** →					
	Ke	*** ←	*** ←						
	Ar	E	E	E	E		E	E	E
Melagróður Gravel flat vegetation	Mi	*** ←	*** ←				*** ←		
	Sa	*** ←	** ←				*** ←		
	Há								
	Ja	*** ←	*** ←				*** ←		
Mosabembu- og móagróður Heathland vegetation	Ka	E	E	E	E	E	E	E	E
	Ás	E	E	E	E		E	E	E
	Mú	*** ←	*** ←	*** ←	* ←	*** →	*** ←		
	Le	* ←		** ←		** →			
	Þo		* ←						
	Þo.g								

<sup>1</sup> Þekja lágplöntuskánar var eingöngu mæld á Kaldadal, í Múlakoti og á Leiðvelli. – *Cover of cryptogamic crust was only measured at three sites, Ka, Mú and Le.*

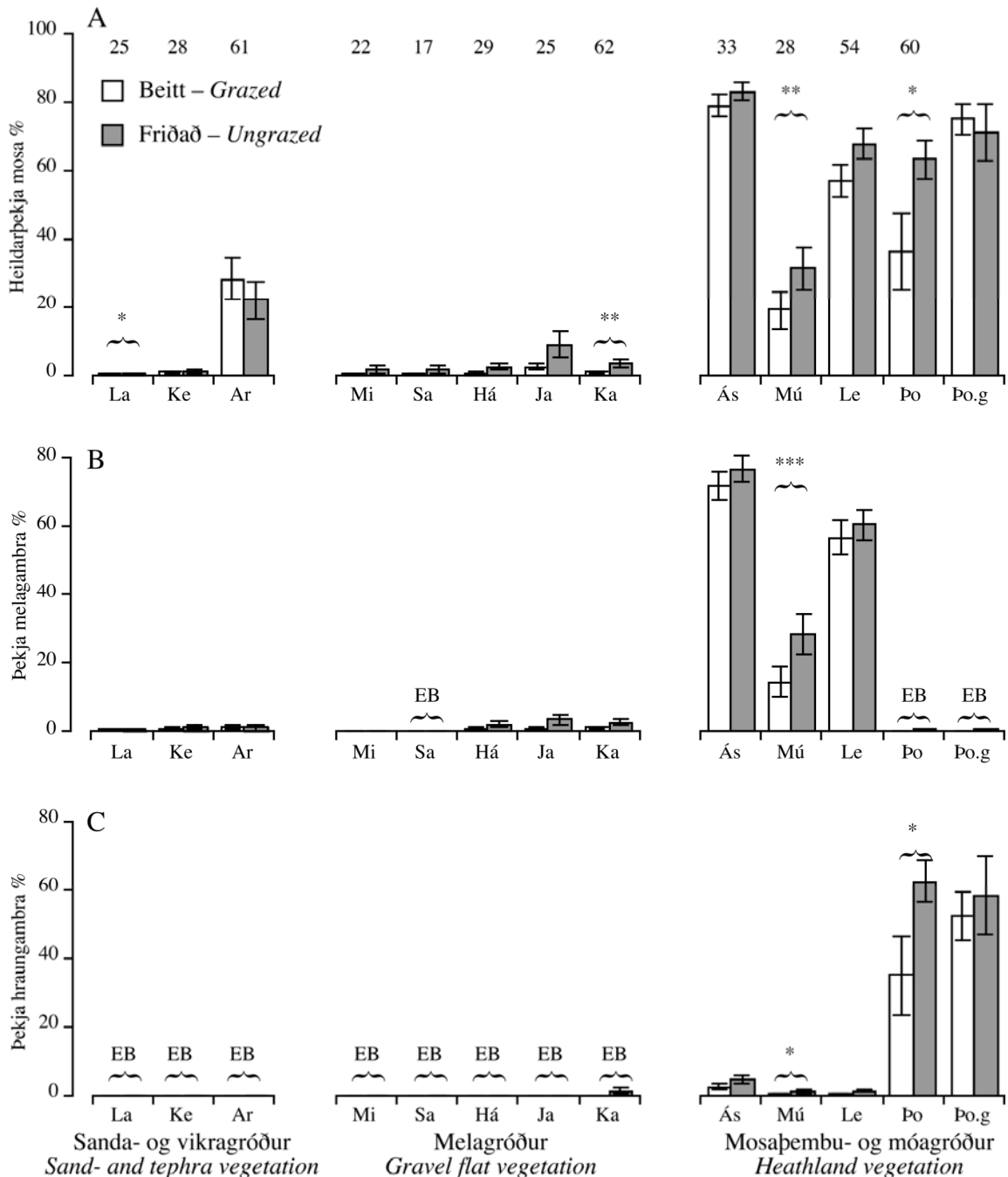


10. mynd. Þekja háplantna (meðaltöl ± staðalskekking) á beittu og friðuðu landi á rannsóknarsvæðunum. Tölur ofan við súlur sýna lengd friðunar. Sjá einnig skýringar við 9. mynd. – *Percentage cover of vascular plants (means ± SE) on grazed and ungrazed land at the study sites. Numbers above sites show years of sheep grazing protection. Letter abbreviations for sites are listed in Fig. 3.*



Heildarþekja mosa var mjög misjöfn eftir svæðum (11. mynd A). Mest var hún í Ásakvíslum (81%), á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn (73%) og á Leiðvelli (62%) en minnst í Keldnahrauni, Sandvík, Miðfjöllum og á Landmannafrétti (<1%). Niðurstöðurnar sýna að friðun hefur mismunandi áhrif á

mosaþekju eftir svæðum. Á 10 svæðum mældist mosaþekja meiri á friðuðu landi en beittu þótt þekjan reyndist aðeins vera marktækt meiri á þremur þeirra, þ.e. í Þorlákshöfn, í Múlakoti og á Kaldadal. Á Landmannafrétti var mosaþekja hins vegar marktækt meiri á beittu landi en friðuðu.



11. mynd. Heildarþekja (meðaltöl ± staðalskekking) mosa (A) og mosategundanna melagambra (B) og hraungambra (C) á beittu og friðuðu landi á rannsóknarsvæðunum. EB = samanburður ekki gerður – mosar fundust í færri en 8 reitum á friðuðu eða beittu landi. Tölur ofan við súlur sýna lengd friðunar. Sjá einnig skýringar við 9. mynd. – Total moss cover (means ± SE) (A) and cover of *Racomitrium ericoides* (B) and *R. lanuginosum* (C) on grazed and ungrazed land at the study sites. EB = comparison not made (mosses found in less than 8 plots on grazed or ungrazed land). Numbers above columns indicate years of sheep grazing protection. See also Fig. 9.



Þar var þekjumunur aftur á móti mjög litill því þekja mosa var að meðaltali undir 1% beggja vegna girðingar.

Þekja mosa var sums staðar sterklega háð staðsetningu í landi (5. tafla). Í Múlakoti og á Leiðvelli var þekja mosa marktækt meiri í lægðum og á jafnlendi en á toppum. Þessu var hins vegar öfugt farið á Landmannafrétti.

Á mörgum svæðanna mynduðu mosategundirnar melagambri og hraungambri verulegan hluta af heildar mosapækjunni (11. mynd B og C). Þótt báðar tegundirnar finnast á flestum svæðum sýna þær mismunandi útbreiðslu. Þekja melagambra var langmest í Ásakvíslum (74%) og á Leiðvelli (58%) og talsverð í Múlakoti (21%). Af hraungambra var hins vegar mest í Þorlákshöfn, bæði á gamalgrónu landi (54%) og landi sem hafði rofnað (52%). Þekja beggja tegundanna mældist yfirleitt meiri á friðuðu landi en beittu. Þessi munur var einna mestur í Múlakoti (melagambri) og í Þorlákshöfn (hraungambri). Smærri drættir í landslagi höfðu sums staðar veruleg áhrif á þekju tegundanna. Í Múlakoti var þekja bæði melagambra og hraungambra marktækt minni á toppum en í lægðum eða á jafnlendi ( $p < 0,001$ ;  $p < 0,05$ ). Sama gilti einnig um melagambra á Leiðvelli ( $p < 0,001$ ). Þetta var aftur á móti öfugt á Landmannafrétti ( $p < 0,001$ ).

Mosinn móasigð, sem mældur var á sjö svæðum, sýndi ólík viðbrögð við beit eftir stöðum. Í Arnanesi var þekja hans t.d. mun meiri á beittu landi (12%) en friðuðu (0%) en þessu var öfugt farið á Leiðvelli (0% og 2%).

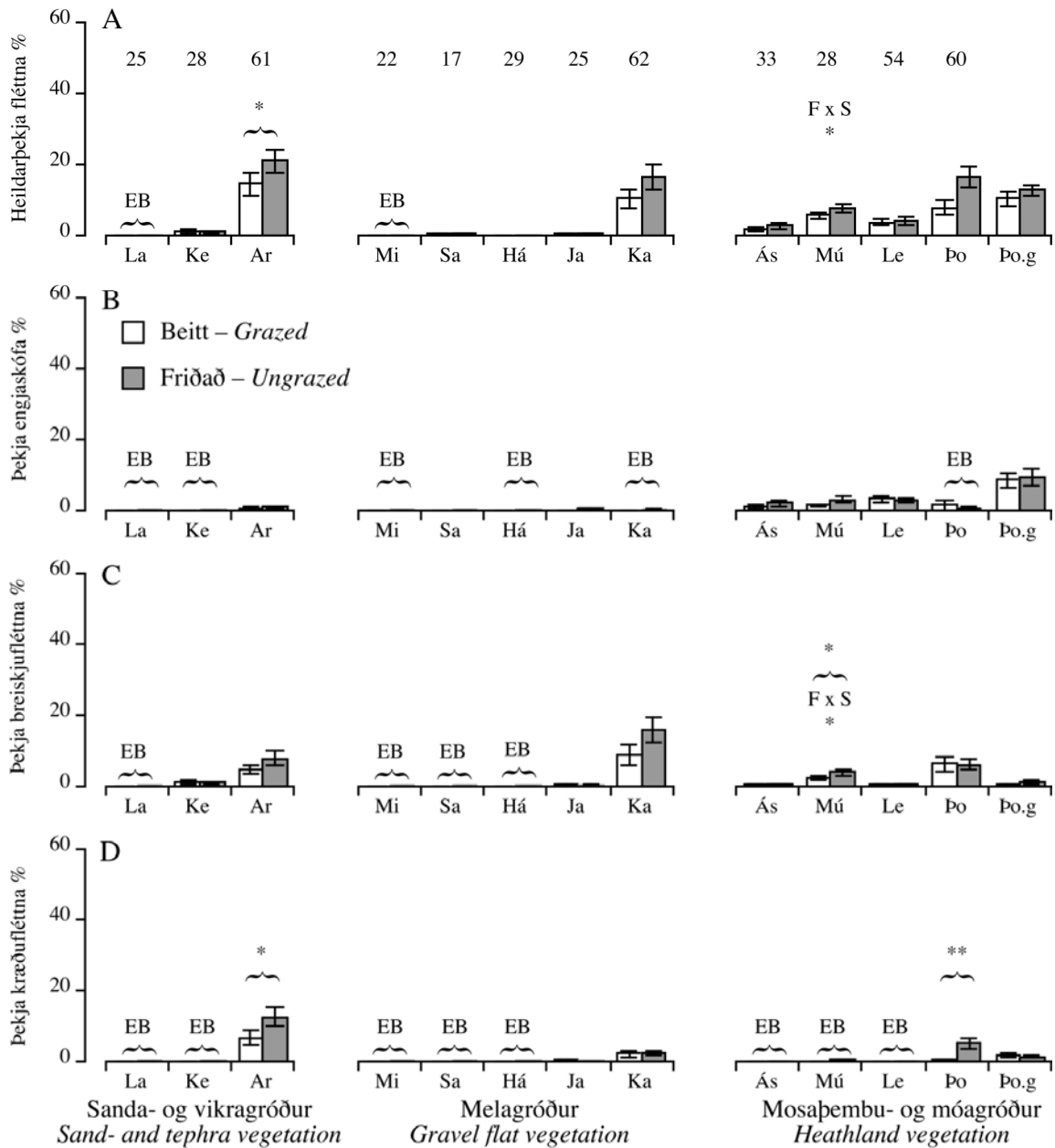
Líkt og hjá öðrum tegundahópum var þekja fléttna mjög mismunandi eftir svæðum (12. mynd). Mest var hún í Arnanesi (18%) en töluverð fléttuþekja var einnig á Kaldadal og í Þorlákshöfn. Engar fléttur mældust hins vegar á Landmannafrétti og nánast engar á Miðfjöllum og Háöldu ( $< 0,1\%$ ). Yfirleitt mældist þekja fléttna meiri á friðuðu landi en beittu þótt munurinn væri ekki marktækur nema í Arnanesi. Í Múlakoti var marktækt samspil á milli beitarmeðferðar og staðsetningar í landi því þar dró beitinn meira úr þekju fléttna á toppum en í lægðum eða á jafnlendi (12. mynd).

Þegar einstakir fléttuhópar eru skoðaðir kemur fram nokkuð mismunandi mynstur (12. mynd B–D). Engjaskófir voru þekjumestar á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn (9%). Þær fundust í nokkrum mæli á Leiðvelli (3%), í Múlakoti (3%) og Ásakvíslum (2%) en ekki í reitum á Háöldu, Keldnahrauni, Landmannafrétti og Miðfjöllum. Samkvæmt niðurstöðunum hefur friðun fremur litil áhrif á þekju engjaskófa, en minni drættir í landslagi geta ráðið miklu um hvar þær er að finna. Bæði í Sandvík og í Múlakoti var þekja þeirra marktækt meiri í lægðum og á jafnlendi en á toppum ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ).

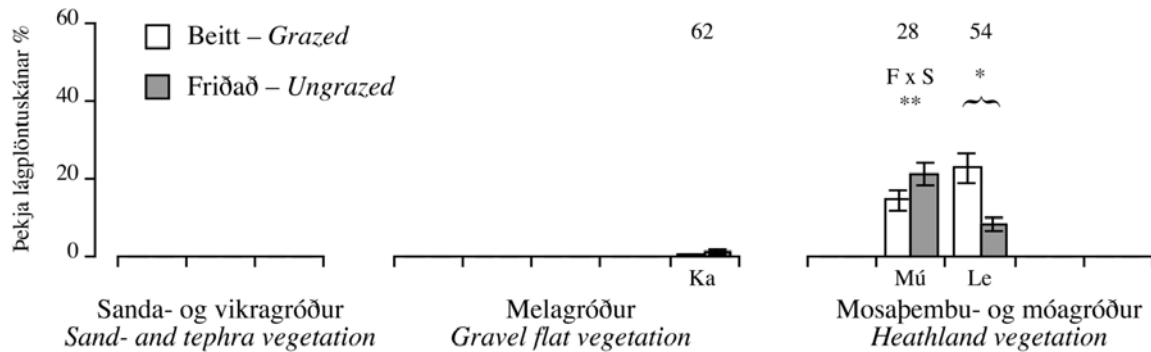
Útbreiðsla breiskjufléttna var misjöfn (12. mynd C). Þær fundust í mestum mæli á Kaldadal (12% þekja), í Þorlákshöfn og í Arnanesi en voru hvergi skráðar í reitum á Landmannafrétti. Áhrif friðunar á þekju þessara tegunda eru ekki einhlít. Þar sem mest var um þær, þ.e. á Kaldadal, í Þorlákshöfn, Arnanesi og í Múlakoti, mældist þekja þeirra annað hvort svipuð eða talsvert meiri á friðuðu landi en beittu. Marktækur munur fannst aðeins í Múlakoti. Í Múlakoti var einnig marktækt samspil á milli beitarmeðferðar og staðsetningar í landi. Þar dró beitinn meira úr þekju breiskjufléttna á toppum en í lægðum og á jafnlendi (12. mynd).

Þekja kræðufléttna var langmest í Arnanesi (10%) (12. mynd D). Nokkuð var einnig af þeim í Þorlákshöfn (3%) og á Kaldadal (2%). Á þessum þremur svæðum mældist þekja kræðufléttna alls staðar meiri á friðuðu landi en beittu en munur var aðeins marktækur í Arnanesi og Þorlákshöfn.

Þekja lágplöntuskánnar, sem eingöngu var mæld á þremur svæðum, þ.e. á Kaldadal, í Múlakoti og á Leiðvelli, var misjöfn eftir svæðum og eftir því hvort um beitt eða friðað land var að ræða (13. mynd). Mestur munur var á Leiðvelli en þar var þekja hennar á beittu landi að meðaltali 23% en aðeins 8% á friðuðu. Þekja skánnarinnar fór einnig eftir smærri dráttum í landslagi því að í Múlakoti og á Leiðvelli var þekjan marktækt meiri á toppum en í lægðum eða á jafnlendi (5. tafla). Í Múlakoti var marktækt samspil á milli beitarmeðferðar og staðsetningar í landi. Þar var þekja skánnar á toppum mun minni á beittu landi en friðuðu (13. mynd).



12. mynd. Heildarþekja (meðaltöl ± staðalskekking) fléttna (A), þekja engjaskófa (B), breiskjufléttna (C) og kræðufléttna (D) á beittu og friðuðu landi á rannsóknarsvæðunum. EB = samanburður ekki gerður – fléttur fundust í færri en 8 reitum á friðuðu eða beittu landi. Tölur ofan við súlur sýna lengd friðunar. Sjá einnig skýringar við 9. mynd. – *Total cover of lichens (means ± SE) (A), cover of Peltigera (B), Stereocaulon (C) and three Cetraria species (D) (C. Islandica, C. aculeata and C. delisei) on grazed and ungrazed land at the study sites. EB = comparison not made (lichens found in less than 8 plots on grazed or ungrazed land). Numbers above columns indicate years of sheep grazing protection. See also Fig. 9.*



13. mynd. Þekja (meðaltöl  $\pm$  staðalskekking) lágplöntuskánar á beittu og friðuðu landi á rannsóknarsvæðunum. Ath. að lágplöntuskán var eingöngu mæld á Kaldadal, í Múlakoti og á Leiðvelli. Tölur ofan við súlur sýna lengd friðunar. Sjá einnig skýringar við 9. mynd. – Cover of cryptogamic crust (means  $\pm$  SE) on grazed and ungrazed land at the study sites. The crust was only measured at three sites (Ka, Mú and Le). Numbers above columns indicate years of sheep grazing protection. See also Fig. 9.

### Áhrif friðunar á þekju háplöntutegunda

Niðurstöðurnar sýna að tegundir bregðast misjafnlega við friðun og má flokka þær gróflega í fjóra flokka eftir viðbrögðum (6. tafla). Í fyrsta flokki eru tegundir sem auka þekju sína við friðun. Í öðrum flokki eru tegundir sem sýna lítil viðbrögð við friðun því þekja þeirra breytist lítið. Í þriðja flokknum eru tegundir sem minnka að þekju. Í fjórða flokknum eru loks tegundir sem hegða sér misjafnlega eftir svæðum því þær ýmist aukast að þekju eða minnka. Tekið skal fram að þótt hér séu tegundir aðgreindar í þessa fjóra meginflokka eru skil milli flokka ekki skýr.

Allmargar tegundir auka þekju sína við friðun (6. tafla). Fremst í þessum flokki er melgresi sem jókst alls staðar þar sem það á annað borð fannst. Svipuð viðbrögð sýndu beitieski, vallengting, ljónslappi, gulmaðra, sykigras og holurt en þær jukust að þekju við friðun á næstum öllum svæðum. Sjö tegundir til viðbótar féllu einnig í þennan flokk þótt svörun þeirra væri ekki jafn eindregin, en þær eru skriðlíngresi, krækilyng, hvítmaðra, týtulíngresi, túnvingull, túnsúra og hundasúra. Þekjumunur einstakra tegunda á beittu landi og friðuðu var yfirleitt lítill en þó voru á því nokkrar undantekningar. Í Amanesi var þekja melgresis t.d. að meðaltali undir 0,5% á beittu landi en um 18% á þeim hluta sem friðaður var. Verulegur þekjumunur var einnig á þekju melgresis á Landmannaafreitti en þar var þekja þess aðeins 0,3% á beittu landi en 4,3% á friðuðu.

Margar tegundir sýna ekki mjög greinileg viðbrögð við friðun (6. tafla). Má þar einkum nefna blá-sveifgras og lambgras sem báðar fundust nokkuð víða. Nokkra sérstöðu í þessum flokki tegunda

sýndu loðvíðir, ljósberi, vallhæra og blávingull en þótt samanburður á þekju sýndi ekki marktækan mun á einstökum svæðum var þekja þeirra nær alls staðar meiri á friðuðu landi en beittu.

Þær tegundir sem hafa minni þekju á friðuðu landi en beittu eru fremur fáar. Helstar þeirra eru lyfjagras, myrastör og mosajafni en þær fundust aðeins á fáum svæðum (6. tafla). Aðrar tegundir í þessum flokki eru grasvíðir, kornsúra, bjúgstör og melablóm sem flestar voru talsvert algengari. Munur á þekju var yfirleitt ekki mikill. Einna mestur munur var á þekju grasvíðis á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn. Þar kom hann hvergi fyrir í reitum á friðaða hlutanum en var að meðaltali með 11,4% þekju í reitum á beittu landi.

Tegundir sem ýmist minnka eða aukast marktækt að þekju við friðun mismunandi eftir svæðum eru klöelfting, blóðberg, axhæra, beitleyng og móasef. Þegar borin var saman þekja þessara tegunda á beittu og friðuðu landi reyndist vera einna mestur munur á þekju beitleyngs. Á Leiðvelli var þekja þess um 4% á beittu landi en um 18% á friðuðu. Á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn var þekja þess 12% á beitta hlutanum en það fannst hins vegar ekki í reitum á friðuðu landi.

Fjöldi þeirra tegunda sem verða fyrir áhrifum við friðun, samkvæmt þeirri aðferð sem notuð var við útreikninga, er mjög mismunandi eftir svæðum (6. tafla). Langflestar eru á Leiðvelli, eða níu talsins, en fimm í Amanesi, í Ásakvíslum, í Múlakoti og á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn. Á Landmannaafreitti eru alls fjórar tegundir sem sýna verulega svörun við friðun, sem er mjög hátt hlutfall því þar voru aðeins skráðar sjö tegundir alls. Fæstar voru þær hins vegar á Miðfjöllum, Háöldu, Jaðri og í Þorlákshöfn.

6. tafla. Helstu breytingar á þekju háplöntutegunda á rannsóknarsvæðunum við friðun. Í töflunni eru tegundirnar flokkaðar í fjóra flokka eftir því hvernig þær bregðast við. Aðeins eru sýndar þær tegundir sem fundust í sjó eða fleiri reitum á beittu eða friðuðu landi á hverju svæði. Svæðum er raðað eftir gróðurgerðum, sbr. 3. mynd. Sjá einnig umfjöllun í texta. – *Effects of grazing protection on the cover of different vascular plant species at the study sites. The species are classified into four classes according to their response. The Latin names are given in Appendix 3.*

Tegundir <i>Species</i>	Sanda- og vikragróður <i>Sand- and tephra vegetation</i>			Melagróður <i>Gravel flat vegetation</i>					Mosapembu- og móagróður <i>Heathland vegetation</i>				
	Landm.afnr.	Keldnahr.	Arnanes	Miðfjöll	Sandvík	Háalda	Jaðar	Kaldid.	Asakvíslar	Mulakot	Leiðvöllur	Porláksh.	Porláksh.g
<b>Þekja eykst við friðun – Cover increases in exclosures</b>													
Melgresi	+++		+++						++		+++		
Beitieski			++		+						(+)		
Vallefting												(+)	+++
Ljónslappi					+						+		
Gulmaðra										0			+++
Sýkigras											+		
Holurt	+	++		0	+	0	0		++				
Skriðlíngresi		0	0		0			+	0				
Krækilyng			(-)				0		0	0	0	+	0
Hvítmaðra				0	0	0	0	0			+++		0
Týtulíngresi			+		0	(+)	0		0	0	0	0	0
Túnvingull	++	0	0	0	0	0	0	0	(+)	0	0		0
Túnsúra				0	0		+						
Hundasúra		++					0			0			
<b>Þekja hvorki eykst né minnkar við friðun – Cover neither increases nor decreases in exclosures</b>													
Loðvíðir									0	0	(+)		
Ljósberi					(+)				0				
Vallhæra										0	0		
Kattartunga										0			
Lógresi				0									
Augnfró							0						
Blávingull							0	0		0	(+)	(+)	0
Geldingahnappur	0			(+)	0	(-)	0	0					
Blásveifgras				(+)	0		0	0	0	0			
Lambagras				0	0		0	0		0			
Skeggsandi				0	0								
Músareyra				0	(+)		0						
Fjallasveifgras				0	0								
Flagahnoðri					0								
Hnúskakrækill					0								
Melanóra				0									
Brjóstagrass													(-)
Krossmaðra													(-)
<b>Þekja minnkar við friðun – Cover decreases in exclosures</b>													
Melablóm	0	0		0	(+)		0	-	0	-	-		
Bjúgstör	-			0					0				
Kornsúra					0			0		-			-
Grasvíðir								0		0	0		- - -
Mosajafni											-		
Mýrastör			- -										
Lyfjagras										-	- - -		



6. tafla, framhald.

Tegundir <i>Species</i>	Sanda- og vikragróður <i>Sand- and tephra vegetation</i>			Melagróður <i>Gravel flat vegetation</i>					Mosapembu- og móagróður <i>Heathland vegetation</i>				
	Landm.afr.	Keldnafr.	Arnanes	Miðfjöll	Sandvík	Háalda	Jaðar	Kaldid.	Ásakvíslar	Múlakot	Leiðvöllur	Þorláksh.	Þorláksh.g
Þekja ýmist eykst eða minnkar við friðun – <i>Cover either increases or decreases in exclosures</i>													
Móasef					0		0	+	--	0	0		
Beitilyng										++	+++	(-)	--
Axhæra			0	0	0	0	0	++	0	0	---	0	
Blóðberg		(+)	0	0	0	0	0	0	---	0	+	0	0
Klóelfting		0	---				0		++	-	0		
Fjöldi tegunda sem verða fyrir áhrifum – <i>Number of affected species</i>													
	4	2	5	0	3	0	1	4	5	5	9	1	5

+/- þekja er meiri/minni á friðuðu landi en beittu metin með eins þáttar færvikagreiningu á  $\log(1+x)$  umbreytt gildi. +/- =  $p < 0,05$ , +/- - =  $p < 0,01$ , +++/- - - =  $p < 0,001$ , (+)/(-) =  $0,05 \leq p < 0,1$ . – *Cover increases/decreases during grazing protection analysed by one-way-ANOVA on transformed values  $\log(1+x)$ . +/- =  $p < 0,05$ , +/- - =  $p < 0,01$ , +++/- - - =  $p < 0,001$ , (+)/(-) =  $0,05 \leq p < 0,1$ .*

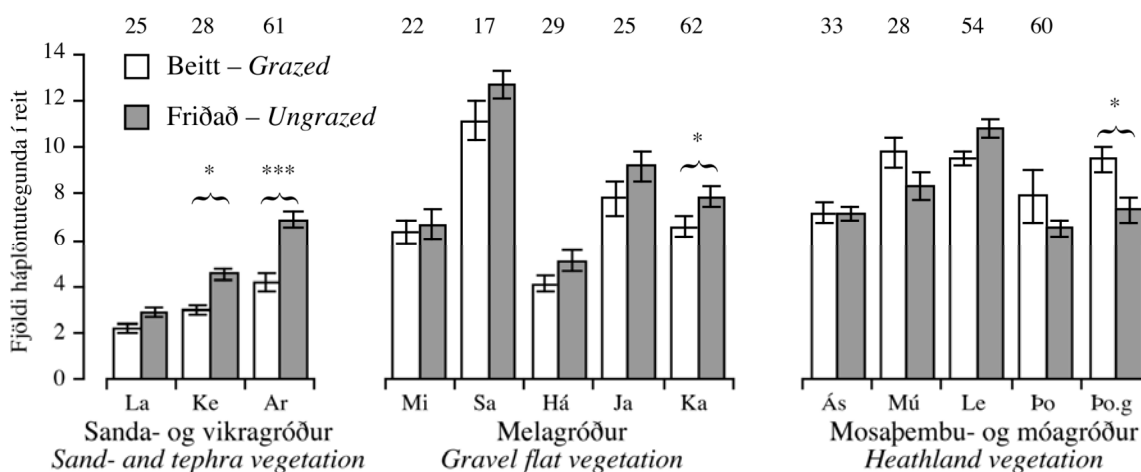
### Áhrif friðunar á fjölbreytni háplantna

Verulegur munur var á fjölda háplöntutegunda eftir svæðum (14. mynd). Flestar tegundir voru í Sandvík (11,9 teg./reit) og á Leiðvelli (10,2) en fæstar á Landmannaafreitti (2,6) og í Keldnahrauni (3,8) (14. mynd). Á flestum svæðanna fjölga tegundum við friðun. Marktækur munur á beittu og friðuðu landi er þó ekki nema í Keldnahrauni, Amanesi og á Kaldadal. Áhrifin voru einna mest í Amanesi og í Keldnahrauni en þar fjölgaði tegundum við friðun um 2,7 og 1,6 að meðaltali í reit. Þessu var hins vegar ófugt farið á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn því þar fundust marktækt fleiri tegundir á beittu landi en friðuðu. Niðurstöðurnar sýna einnig að smærri drættir í

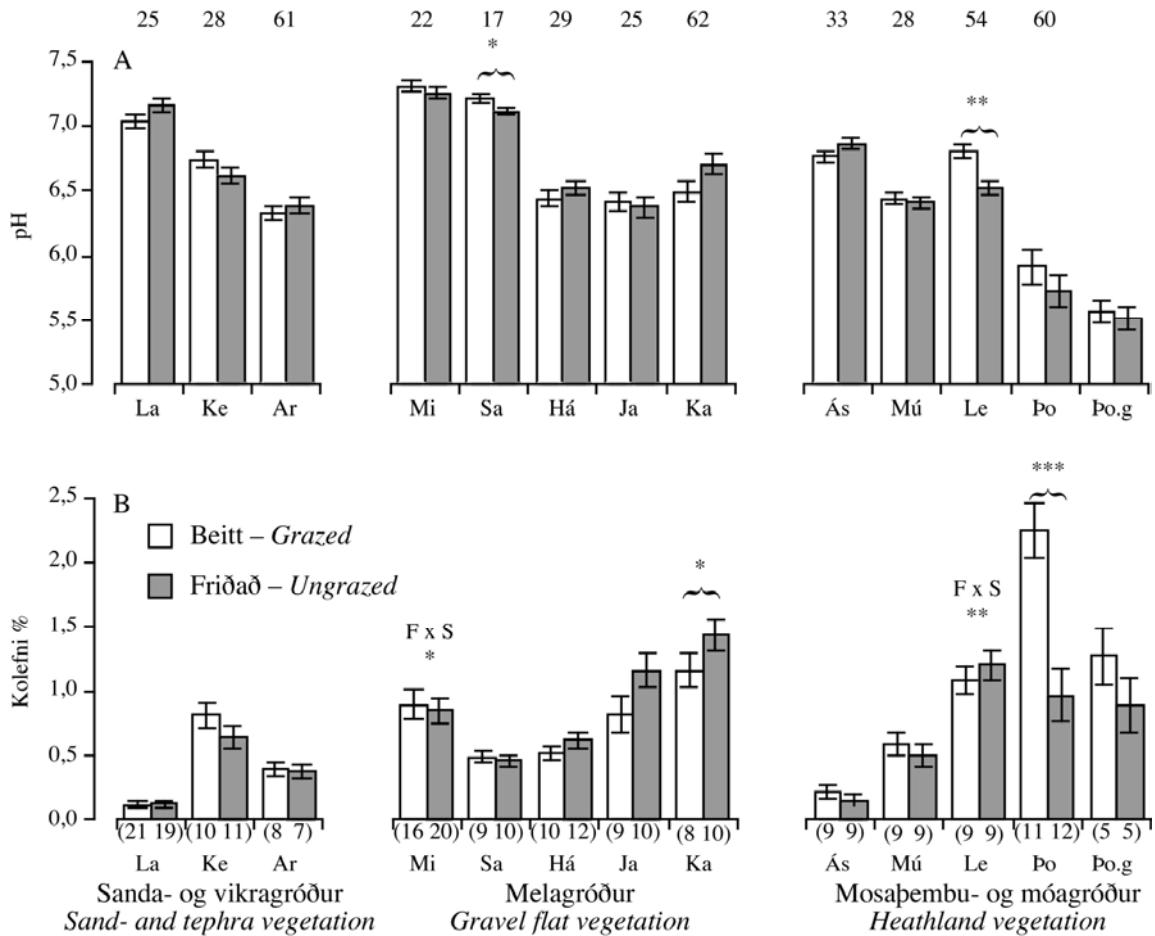
landslagi hafa á sumum svæðum veruleg áhrif á tegundafjölda (5. tafla). Þetta var greinilegast í Sandvík, Miðfjölum, á Jaðri og í Múlakoti en á öllum þessum svæðum fundust marktækt fleiri tegundir á jafnlendi og í lægðum en á toppum. Þessi munur var mestur á Jaðri en þar var fjöldi tegunda á toppum aðeins um helmingur á við lægðir (5,0 á móti 10,6 teg./reit).

### Áhrif friðunar á jarðveg

Sýrustig (pH) í jarðvegi var breytilegt eftir svæðum (15. mynd A). Hæst reyndist það vera á Landmannaafreitti, Miðfjölum og í Sandvík ( $>7,0$ ) en lægst á gamalgrónu landi í Þorlákshöfn (5,5). Munur eftir beitarmeðferð var yfirleitt lítill en



14. mynd. Fjöldi háplöntutegunda í reit (meðaltöl ± staðalskekka) á beittu og friðuðu landi á rannsóknarsvæðunum. Tölur ofan við súlur sýna lengd friðunar. Sjá einnig skýringar við 9. mynd. – *Species richness (number of species/0.33 m²) of vascular plants (means ± SE) on grazed and ungrazed land at the study sites. Numbers above columns indicate years of sheep grazing protection. See also Fig. 9.*



15. mynd. Sýrustig (A) og magn kolefnis (B) í jarðvegi á beittu og friðuðu landi á rannsóknarsvæðunum. Tölur ofan við súlur sýna lengd friðunar en tölur innan sviga undir súlum sýna fjölda reita sem mælt var í. Áhrif beitarmeðferðar (F) og staðsetningar í landi (S) voru metin með tveggja þátta ferveikagreiningu. Vegna fárra reita á toppum í Arnanesi, á Kaldadal og í Ásakvíslum var þar notuð eins þáttar ferveikagreining. Tákn ofan við súlur sýna marktækan mun eftir beitarmeðferð en samspil er sýnt með F x S. Marktækur munur er táknaður með: \*\*\* =  $P < 0,001$ , \*\* =  $P < 0,01$ , \* =  $P < 0,05$ . Tákn svæða eru þau sömu og á 3. mynd. Áhrif staðsetningar í landi eru sýnd í 5. töflu. – Soil pH (A) and carbon content of the upper 10 cm soil layer (B) (means  $\pm$  SE) on grazed and ungrazed land at the study sites. Numbers above columns indicate years since fencing. Numbers in parentheses show the number of samples analysed. Effects of grazing (F) and topography (S) were analysed by two-way ANOVA. Interaction is denoted by F x S. At three sites (Ar, Ka and Ás) only grazing effects were tested by one way ANOVA because of few samples. Levels of significance: \*\*\* =  $P < 0,001$ , \*\* =  $P < 0,01$ , \* =  $P < 0,05$ . Letter abbreviations for sites are listed in Fig. 3. Effects of topography are shown in Table 5.

sýrustig reyndist lækka við friðun á átta svæðum þótt marktækur munur kæmi aðeins fram í Sandvík og á Leiðvelli. Munur á sýrustigi eftir staðsetningu í landi reyndist hvergi marktækur en tekið skal fram að niðurstöður byggjast á fáum mælingum.

Kolefnismagn í jarðvegi var á flestum svæðum fremur lágt eða undir 1% (15. mynd B). Lægst var það á Landmannafrétti (0,1%) og í

Ásakvíslum (0,2%) en hæst á beittu landi í Þorlákshöfn (2,2%). Beitarmeðferð hafði ekki áferandi áhrif. Í Þorlákshöfn mældist þó marktækt meira af kolefni á beittu landi en friðuðu en þessu var ófugt farið á Kaldadal. Marktækt samspil fannst einnig á milli beitarmeðferðar og staðsetningar í landi á Miðfjöllum og á Leiðvelli. Bent skal á að í sumum tilvikum byggjast niðurstöðurnar á fáum mælingum.





## UMRÆÐA

### Meginflokkar gróðurs á örfoka og lítt grónu landi

Á rannsóknarsvæðunum 12 er land fjölbreytilegt (sjá ljósmyndir í 2. viðauka) og því ættu niðurstöður að gefa allgóða mynd af þeim aðstæðum sem víða ríkja hér á landi á lítt grónum þurrlandissvæðum. Samkvæmt niðurstöðunum er gróður þeirra í meginatriðum tvenns konar, þ.e. melagróður og sanda- og vikragróður (2. og 3. mynd). Þetta er í meginatriðum í samræmi við þær niðurstöður sem fengist hafa við flokkun lands í vistgerðir á hálendi Íslands en þar hefur bersvæðagróður þurrlandis flokkast annars vegar í melavistir (grasmelavist, eyðimelavist og víðimelavist) og hins vegar í sanda- og vikravist og eyravist sem er að uppistöðu sandríkar áreyrar (Sigurður H. Magnússon o.fl. óbirtar niðurstöður). Að melagróður og sanda- og vikragróður skuli vera svo mismunandi að gerð bendir eindregið til þess að verulegur munur sé á umhverfis- aðstæðum í þessum tveimur flokkum lands.

### Áhrif beitarfriðunar á myndun gróðurþekju

Af niðurstöðunum má sjá að friðun örfoka eða gróðurlítils lands eykur gróðurþekju samanborið við land sem er beitt (9. mynd). Ef miðað er við að land hafi víðast hvar verið lítt gróið þegar girt var er ljóst að gróðurþekja hefur aukist mismikið eftir svæðum. Fimm svæði hafa að þessu leyti mikla sérstöðu því að á þeim hefur gróðurþekja aukist miklu meira en annars staðar. Þau eru Leiðvöllur, Amanes, Ásakvíslar, Þorlákshöfn og Múlakot (4. tafla, 9. mynd, 2. viðauki). Á þremur þeirra, Leiðvelli, Amanesi og í Ásakvísulum, var land nánast fullgróið bæði á beittu landi og friðuðu þegar mælingar fóru fram. Miðað við lýsingar á gróðri á þeim tíma sem girðingar voru settar upp (1. viðauki) hefur land í Ásakvísulum gróið nánast að fullu úr gróðurleysu á rúmum 30 árum sem verður að teljast afar sérstakt en þar var beit lítil (4. tafla). Á Leiðvelli og í Amanesi hefur þetta gerst á um 60 árum. Athyglisvert er að á Leiðvelli hefur land gróið upp að fullu á beittu landi þrátt fyrir mikla beit fyrstu áratuginna eftir að girðing var sett upp (4. tafla, 19.–20. ljósm. í 2. viðauka). Á tveimur svæðanna, í Þorlákshöfn og Múlakoti, hefur land gróið upp að verulegu leyti, í Þorlákshöfn á 60 árum og í Múlakoti á 28 árum. Á báðum þessum svæðum hefur þekja aukist mun meira á friðuðu landi en beittu (9. mynd).

Ástæður þess að land hefur gróið tiltölulega hratt upp á þessum fimm svæðum geta verið margar. Öll svæðin eru á láglandi, þ.e. eru undir 90 m hæð yfir sjó. Meðalhiti árs er hlutfallslega hár og vaxtartími því fremur langur (3. tafla). Þá má ætla að úrkoma, sem er ríkuleg á öllum svæðunum nema í Amanesi, hafi jákvæð áhrif á myndun gróðurþekju, einkum mosa (3. tafla). Í Amanesi og í Múlakoti er grunnvatnsstaða að öllum líkindum hærri en á hinum svæðunum, sem sést m.a. á því að þar uxu í lautum rakasæknar tegundir eins og mýrastör (í Amanesi) og hrossanál (í Amanesi og Múlakoti) sem ekki fundust annars staðar. Há og stöðug grunnvatnsstaða í jarðvegi eða ríkuleg úrkoma er líkleg til að auka hraða gróðurframvindu samanborið við svæði með lága eða mjög breytilega grunnvatnsstöðu. Möguleikar á spírun fræs margra tegunda aukast og stöðugleiki yfirborðs vex sem væntanlega veldur minni afföllum unglantna. Sem dæmi um áhrif hárrar grunnvatnsstöðu og ríkulegrar úrkomu á gróðurframvindu má taka uppgræðslu í Skógey í Austur-Skaftafellssýslu en þar gréri land upp á örfáum árum í kjölfar áburðargjafar og sáningar grasfræs (Sveinn Runólfsson 2004). Á sambærilegum svæðum með lægri grunnvatnsstöðu eins og á Geitasandi, við Strandasíki og í Þorlákshöfn hefur framvinda í kjölfar áburðargjafar og sáningar gengið mun hægar (Sveinn Runólfsson, munnl. upplýsingar).

Líklegt er að á svæðunum fimm sé frostlyfting lítil því jarðvegur er grófkorna; áraur, sandur, vikur eða áfoksjarðvegur mjög blandaður sandi eða vikri. Í slíkum jarðvegi er ekki að búast við miklum hreyfingum af völdum frosts en mikil frostlyfting er einn þeirra þátta sem dregur úr möguleikum plantna á að nema land og komast á legg (Ása L. Aradóttir 1991, Sigurður H. Magnússon 1994). Plöntur hafa þó áreiðanlega víða átt í verulegum erfiðleikum með að nema land vegna óstöðugleika á sand- og vikursvæðum en með auknum gróðri má reikna með að dragi úr flutningi áfoksefna (Sigurður H. Magnússon 1994). Ætla má að allgóð vaxtarskilyrði og langur vaxtartími hafi ráðið mestu um tiltölulega hraða framvindu á þessum svæðum og komið af stað nokkurs konar keðjuverkun. Gróðurþekja hafi náð að myndast sem síðan hafi bætt skilyrði til frekara landnáms plantna.

Í Múlakoti og í Þorlákshöfn hefur gróðurþekja myndast mun hægar á beittu landi en friðuðu. Telja verður líklegt að þetta hafi einnig átt við um hin láglandissvæðin. Ljósmynd sem tekin var á Leiðvelli árið 1956, eða 11 árum eftir að girðing



var sett upp, sýnir þetta glögglega (19. ljósm. í 2. viðauka). Á næstu 20 árum urðu hins vegar verulegar breytingar á gróðurþekju á beittu landi eins og fram kemur á 20. ljósmýnd sem tekin var á Leiðvelli 1984 (2. viðauki). Rétt er að minna á að á Leiðvelli var beitarpungi mikill í fyrstu en úr honum dró með tímanum (4. tafla). Þegar gróður var mældur árið 1999, þ.e. 54 árum eftir að girðing var sett upp, var munur á gróðurþekju á beittu landi og friðuðu að mestu horfinn (9. mynd, 21.–24. ljósm. í 2. viðauka).

Á hinum svæðunum sjö, þ.e. á Landmannafrétti, Miðfjöllum, Sandvík, Keldnahrauni, Háöldu, Jaðri og Kaldadal, eru breytingar á þekju gróðurs með allt öðrum hætti en á svæðunum fimm sem áður eru talin því að þar hefur gróðurþekja breyst mun minna frá því að girðingar voru settar upp (17–62 ár) (9. mynd, 4. tafla, 2. viðauki). Hér ráða loftslagsskilyrði væntanlega miklu. Öll svæðin eru í hálendisbrúninni eða á hálendinu (h.y.s. 270–415 m) nema Keldnahraun sem er nokkru neðar (190 m). Gróðurskilyrði eru þarna almennt lakari en á láglandi og vaxtartími plantna skemmri (3. tafla). Annað sem líklega veldur miklu um hægari myndun gróðurþekju en á láglandissvæðunum fimm eru eiginleikar jarðvegsins. Helstu landgerðir á svæðunum eru sandur, sandhraun, hraunmelar og melar. Yfirborð er því óstöðugt vegna áfoks, sandrennings og/eða frostlyftingar.

Þegar áhrif friðunar á gróðurþekju á þessum sjö lítt grónu hálendari svæðum eru skoðuð kemur fram að við friðun eykst þekja á þeim öllum þótt munurinn á beittu og friðuðu landi sé ekki marktækur nema á þremur þeirra, þ.e. á Landmannafrétti, í Keldnahrauni og á Kaldadal (9. mynd, 2. viðauki). Tekið skal fram að rannsóknarsvæðið á Kaldadal hefur þarna mikla sérstöðu því friðun hefur þar staðið mun lengur en á hinum svæðunum eða í rúm 60 ár (4. tafla).

Ekki er ljóst hvers vegna áhrif friðunar á gróðurþekju eru meiri á Landmannafrétti og í Keldnahrauni en á Jaðri og á Háöldu. Þetta gæti stafað af mismun í beitarpunga, a.m.k. frekar en af mismunandi lengd friðunar því að friðun hefur staðið álíka lengi á öllum þessum svæðum, eða í 25–29 ár (1. tafla, 9. mynd). Niðurstöður mælinga á heildargróðurþekju gefa aftur á móti vísbendingu um að áhrif friðunar fari að töluverðu leyti eftir landgerð og jarðvegi. Á Landmannafrétti og á Keldnahrauni þar sem áhrifin eru einna mest er vikra- og sandagróður en á svæðum með melagróðri virðast áhrif friðunar á myndun gróðurþekju aftur á móti ekki vera eins

afgerandi, þ.e. á Miðfjöllum, í Sandvík, á Háöldu og Jaðri.

### Áhrif friðunar á fjölda tegunda og tegundasamsetningu

Rannsóknir hér á landi benda til að hófleg beit á gróið land auki tegundafjölda staðbundið í samanburði við land sem er friðað (t.d. Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1992). Fjöldmargar erlendar rannsóknir sýna einnig það sama (t.d. McNaughton 1985, Belsky 1992) þótt dæmi séu um annað (Olf og Ritchie 1998). Talið er að plöntutegundum fjölgi við beit vegna þess að hún komi í veg fyrir að fáar öflugar og oft hávaxnar tegundir ryðji öðrum úr vegi og að traðk og rask auk teðslu og þvags bæti lífsskilyrði ýmissa tegunda sem annars fengju ekki þrífist.

Sama niðurstaða fékkst í þessari rannsókn því að háplöntutegundir voru fleiri á gamalgrónu, beittu landi í Þorlákshöfn en á friðuðu (14. mynd). Þessu var öfugt farið á því landi sem orðið hafði örfoka en var komið með mismikla gróðurþekju. Þessi niðurstaða er í samræmi við álit Austrheim og Eriksson (2001) sem telja að beit auki tegundafjölbreytni á næringarríkari svæðum (gamalgróið land í Þorlákshöfn) en dragi úr henni á svæðum sem eru tiltölulega næringarsnauð (sandar og melar). Að beit dragi úr fjölda tegunda á næringarsnauðu, lítt grónu landi miðað við friðað land má skýra með því að plöntum sé þar hreinlega kippt upp eða þær bitnar það mikið að þær standi höllum fæti eftir. Við friðun eykst gróðurþekja sem síðan getur skapað skilyrði fyrir landnám margra tegunda. Þetta á einkum við svæði með óstöðugu yfirborði.

Niðurstöðurnar sýna að beit hefur áhrif á tegundasamsetningu. Margir þættir geta þar komið við sögu, svo sem beitin sjálf, þ.e. blaðskerðingin. Vitað er að sauðfé velur marktítt ákveðnar tegundir úr gróðri en snertir lítið eða ekkert við öðrum (Ingvi Þorsteinsson 1980, Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1992). Hvaða tegundir féð velur fer t.d. eftir framboði og hve lostætar þær eru. Því má reikna með að þekja eftirsóttra tegunda aukist yfirleitt við friðun. Svo var einnig raunin um melgresi, holurt og gulmöðru sem allar voru talsvert bitnar og yfirleitt mun þekjumeiri á friðuðu landi en beittu (7. mynd, 6. tafla). Sama gildir að öllum líkindum um vallengingu en í Þorlákshöfn fannst hún í 18 reitum á friðuðu landi en aðeins í tveimur reitum á beittu. Þetta er í samræmi við fyrri rannsóknir því allar þessar tegundir eru talsvert eftirsóttar af sauðfé (Ingvi Þorsteinsson 1980).



Athyglisvert er að beitieski og ljónslappi jukust við friðun þótt þær tegundir fyndust hvergi bitnar. Þær hljóta því að njóta óbeint góðs af friðuninni. Hvað veldur þessu er ekki ljóst en gæti tengst aukinni þekju og meiri stöðugleika á yfirborði á friðuðu landi en beittu.

Allmargar tegundir sýndu lítil viðbrögð við friðun því þekja þeirra var svipuð á beittu landi og friðuðu (6. tafla). Af þeim ber sérstaklega að nefna kattartungu sem hafði hæstu beitartíðni allra tegunda bæði á beittu landi og friðuðu (7. mynd). Skýringin á þessu er sennilega sú að þar hafi verið um beit skordýra og/eða fugla að ræða en ekki sauðfjárbeit.

Nokkrar tegundir minnkuðu marktækt að þekju við friðun, þ.e. melablóm (Kaldidalur, Múlakot), bjúgstör (Landmannafréttur), kornsúra (Múlakot, Þorlákshöfn), grasvíðir (Þorlákshöfn), mosajafni (Leiðvöllur), mýrastör (Armanes) og lyfjagras (Múlakot, Leiðvöllur). Melablóm var talsvert bitið og því kemur nokkuð á óvart að meira skuli vera af því á beittu landi en friðuðu (7. mynd, 6. tafla). Ekki er augljóst hvað þessu veldur en hugsanlegt er að aðrir þættir beitarinnar en blaðskerðingin hafi þarna sterk jákvæð áhrif eða jafnvel afleiðdir þættir beitar þannig að tegundin græði meira á beittu landi en hún tapar við blaðskerðinguna. Allar þessar tegundir nema mýrastör eru fremur smávaxnar og því hugsanlegt að aukin samkeppni við aðrar tegundir með vaxandi gróðurþekju á friðuðu landi ráði þarna nokkru. Í Ásakvíslum er þetta t.d. sennilegasta skýringin því að þar var mosateppi af melagambra mun þykkara og samfelldara á friðuðu landi en beittu. Sömu áhrif gætu einnig komið fram ef traðk sauðfjár eykur möguleika þessara tegunda á að nema land og komast á legg. Ástæða þess að mýrastör er þekjumeiri á beittu landi en friðuðu í Armanesi er líklega sú að á friðuðu landinu hefur melgresi hlaðið undir sig miklum sandi og yfirborð því hækkað sem ekki hefur gerst í eins miklum mæli á beitta hlutanum (13.–14. ljósm. í 2. viðauka). Í lægðum er þar því nægilega rakt til að mýrastör geti þrífist en ekki þar sem friðuð er.

Tegundirnar móasef, beitilyng, axhæra, blóðberg og klóelfting sýndu mjög misjöfn viðbrögð við friðun því að sums staðar jókst þekja þeirra en minnkaði annars staðar (6. tafla). Þótt margt geti ráðið þessu er sennilegt að hér séu að verki áhrif frá vaxandi gróðurþekju og auknum stöðugleika yfirborðs. Hver áhrif þessara þátta verða á einstakar tegundir getur t.d. ráðist af hárfinu jafnvægi á milli stöðugleika og samkeppni. Með

aukinni þekju og þar með meiri stöðugleika má reikna með að landnámsmöguleikar margra tegunda vaxi. Fari þekjan yfir ákveðið mark má gera ráð fyrir að áhrif samkeppni aukist og dragi þannig úr lífsmöguleikum landnemanna. Þetta er t.d. líkleg skýring þess að þekja móasefs eykst við friðun á Kaldadal en minnkar í Ásakvíslum og að þekja axhæru eykst við friðun á Kaldadal en minnkar á Leiðvelli. Á Leiðvelli og þó sérstaklega í Ásakvíslum voru gamburmosar mjög þekjumiklir en niðurstöður fyrri rannsókna benda til að þeir geti verið mjög öflugir í samkeppni þar sem svo háttar (Ágúst H. Bjarnason 1991).

Athyglisvert er að þekja beitilyngs er marktækt meiri á friðuðu landi en beittu í Múlakoti og á Leiðvelli en þessu er öfugt farið á gamalgrönu landi í Þorlákshöfn. Þar sem beitilyng er nokkuð eftirsótt af sauðfé er eðlilegt að þekja þess aukist við friðun (Gimingham 1960, Grime o.fl. 1988). Þó skal tekið fram að Ingvi Þorsteinsson (1980) flokkar beitilyng með þeim tegundum sem eru einna minnst lostætar fyrir sauðfé á sumararbeit. Ástæða þess að minna er af beitilyngi á friðuðu landi en á beittu í Þorlákshöfn er ekki ljós. Tegundin er ekki sérlega lágvaxin og væntanlega nokkuð öflug í samkeppni við margar mólendistegundir. Viðbrögð klóelftingar er svipuð því að þekja hennar var meiri á friðuðu landi en beittu í Ásakvíslum en þessu var öfugt farið í Armanesi og í Múlakoti. Það kemur sérstaklega á óvart að klóelfting skuli aukast við beit því að hún er talsvert eftirsótt af sauðfé (7. mynd) (Ingvi Þorsteinsson 1980, Sigbrúður Jónsdóttir 1989, Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1992) og er sennilega fremur viðkvæm fyrir traðki (Sigurður H. Magnússon 1994). Hvað ræður þessu liggur ekki fyrir en væri verðugt rannsóknarefni.

### **Eru áhrif beitar á gróður háð staðsetningu í landi?**

Lengi hefur verið þekkt að gróður er mjög misjafn eftir stöðum og staðháttum svo sem halla, hallastefnu, hæð yfir sjó o.fl. (t.d. Grime o.fl. 1988). Gróður í lægðum er t.d. yfirleitt meiri en á hæðum og rindum þótt sumar tegundir kjósi frekar staði sem eru áveðra og vindasamir. Niðurstaða þessarar rannsóknar styður þetta í stórum dráttum því að yfirleitt var gróðurþekja mun meiri í lægðum og á jafnlendi en á toppum (5. tafla). Veigamiklar undantekningar eru á þessu mynstri því að á Landmannafrétti var heildargróðurþekja meiri á toppum en í lægðum eða á jafnlendi, sem aðallega má rekja til þekju mosans melagambra. Á þessu svæði er mikið af lausum vikri og sandi

sem gerir mosum einkar erfitt fyrir í lægðum. Á Leiðvelli kom fram svipað mynstur hjá breiskjufléttum sem voru mun þekjumeiri á toppum en í lægðum eða á jafnlendi en ýmsar tegundir þessara fléttna vaxa oft vel á stöðum sem standa nokkuð upp yfir nánasta umhverfi sitt svo sem grábreiskja (*Stereocaulon alpinum*) (Hörður Kristinsson, munnl. upplýsingar). Þekja lágplöntuskáran var einnig sterklega háð staðsetningu í landi því hún var mun þekjumeiri á toppum bæði í Múlakoti og á Leiðvelli.

En eru áhrif beitar háð því hvar plönturnar eru staðsettar í landi? Með öðrum orðum hefur beit önnur áhrif á gróður í lautum og skjólsælli stöðum en á stöðum sem eru meira áveðra og þar sem vaxtarskilyrði flestra tegunda eru verri? Í Múlakoti dró beit meira úr myndun þekju á toppum en í lægðum eða á jafnlendi sem aðallega stafar af því að beitin dró þar bæði úr þekju lágplöntuskáran og þekju breiskjufléttna miðað við friðað land (17.–18. ljósm. í 2. viðauka). Þetta sýnir að í Múlakoti eru áhrif beitarinnar háð því hvar plönturnar vaxa. Sennilegt er að traðk valdi hér mestu því lágplöntuskán þolir traðk illa (Kleiner og Harper 1972, Anderson o.fl. 1982, Memmott o.fl. 1998) og á það sennilega einnig við um breiskjufléttur. Þegar til lengri tíma er litið getur þetta haft mikil áhrif á gróðurframvindu því að lágplöntuskán eykur m.a. stöðugleika yfirborðs og getur aukið möguleika fræplantna ýmissa tegunda á að komast á legg (Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1990, Bliss og Gold 1999, Ásrún Elmarsdóttir o.fl. 2003, Ása L. Aradóttir o.fl. 2006).

### Áhrif friðunar á jarðveg

Niðurstöður mælinga á sýrustigi og kolefni í jarðvegi gefa ekki tilefni til að ætla að þessir þættir hafi breyst mikið við 20–60 ára friðun en þá skal sérstaklega tekið fram að sýni voru aðeins tekin úr efstu 10 cm jarðvegsins og mælingar sýna því ekki hvort breytingar hafi orðið á jarðveginum í heild. Við friðun lækkaði sýrustig að meðaltali á 8 svæðum af 12 en búast má við að sýrustig lækki með aukinni gróðurþekju (15. mynd A) (t.d. Walker og del Moral 2003). Magn kolefnis, sem var yfirleitt mjög lágt, breyttist lítið við friðun en reikna má með að það safnist fyrir í jarðvegi með auknum gróðri. Aðrar rannsóknir hér á landi hafa hins vegar sýnt að uppgræðsla gróðurlitilla svæða með áburðargjöf og sáningu grasfræs eykur magn kolefnis í jarðvegi talsvert (Ása L. Aradóttir o.fl. 2000, Ólafur Arnalds o.fl. 2000).

Meginástæða þess að friðun veldur ekki meiri lækkun sýrustigs og hækkun kolefnis en mælingarnar sýna er að líkindum tengd uppsöfnun sands og annarra áfoksefna. Við upphaf gróðurframvindu hefur á flestum svæðanna verið mikið af lausu efni á yfirborði sem með aukinni gróðurþekju safnast fyrir undir gróðrinum þannig að yfirborðið hækkar. Þetta veldur því að sýrustig lækkar síður í efsta lagi jarðvegsins og ákveðin þynning verður á því kolefni sem safnast hefur fyrir. Þetta á t.d. sérstaklega við um lítt gróin sanda- og vikursvæði þar sem þekja melgresis er að aukast. Með tímanum og aukinni þekju og stöðugleika má hins vegar reikna með að magn kolefnis aukist í efstu lögum jarðvegs.

Athyglisvert er að í Þorlákshöfn er meira af kolefni í jarðvegi á beittu landi en friðuðu (15. mynd). Þessi munur stafar áreiðanlega ekki af beit heldur af jarðvegsmun. Rannsóknarsvæðið í Þorlákshöfn er í gömlum rofjaðri og jarðvegur innan girðingar (friðað) er mun sandríkari en utan hennar sem að öllum líkindum veldur þessum mikla mun á magni kolefnis.

### Megindrættir í gróðurframvindu á örfoka og lítt grónu landi

Á flestum svæðanna þar sem melar og skyldar landgerðir (melar, moldir, moldarmelar, áraurar) hafa verið ráðandi við upphaf gróðurframvindu hafa gróðurbreytingar við friðun orðið með svipuðum hætti, því þar hefur melagróður þróast í átt til mosapembu- og móagróðurs (8. mynd).

Á lítt grónum söndum og svipuðum landgerðum (sandar, hraun og hraunmelar) er nokkuð annað uppi á teningnum því að við friðun myndast í fyrstu sanda- og vikragróður þar sem holurt og klóelfting og þó einkum melgresi eru ríkjandi tegundir. Dæmi um þessi fyrstu stig í framvindu er t.d. gróður á Landmannaafreitti (8. mynd, 10. ljósm. í 2. viðauka). Þar er melgresi ríkjandi og farið að mynda sandhóla. Þetta stig í framvindunni má kalla melgresisstig. En hvernig breytist gróðurinn eftir að melgresisstigi er náð?

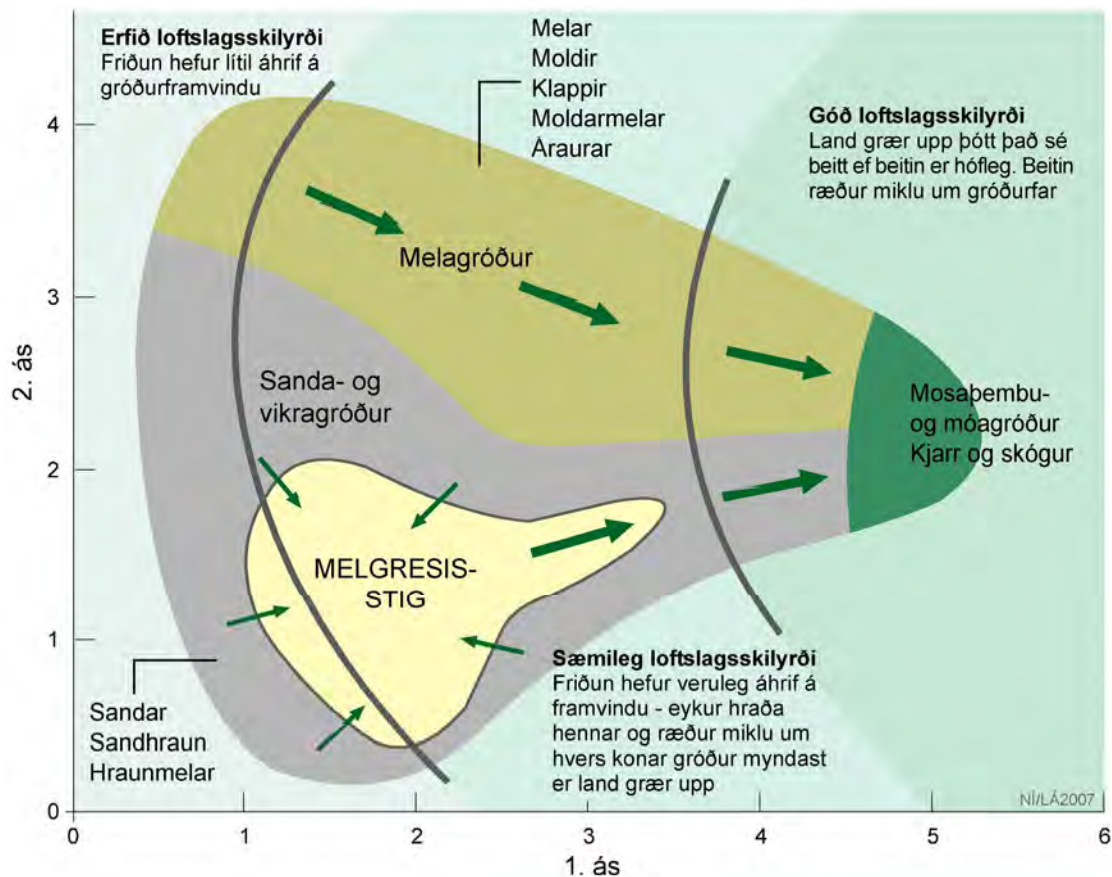
Þótt engar mælingar séu til frá fyrri tímum má af niðurstöðum þessarar rannsóknar og af gömlum ljósmyndum fá allgóða mynd af áhrifum friðunar á gróðurframvindu á sand- og vikursvæðum. Af ljósmynd sem tekin var af Leiðvelli 11 árum eftir að girðing var sett upp sést að á friðuðu landi var melgresi orðið mjög gróskumikið og hafði myndað allstóra sandhóla (19. ljósm. í 2. viðauka). Á beittu landi var gróður þá hins vegar lítið farinn að nema land. Á mynd sem tekin var af sama



svæði 28 árum síðar sést að melgresi var þá farið að hörfa af friðuðu landi en jafnframt að beittu landið var orðið allvel gróið (20. ljósm. í 2. viðauka). Staðsetning þessa svæðis á mynd fyrstu hnitunarásanna tveggja sýnir að 54 árum eftir friðun ber gróður sterk einkenni mosapembu- og móagróðurs þótt melgresi finnist enn í landinu (8. mynd, 22. og 24. ljósm. í 2. viðauka). Líklegt er að svipuð þróun hafi einnig orðið á friðuðu landi í Ásakvíslum og í Amanesi. Sennilegt er að ólík staðsetning á mynd fyrstu hnitunarása sýni hins vegar að framvindan sé mislangt gengin. Í Amanesi var melgresi ríkjandi þegar mæling fór fram (14. ljósm. í 2. viðauka) en í Ásakvíslum bera „leifar“ af melgresi vitni um fyrra framvindu- stig (16. ljósm. í 2. viðauka).

Á mynd fyrstu tveggja hnitunarása kemur fram að á sand- og vikursvæðum er gróður á beittu landi

yfirleitt líkari mosapembu- og móagróðri en gróður á friðuðu landi (8. mynd). Þar kemur einnig fram að meðaltöl sumra svæða af beittu og friðuðu landi liggja tiltölulega þétt saman þótt samanburður á þekju einstakra háplöntutegunda sýni ólíka tegundasamsetningu (6. tafla). Einkum á þetta við um Ásakvíslar og Leiðvöll en þar fannst marktækur munur á þekju annars vegar fimm tegunda og hins vegar níu tegunda á beittu landi og friðuðu. Þetta getur þýtt að breytingar á tegundasamsetningu falli ekki að þeim breytileika sem fyrstu tveir ásarnir lýsa eða að áhrif einstakra tegunda upphefji hver aðra. Athugun á hliðrun eftir öllum fjórum ásum hnitunarinnar sýndi að seinni skýringin er líklegri því munur á hnitum beitts og friðaðs lands var í öllum tilfellum minni en fram kemur á fyrstu tveimur ásum hnitunar.



16. mynd. Framvindulíkan lagt yfir niðurstöður DCA-hnitunar. Framvinda á lítt grónu landi ræðst fyrst og fremst af þrennu: jarðvegsgerð (næringarástand, raki, stöðugleiki yfirborðs), loftslagsskilyrðum og beit. Örvar sýna meginbreytingar sem verða á gróðri við framvindu. Á melum og skyldum landgerðum myndast melragróður sem þróast yfir í mosapembu, móagróður, kjarr eða skóg eftir aðstæðum á hverjum stað. Á söndum og vikrum myndast sand- og vikragróður. Sé melgresi til staðar kemst gróður á melgresisstig (grannar örvar). Ef loftslagsskilyrði eru góð og beit engin eða hófleg og sandflutningur fremur lítill gróa melhólarinnar upp, melgresi hverfur og gróður þróast yfir í mosapembu- og móagróður, kjarr eða skóg (breiðar örvar). Sjá nánar í texta. – *Model of plant succession superimposed on the results of the DCA-ordination. For details see Fig. 16 in the English summary.*



Miðað við þessar niðurstöður og þær upplýsingar sem fást af gömlum ljósmyndum (19.–20. ljósm. í 2. viðauka) er ljóst að friðun sanda og svipaðra landgerða leiðir fyrst til myndunar sanda- og vikragróðurs sem með tímanum getur þróast yfir í mosapembu- og móagróður. Ætla má að framvinda á íslenskum sandsvæðum sé því að mörgu leyti svipuð og víða hefur verið lýst erlendis þar sem tegundir á borð við melgresi gegna lykilhlutverki á fyrstu stigum gróðurframvindu (t.d. Chapman 1976, Wallen 1980, Packham og Willis 1997, Hellemaa 1998, Lichter 1998, Hesp 2002). Líklegt er að mörg friðuð sand- og vikursvæði muni með tímanum klæðast runna- og trjágróðri líkt og lýst hefur verið víða erlendis við strendur vatna og sjávar (t.d. Hellemaa 1998, Lichter 1998). Þegar beitt sand- og vikursvæði gróa upp þróast gróður einnig í átt til mosapembu- og móagróðurs en samsetning gróðurs verður hins vegar talsvert önnur en á friðuðu landi og væntanlega mun runna- og trjágróður eiga þar erfitt uppdráttar.

#### Framvindulíkan

Í ljósi niðurstaðna úr þessari rannsókn er hér sett fram líkan um fyrstu stig gróðurframvindu á lítt grónu landi (16. mynd). Í líkaninu er gert ráð fyrir að þrjár meginþættir stjórni framvindunni, þ.e. jarðvegsgerð, almenn loftslagsskilyrði og beit.

#### Áhrif jarðvegs – tvenns konar framvinda

Niðurstöðurnar benda til þess að í kjölfar meiri háttar röskunar á þurrlandi, svo sem við jarðvegsrof og öskufall, megi búast við tvenns konar gróðurframvindu. Annars vegar er framvinda á melum og skyldum jarðvegs- og landgerðum, þ.e. melum, moldum, moldarmelum og áraurum, en hins vegar framvinda á söndum og fremur finkorna vikrum (16. mynd). Það sem ræður þessari skiptingu eru einkum þeir eiginleikar jarðvegsins sem tengjast komastærð, sérstaklega vatnsheldni og næmi gagnvart frosthreyfingum (16. mynd).

- ◆ Á melum og skyldum landgerðum er jarðvegur miskorna, allt frá fínu efni upp í grjót. Vatnsheldni er misjöfn, sums staðar veruleg svo sem á melum, en mun minni á flestum áraurum. Á melum er frostlyfting einnig víðast talsverð en á áraurum lítil. Flutningur lausra rofefna á yfirborði er misjafn, sums staðar lítill, annars staðar verulegur. Magn kolefnis í jarðvegi er yfirleitt lágt. Sýrustig jarðvegs er misjafnt, hæst á landi sem nýkomið er undan jökli og á nýjum áraurum (Persson 1964, Sigurður H. Magnússon o.fl. 2002).

- ◆ Á sand- og vikursvæðum er allur jarðvegur grófkorna og vatnsheldni lítil. Samkornun jarðvegs er mjög lítil og yfirborð sérlega óstöðugt þar sem sandrenningur með tilheyrandi svörfun er algengt fyrirbæri. Frostlyfting er hins vegar lítil. Magn kolefnis í jarðvegi er yfirleitt mjög lágt en sýrustig hátt.

Munurinn á þessum tveimur flokkum jarðvegs veldur því að gróður verður ólíkur, annars vegar melagróður og hins vegar sanda- og vikragróður (16. mynd).

#### Áhrif loftslags – lengd vaxtartíma, hita og úrkomu

Annar meginþáttur, sem hefur áhrif á framvindu á lítt grónu landi í kjölfar meiri háttar röskunar, eru loftslagsskilyrði þar sem lengd vaxtartíma, hiti og úrkoma eru sterkir áhrifavaldir (16. mynd). Á þeim stöðum þar sem vaxtartími er stuttur, úrkoma lítil og yfirborð mjög óstöðugt er ekki líklegt að land grói upp (lág gildi á 1. ási hnitunar). Framvinda stendur nánast í stað þótt nokkrar breytingar geti orðið á milli ára. Fáar tegundir ná að nema land og þekja þeirra er lítil. Á svæðum með hagstæðari vaxtarskilyrði (lengri vaxtartími, hærri sumarhiti, stöðugra yfirborð og meiri úrkoma) aukast möguleikar plantna á að nema land og komast á legg og þar með á að gróðurframvinda komist á skrið. Við erfið skilyrði gerist þetta einkum þar sem skjóls gætir og þar sem næringar- og rakaástand jarðvegs er best.

Stefna gróðurframvindu bæði á melum og á söndum og vikrum ræðst að miklu leyti af ákveðnum lykiltegundum. Á melum og líkum landgerðum þróast gróður í átt til mosapembu- og móagróðurs þar sem mosategundirnar melagambri og hraungambri gegna mikilvægu hlutverki (16. mynd). Þetta á einkum við um svæði með ríkulegri úrkomu. Dæmi um þetta eru Háalda, Kaldidalur, Jaðar og Múlakot (2. viðauki). Landnám plantna verður einkum í lægðum þar sem mosar verða ráðandi í gróðri (6. ljósm. í 2. viðauka). Þar sem jarðvegur er rýrastur, svo sem á hæðum og rindum, þróast gróðurinn með tímanum yfir í mosapembu en á næringarríkari stöðum verður gróður gróskumeiri, mosaríkt mólendi með trjákenndum gróðri, svo sem lyngi og víðitegundum.

Út frá niðurstöðum þessarar rannsóknar er ekki hægt að segja til um hvað gerist á þurrari melasvæðum en líklegt er að háplöntur verði þar ráðandi í gróðri eins og vísbendingar eru um í Sandvík og á Miðfjöllum (10.–12. mynd).



Framvinda á söndum og vikrum er frábrugðin framvindu á melum og ræðst að verulegu leyti af því hvort melgresi er til staðar eða ekki en hér á landi er melgresið lykiltegund í framvindu á söndum og líkum landgerðum. Þar sem mikið er af sandi eða vikri og melgresi nær að þrífast kemst gróður á melgresisstig. Þetta á bæði við um hálendi og láglandi. Friðað land á Landmannafrétti er gott dæmi um þetta (10. ljósm. í 2. viðauka). Öflugir brúskar eru af melgresi sem safna í sig lausum sandi. Frekari framvinda gróðurs ræðst m.a. af þeim aðstæðum sem melgresið skapar, af aðflutningi sands, fræframboði annarra tegunda og af öðrum ytri skilyrðum svo sem úrkoma og af beit (sjá síðar).

#### Áhrif beitar

Af niðurstöðunum er ljóst að beit hefur mikil áhrif á framvindu bæði á melum og skyldum landgerðum og á söndum og vikrum. Áhrif friðunar í báðum þessum flokkum eru svipuð á fyrstu stigum framvindu að því leyti að sé land friðað eykst þekja allra tegundahópanna þriggja, háplantna, mosa og fléttna. Við friðun fjölga einnig tegundum háplantna, a.m.k. tímabundið þegar miðað er við litla bletti (reiti) (14. mynd). Stefna og hraði gróðurframvindu er hins vegar misjöfn (8. mynd). Sé miðað við heildargróðurþekju og fjölda tegunda sem verða fyrir áhrifum af friðun sést að í sanda- og vikragróðri hefur þekja yfirleitt aukist meira og fleiri tegundir orðið fyrir áhrifum af friðun en þar sem melagróður er ráðandi (9. mynd, 3. tafla). Þetta bendir til þess að friðun auki hraða framvindu meira á söndum og vikrum en á melum, a.m.k. á fyrstu stigum hennar.

Við friðun sanda og skyldra landgerða eykst melgresi, sé það til staðar. Við það kemst framvindan á melgresisstig. Hvað gerist eftir það ræðst af ríkjandi aðstæðum á hverjum stað. Sé aðflutningur sands og sandfok mikið og yfirborð mjög óstöðugt, vaxtartími stuttur og úrkoma lítil verður til sandhólagróður þar sem hólur byggjast upp og brotna niður á víxl. Þessi gróður viðhelst eins lengi og þessar aðstæður ráða. Ef yfirborð er stöðugra og aðflutningur sands minni eða loftslagsskilyrði tiltölulega hagstæð (langur vaxtartími og ríkuleg úrkoma) má reikna með að ýmsar mosapembu- og móategundir nemi land líkt og átt hefur sér stað í Aranesi og Ásakvíslum og þó sérstaklega á Leiðvelli. Þar hafa gamlir melgresihólar gróið upp en melgresið látið undan síga (19.–24. ljósm. í 2. viðauka).

Ef lítt gróið land er nýtt til beitar verður framvindan greinilega önnur. Ef beitarálag er mjög

mikið mun beitin algerlega koma í veg fyrir að landið grói upp og á það bæði við um mela og skyldar landgerðir og um sanda og vikra. Af niðurstöðunum að dæma grær land hins vegar upp að fullu jafnvel þótt beit sé töluverð ef loftslagsskilyrði eru hagstæð, bæði á melum og líkum landgerðum svo sem í Múlakoti og á söndum og vikrum líkt og í Ásakvíslum og á Leiðvelli. Þótt land grói að fullu verður tegundasamsetning ólík á beittu landi og friðuðu (9. mynd, 6. tafla). Beitarálag skiptir þar væntanlega mjög miklu máli, sem sést t.d. vel í Ásakvíslum og á Leiðvelli. Á beittu landi í Ásakvíslum hefur myndast allþykk mosapemba með fremur fábreyttum háplöntugróðri en á Leiðvelli er mosapækja mun minni en háplöntutegundir fleiri. Á báðum þessum svæðum er veðurfar svipað en sandmagn og þó einkum beit mun meiri á Leiðvelli en í Ásakvíslum (15., 16. og 19.–24. ljósm. í 2. viðauka).

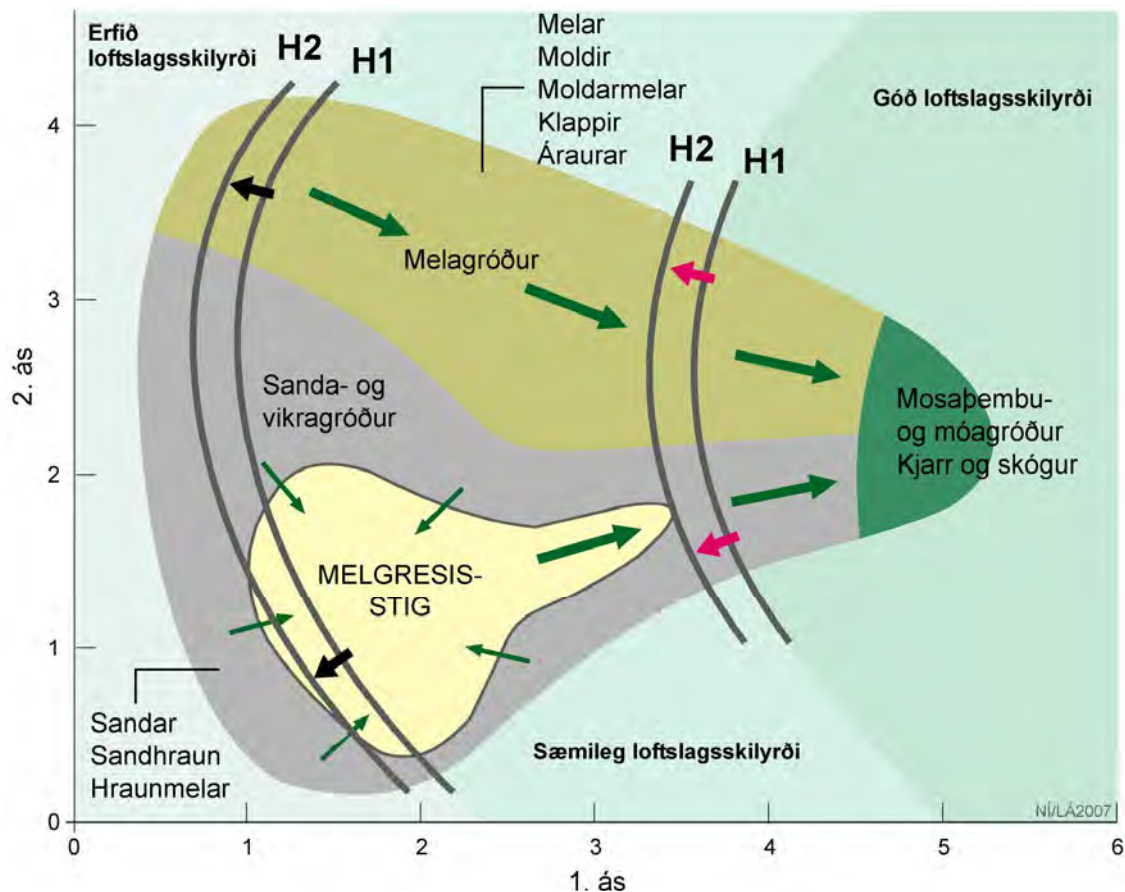
#### LOKAORÐ

Hér á landi eru víðáttumikil lítt gróin svæði sem nýtt hafa verið til sauðfjárbættar um langan aldur. Svæði þessi, sem eru bæði á láglandi og hálendi, eru af ýmsum gerðum; melar, moldir, áreyrar, skriður, sandar og vikrar. Af niðurstöðum þessarar rannsóknar er ljóst að friðun þess háttar lands getur aukið hraða gróðurframvindu verulega og víst má telja að sums staðar háttar svo til að land mun varla gróa upp nema friðun eða einhvers konar uppgræðsluaðgerðir komi til. Við bestu vaxtarskilyrði á láglandi er friðun ekki endilega forsenda þess að land grói upp svo fremi sem beitin sé hófleg (16. mynd). Friðun mun aftur á móti hafa mikil áhrif á hvers konar gróður myndast. Ætla má að beit dragi mikið úr eða hindri algerlega landnám ýmissa trjákenndra tegunda, svo sem grávíðis, loðvíðis og birkis. Þessar tegundir mynda skjól og eru því mikilvægar við að draga úr rofi og minnka hættu á gróðureyðingu. Á hálendari svæðum eða þar sem vaxtarskilyrði eru verri en á láglandi er líklegt að friðun skili einnig allgóðum árangri, svo sem á melum, söndum og vikrum í hálendisbrúninni eða á skjólsælum og gróðursælli svæðum sem ofar liggja. Hins vegar er alls ekki víst að friðun enn hálendari svæða eða lands sem er mjög óstöðugt skili miklum árangri nema einhvers konar uppgræðsluaðgerðir komi þar til viðbótar. Ber þar sérstaklega að nefna óstöðuga rofjaðra, sanda og vikra og svæði sem liggja hátt yfir sjó þar sem vaxtartími er stuttur og úrkoma takmörkuð.

Þótt ekki sé unnt að meta hraða gróðurframvindu á mismunandi svæðum með neinni nákvæmni út frá niðurstöðum þessarar rannsóknar er ljóst að áratugi tekur að græða upp land með friðun einni. Þeim mun lengri tíma þarf sem vaxtarskilyrðin eru verri svo sem vegna skorts á raka eða næringu eða sökum mikils óstöðugleika í jarðvegi.

Friðun stuðlar að náttúrlegri framvindu gróðurs og jarðvegs og er því ein besta uppgræðsluáferðin séð frá sjónarmiði náttúruverndar. Sá gróður sem myndast mun t.d. falla vel að umhverfinu og verða eðlilegur hluti af því.

Á undanförunum árum hefur sauðfé fækkað verulega í landinu og beitarálag því víða minnkað mikið. Því má segja að nú þegar sé farið að beita þessari aðferð við uppgræðslu lands, a.m.k. að hluta til. Á síðustu árum hafa gróðurskilyrði víða farið batnandi vegna hlýnunar. Haldi áfram að hlýna munu mörg svæði á hálendi og annars staðar þar sem gróðurskilyrði eru nú erfið bætast við þau sem græða má upp með friðun. Jafnframt munu þau svæði á láglandi stækka sem geta gróið upp af sjálfsdáðum, þótt um einhverja beit sé að ræða (17. mynd).



17. mynd. Framvindulíkan lagt yfir niðurstöður DCA-hnitunar – áhrif hlýnunar. Með hækkandi hitastigi má reikna með að ýmis gróðurmörk færast til í náttúrunni. H1 tákna hita fyrir hlýnun en H2 hita eftir hlýnun. Land sem getur gróið upp án friðunar sé það hóflega beitt stækkar (rauðar örvar). Sömuleiðis munu þau mörk sem ráða hvar beitarfriðun hefur engin/nokkur áhrif á uppgræðslu lands færast til (svartar örvar). Þegar hlýnar munu þessi mörk færast ofar í land og út á svæði sem hafa ekki gróið upp vegna erfiðra gróðurskilyrða. Sjá einnig 16. mynd og texta. – *Model of plant succession superimposed on the results of DCA-ordination – effects of climatic warming. For details see Fig. 17 in the English summary.*

**ÞAKKIR**

Verkefnið var kostað af Náttúrufræðistofnun Íslands, Rannsóknastofnun landbúnaðarins og Landgræðslu ríkisins og styrkt af RANNÍS og Framleiðnisjóði landbúnaðarins. Ásdís B. Stefánsdóttir, Ellý R. Guðjohnsen og Margrét B. Sigurðardóttir aðstoðuðu við útivinnu. Sveinn Runólfsson aðstoðaði við val á svæðum og veitti margvíslegar upplýsingar um mörg þeirra. Upplýsingar um beitarsögu og nýtingu einstakra svæða gáfu: Árni Guðmundsson, Böðvar Guðmundsson, Guðbergur Guðnason, Hermann Baldvinsson, Jón Albert Jóns-

son, Jón Karlsson, Kjartan Ólafsson, Magnús Víkingur Grímsson, Oddsteinn Sæmundsson, Ragnar Gíslason, Ragnar Olgeirsson, Sigfús Illugason, Sigurður Gunnarsson, Sveinn Þórarinnsson, Þórarinn Snorrason, Þórður Ólafsson og fleiri. Hólmgeir Björnsson veitti góð ráð og aðstoðaði við tölfraðilega úrvinnslu gagna. Lovísa Ásbjörnsdóttir teiknaði nokkrar myndanna. Borgþór Magnússon og Birta Bjargardóttir lásu yfir handrit. Björn Thomas, Álfheiður Ingadóttir og Anette T. Meier sáu um uppsetningu ritsins. Öllum eru færðar bestu þakkir fyrir.



## ENGLISH SUMMARY

### INTRODUCTION

Soil erosion has been a serious environmental problem in Iceland for centuries and has resulted in destruction of the vegetation and loss of soil over extensive areas (Ingvi Þorsteinsson 1978, Sigurður H. Magnússon 1997). Following erosion plant succession is generally slow due to limited seed bank, wind abrasion, surface erosion and frost heaving, low levels of soil nitrogen, phosphorus and organic carbon in soil and sheep grazing (Elin Gunnlaugsdóttir 1985, Ólafur Arnalds 1990, Ása L. Aradóttir 1991, Sigurður H. Magnússon 1994, Sigurður H. Magnússon and Borgþór Magnússon 1995, Arnalds and Kimbley 2001).

The effects of sheep grazing on vegetation has been studied at several sites in Iceland but mainly on land with relatively high vegetation cover (Ingibjörg Svála Jónsdóttir 1984, Borgþór Magnússon and Sigurður H. Magnússon 1992). However, the effects of grazing on plant succession in sparsely vegetated areas in Iceland are poorly understood. Trampling by sheep may increase seed germination and improve growth conditions for seedlings at initial stages of succession. In the longer run grazing is likely to retard plant succession due to defoliation, reduced flowering and growth of preferred plant species, and by slowing down accumulation of carbon stock in the disturbed soil.

Sheep have strong preferences for certain plant species (Ingvi Þorsteinsson 1980, Borgþór Magnússon and Sigurður H. Magnússon 1992, Sigurður H. Magnússon and Borgþór Magnússon 1995, Björn Þorsteinsson and Anna Guðrún Þórhallsdóttir 2003). Thus information on palatability and selection of plant species by sheep is important for explaining plant succession in sparsely vegetated areas.

The aim of the present study is to evaluate the effects of grazing enclosure of sheep on plant succession on eroded and sparsely vegetated land in Iceland. More specifically the study attempts to answer the following questions:

1. Which are the effects of protection from sheep grazing on formation of vegetation cover, species composition and species richness?
2. Are the effects of grazing enclosure related to the position of vegetation within surface topography?

3. Which vascular plant species are most preferred by sheep on eroded or sparsely vegetated land?
4. Is soil carbon accumulation and pH affected by sheep grazing?

### METHODS

#### Selection of study sites

Twelve sites were subjectively chosen for the study (Fig. 1). They were all on eroded land or in comparable habitats such as river gravel, areas with volcanic tephra deposits and sand areas. At each site the area had been separated by a fence for many years (17–62) into a grazed and an ungrazed part. Homogeneous areas were selected at each site so that they would mainly differ with respect to grazing. However, the sites differed in climatic conditions, soil and land types and in grazing pressure (Tables 3–4). Areas where seeding, planting and fertilization had been practised for revegetation purposes were excluded.

#### Sampling

Vegetation sampling was performed during the summers of 1995, 1996 and 1999. At each study site two belt transects (20 x 300–900 m long) were established along each side of the fence (Table 1). Each transect was divided into 2–4 equally long parts and within each part 10 (1 x 0.33 m) sampling plots were randomly chosen. In each plot the cover of vascular plant species, total moss cover, lichen cover and the cover of a few key moss species and species groups were estimated visually (Table 2). For each plot surface topography (three categories) slope, grazing (three categories) and soil depth were investigated. An attempt was made to evaluate an initial post-disturbance land type (eight categories) for each plot. In addition vascular plant species that showed signs of grazing were noted. In each plot soil was sampled to a depth of 10 cm for analysis of pH and carbon content. At one site in southern Iceland (Þorlákshöfn) the land was only partly eroded, with a mosaic of eroded land and old heathland. Measurements were performed on both types, but kept separated in the data analyses.

#### Data analyses

Species composition was analysed by detrended correspondence analysis (DCA). The analysis was based on percentage cover of vascular plants, the mosses *Racomitrium lanuginosum*, *R. ericoides* and *Stereocaulon* lichens. The relationship between species composition and 14 different environmental factors was explored (Fig. 2).



The main vegetation relationship between the study sites (12 sites + old heathland in Þorlákshöfn) was analysed by two-way indicator species analysis (TWINSPAN) based on the mean cover values for: vascular plant species, *Racomitrium lanuginosum* and *R. ericoides* mosses and *Stereocaulon* lichens.

The response of selected vascular plant species to grazing protection was tested for each site with one-way ANOVA. The effects of grazing treatment and topography on cover of species groups and cover of moss species and on species richness of vascular plants was tested with two-way ANOVA. The effect of grazing treatment and topography on the carbon content and pH of soil was also tested.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Vegetation types

The ordination and classification results showed that there were mainly three vegetation types at the study sites; gravel flat vegetation, sand- and tephra vegetation, and heathland vegetation (Figs. 2, 3).

The gravel flat vegetation type was characterised by the species *Armeria maritima*, *Silene acaulis*, *Arenaria norvegica* and *Rumex acetosa* (Fig. 4). This vegetation type occurred at sites with a relatively poor vegetation cover. Species richness varied considerably (Figs. 2, 9, 14). The sand- and tephra vegetation type was characterised by the species *Carex maritima*, *Silene uniflora*, *Equisetum arvense* and *Leymus arenarius* (Fig. 4). The species richness was generally low but the cover varied greatly (Figs. 2, 9, 14). The heathland vegetation type was characterised by a relatively high cover of *Racomitrium* mosses and of the dwarf shrub species *Calluna vulgaris*, *Salix herbacea* and *Empetrum nigrum* (Fig. 4). Other common species were *Galium verum*, *Festuca vivipara* and *Luzula multiflora*. This vegetation type had a relatively high vegetation cover and high species richness (Figs. 2, 9, 14).

The total vegetation cover was strongly related to small scale topography as was the cover of all the main species groups (vascular plants, mosses and lichens) (Table 5). In general, the cover was lower on tops than in depressions or on levelled land. However, opposite to this pattern, was the cover of mosses at one sandy lava site in the highland and the cover of cryptogamic crust at two lowland sites. The species richness was also strongly related to small scale surface topogra-

phy. The tops had significantly lower species richness than depressions and level land (Table 5).

The results indicated that following severe disturbance, such as soil erosion, tephra deposition, and river floods, the vegetation was related to the soil and land types as classified at the initiation of plant colonisation in the areas (Fig. 5). On gravel flats and similar land and soil types gravel flat vegetation was the main vegetation type. On land classified as sand and sandy lava or fine aeolian sediment and tephra on lava, the major vegetation type was sand- and tephra vegetation.

### Grazing and plant preferences

Sheep showed a strong preference for *Equisetum arvense* (Fig. 7). A relatively high frequency of grazing signs was also found on *Leymus arenarius*, *Silene uniflora* and *Galium verum*. *Plantago maritima* also had frequent grazing signs, however it was probably due to grazing by insects. On the other hand, *Thymus praecox*, *Agrostis vinealis* and *Empetrum nigrum* were hardly grazed by sheep although common at study sites.

### Effects of grazing on plant cover, species composition and species richness

On sparsely vegetated land where grazing had been excluded an increase in total vegetation cover and species richness was found together with a change in species composition compared to the adjacent grazed land (Figs. 8, 9, 14). However, the effects were influenced by land and soil type (Fig. 8). On gravel flats and similar land types grazing enclosure increased the succession rate in the direction of moss-rich heathland. On sand and sandy lava and in areas where the soil was a mixture of fine aeolian sediment and tephra on lava, the grazing exclusion facilitated the formation of sand and tephra vegetation where *Leymus arenarius* and *Silene uniflora* were important species. In areas with a relatively long growing period, high precipitation and moist soils, the surface stabilised and the vegetation developed into heathland vegetation.

### Relationship between topography and grazing

At one of the sites (river gravel) a significant interaction was found between grazing treatment and topography. This was for cover of *Stereocaulon* lichens and cryptogamic crust (Fig. 12); grazing reduced cover more on tops than in other topographic classes. This was probably due to trampling by sheep on grazed land.

**Effects of grazing on cover of individual vascular plants**

The results showed that vascular plant species reacted differently to grazing (Table 6). Most of the species tested either increased in cover where grazing had been excluded or did not show any significant change between grazed and ungrazed land. *Leymus arenarius* and *Silene uniflora* increased their cover most in the ungrazed areas compared to the grazed areas.

**Effects of grazing protection on soil**

In general, the soil pH difference was small between grazed and ungrazed land. Soil pH appeared to be slightly lower on ungrazed land but was only significant at two sites (Fig. 15). The

carbon content of soil was low at most sites and could not be clearly related to grazing treatments. These relatively low effects probably reflect a higher accumulation of airborne soil particles in the ungrazed areas.

**Model of succession**

Based on the results of this study a model of the first stages of succession on sparsely vegetated land in Iceland is presented (Fig. 16). Three factors are considered to control the succession; soil characteristics, climate and grazing.

**Effects of soil – two directions of succession**

Following major disturbances, such as accelerated soil erosion and tephra deposition, two main types of plant succession are expected depending on

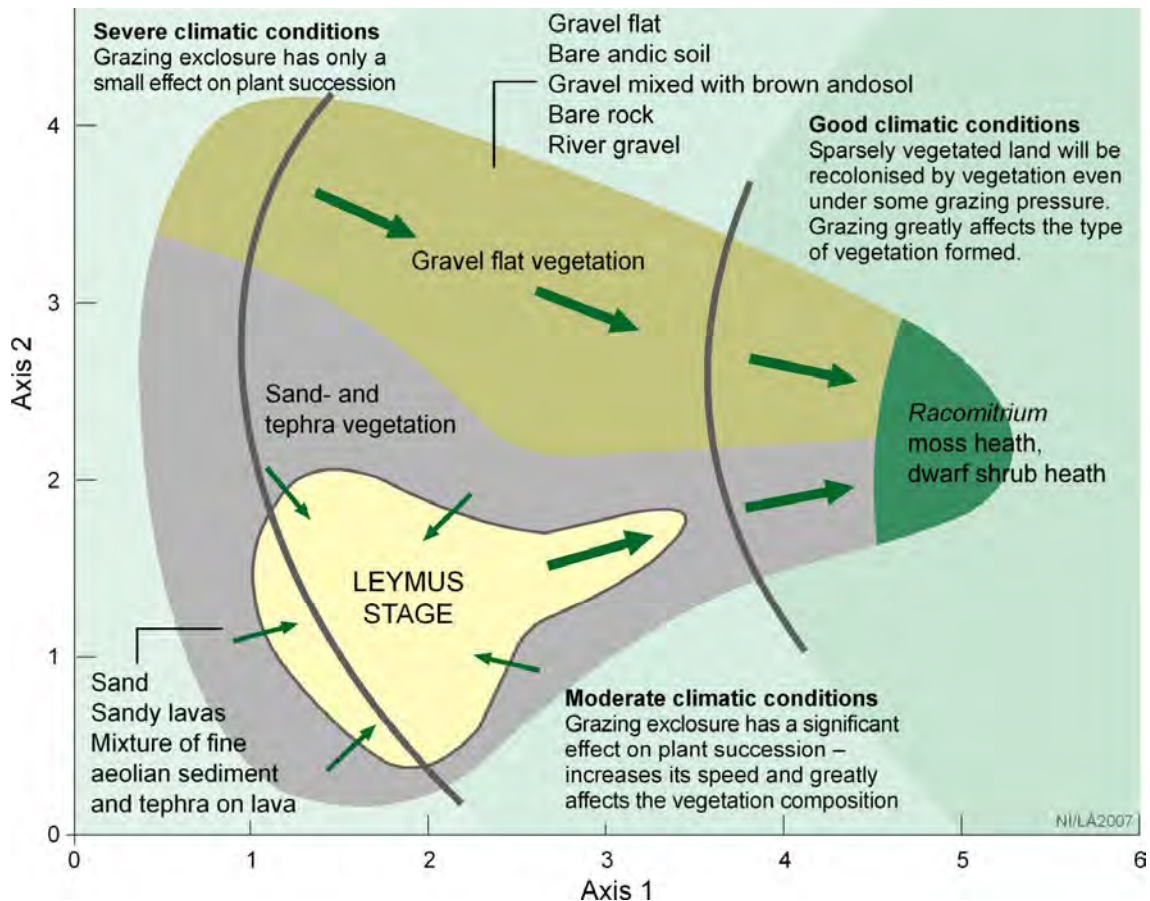


Fig. 16. Model of plant succession superimposed on the results of DCA-ordination. According to the model plant succession in sparsely vegetated areas in Iceland is mainly controlled by: soil characteristics (nutrient status, moisture, surface stability), climatic conditions and grazing. Arrows indicate direction of succession. In gravel flat areas and similar land types, gravel flat vegetation establishes which in time develops into *Racomitrium* moss heath, dwarf-shrub heath, willow-shrub or woodland depending on the environmental conditions. In sandy habitats, and areas rich in volcanic tephra deposits, sand- and tephra vegetation becomes established. If *Leymus arenarius* is present *Leymus* dunes are formed (thin arrows). If climatic conditions are favourable and grazing intensity is relatively low the dunes stabilise. *Leymus* decreases in cover and the vegetation changes into *Racomitrium* moss heath and dwarf-shrub heath and may later develop into a willow-shrub or birch woodland.



the land type. These are either a succession on gravel flats and similar soil and land types or a succession in sandy areas and areas rich in fine volcanic tephra. This difference is mainly related to those soil factors controlling water holding capacity and frost heaving activity (Fig. 16).

- ◆ In the gravel flats type the soil texture is heterogenous with soil particles of different size. Water holding capacity varies; from high in many gravel flats and bare brown andosol to moderate in river gravel. The frost heaving activity is generally high. Transport of soil material by wind along the surface and abrasion of established plants is variable at these sites. The carbon content in soil is generally low but pH varies; being highest in recently exposed moraines and on fluvial plains.
- ◆ In the sandy areas type, the soil is loose and has a very low water holding capacity. The surface is unstable and transport of sand by wind along the surface is a common feature. Frost heaving is low. The carbon content of the soils is very low and pH high.

Due to these differences the first stages of succession differ between these two main land and soil types (Fig. 16).

#### **Effects of climate – length of growing season, temperature and precipitation**

The second main factor affecting the early stages of succession on eroded and other sparsely vegetated land is the climate. The length of the growing season, temperature and precipitation are all important (Fig. 16). On sites with a short growing season, low precipitation and unstable surfaces the vegetation establishment is limited (low values on the first ordination axis). The succession is very slow although some variation can be found between years. Only few species are able to establish in these areas and their cover is low. At sites with better growing conditions (longer growth period, higher summer temperature and precipitation, and a stable surface) plant colonisation and establishment are favoured and resulting in a higher rate of succession.

The direction of succession is mainly controlled by a few key species. On gravel flats and similar land types the *Racomitrium* mosses are important, especially in areas of high precipitation. There the gravel flat vegetation develops into *Racomitrium*

heath, dwarf-shrub heath and willow heath or birch woodland. Initial plant colonisation occurs mainly in depressions where *Racomitrium* mosses dominate (Photo 6). In nutrient rich places woody species become dominant but on ridges and other nutrient poor surfaces the moss heath will prolong.

The succession in sandy areas is greatly affected by the presence of *Leymus arenarius* which is a key species in both lowland and highland habitats. If *Leymus arenarius* is present and sand supply abundant dunes are formed and the plant succession reaches the *Leymus* stage (Fig. 16, Photos 10, 19). Further succession is affected by the *Leymus* itself, sand supply, seed sources and other conditions such as precipitation and grazing (see below).

#### **Effects of grazing**

Sheep grazing had a great impact on succession of the two main land types studied. Protection of grazing increased total plant cover and species richness for both land types. The direction and speed of succession differed however between these two types (Fig. 8). The effect of grazing on the total plant cover indicates that grazing exclusion stimulates the succession more effectively in sandy areas than in areas with gravel flats, at least in the first stages of succession (Fig. 9, Table 5).

If *Leymus* is present in ungrazed sandy habitats, the vegetation initially develops into the *Leymus* stage (Photos 9–10, 19). Further development depends on environmental conditions. If sand supply is abundant, surface unstable, growing season short and the climate dry, a cyclic *Leymus* dune community forms. If the surface is more stable, sand supply limited or climate more favourable *Leymus* will eventually degrade and vegetation develop into *Racomitrium* moss heath, dwarf-shrub heath (Photos 19–24) and later into willow shrub or birch woodland.

On grazed land the succession is different. Under high grazing pressure the land will become sparsely vegetated, regardless of soil and land type. Under moderate grazing and mild climatic conditions vegetation will, on the other hand, increase with species establishment and high cover (Fig. 16). Note, however, that the species composition will differ between grazed and ungrazed land.



**CONCLUSIONS**

In Iceland tens of thousands of square kilometres of eroded and sparsely vegetated land have been utilized for summer sheep grazing for centuries. These are both lowland and highland areas of different land types, i.e. gravel flats, bare *brown andosol*, river gravels, screes and plains of sand and tephra. The present study shows that exclusion of sheep grazing in these areas will considerably increase the rate of plant succession. Under the most favourable conditions in the lowlands, protection from grazing is not essential for revegetation of land provided the grazing pressure is moderate. However, grazing will greatly affect the type of vegetation formed, for example by limiting the establishment of *Salix* species and birch.

In the highlands grazing has considerable effects on plant establishment and succession. However, exclusion of sheep from areas of severe growing conditions is not likely to be effective. This applies to areas with the most unstable erosional escarpments, and sand and tephra fields where the growing season is short and precipitation limited.

It is proposed that with the anticipated milder climate and enhanced plant growth conditions in the future the highland areas affected by sheep grazing will increase in size (Fig. 17). Also, the size of the sparsely vegetated areas in the lowland which may be covered with vegetation under moderate grazing pressure will increase in the future (Fig. 17).

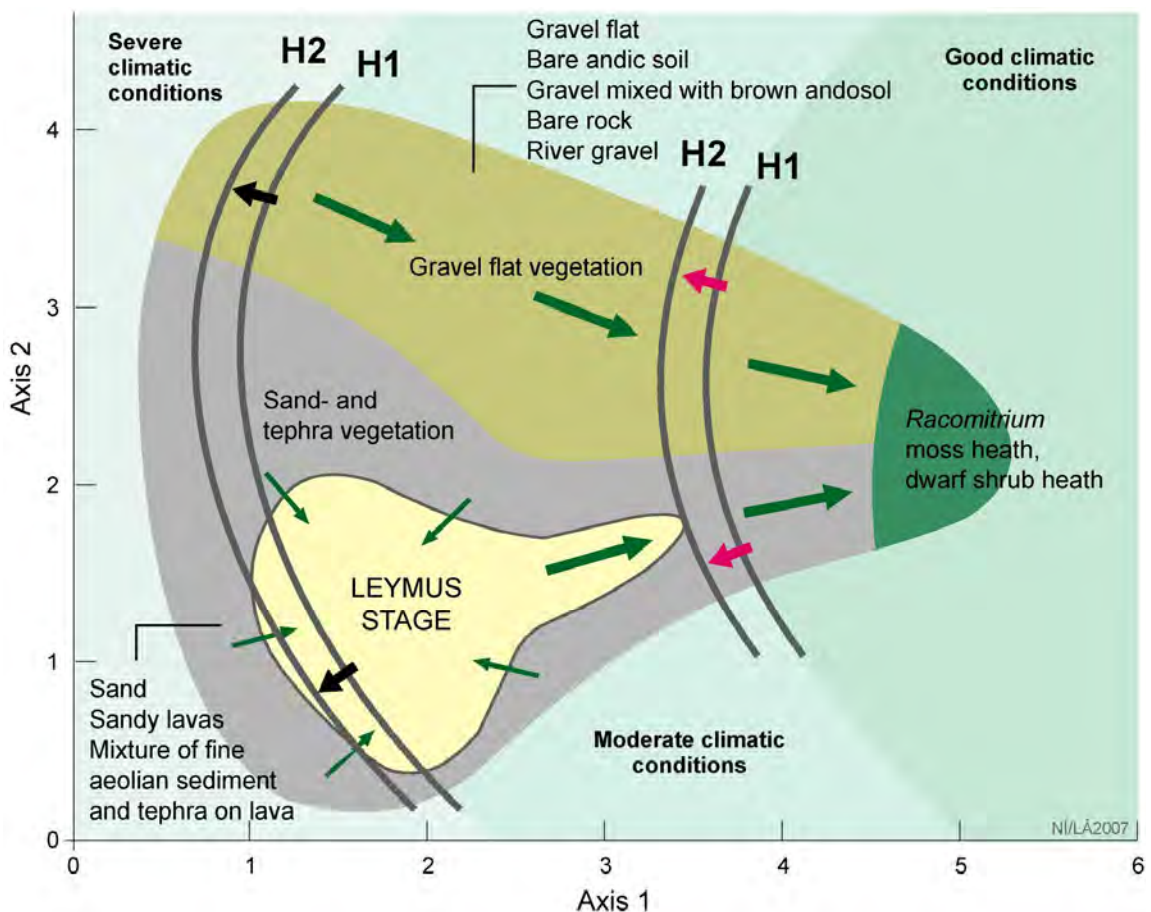


Fig. 17. Model of plant succession superimposed on the results of DCA-ordination – effects of climatic warming. As a response to warming the borders between several vegetation types are likely to shift. H1 and H2 denotes temperature before and after warming respectively. Eroded and sparsely vegetated land which can be colonised by vegetation under moderate grazing pressure (lowland areas) will increase in size (red arrows). The size of land where grazing has limited (left, unstable sites and areas at high elevation) or great effect (middle) on the revegetation process will change (black arrows). With a warmer climate plants will to a greater extent colonise more unstable sites and areas at higher elevations. See also Fig. 16.

**HEIMILDIR – REFERENCES**

- Anderson, D.C., Harper, K.T. og Rushforth, S.R. 1982. Recovery of cryptogamic soil crusts from grazing on Utah winter ranges. *Journal of Range Management* 35: 355–359.
- Andrés Arnalds 1998. Hver á að gæta landsins? Bls. 113–130. Í: Græðum Ísland. Landgræðslan 1995–1997, árbók VI.
- Anna María Ágústsdóttir og Elín Fjóra Þórarinsdóttir 2000. Átak ríkisstjórnarinnar í landgræðslu og skógrækt 1997–2000. Árskógar Rangárvallasýslu, binding kolefnis með landgræðslu. Landgræðsla ríkisins – Landupplýsingasvið, 13 s.
- Arnalds, O. og Kimble, J. 2001. Andisols of deserts in Iceland. *Soil Science Society of America Journal* 65: 1778–1786.
- Austrheim, G. og Eriksson, O. 2001. Plant species diversity and grazing in the Scandinavian mountains – patterns and processes at different spatial scale. *Ecography* 24: 683–695.
- Árni Magnússon og Páll Vídalín 1913–1917. Jarðabók, 1. bindi. Hið íslenska fræðafjélag. Kaupmannahöfn, 415 s.
- Árni Magnússon og Páll Vídalín 1943. Jarðabók, 11. bindi. Hið íslenska fræðafjélag. Kaupmannahöfn, 409 s.
- Ágúst H. Bjarnason 1991. Vegetation on lava fields in the Hekla area, Iceland. *Acta Phytogeographica Suecica* 77, 114 s.
- Ása L. Aradóttir 1991. Population biology and stand development of birch (*Betula pubescens* Ehrh.) on disturbed sites in Iceland. Doktorsritgerð. Texas A&M University, College Station, Texas, USA, 104 s.
- Ása L. Aradóttir, Kristín Svavarsdóttir, Þorbergur Hjalti Jónsson og Grétar Guðbergsson 2000. Carbon accumulation in vegetation and soils by reclamation of degraded areas. *Búvísindi* 13: 99–113.
- Ása L. Aradóttir, Kristín Svavarsdóttir og Sigurður H. Magnússon 2006. Landnám víðis og árangur víðisáninga. Bls. 59–72. Í: Innlandar víðitegundir, líffræði og notkunarmöguleikar í landgræðslu. Ritstj. Kristín Svavarsdóttir. Landgræðsla ríkisins.
- Ásrún Elmarsdóttir, Ása L. Aradóttir og Trlica, M. J. 2003. Microsite availability and establishment of native species on degraded and reclaimed sites. *Journal of Applied Ecology* 40: 815–823.
- Belsky, A.J. 1992. Effects of grazing, competition, disturbance and fire on species composition and diversity in grassland communities. *Journal of Vegetation Science* 3: 187–200.
- Bergþór Jóhannsson 2003. Íslenskir mosar. Skrár og viðbætur. *Fjölrit Náttúrufræðistofnunar Íslands* nr. 44, 138 s.
- Björn Þorsteinnsson og Anna Guðrún Þórhallsdóttir 2003. Gróðurfarsbreytingar í kjölfar beitartilrauna í Húsa-fellsskógi. Ráðunautafundur 2003: 201–203.
- Bliss, L.C. og Gold, W.G. 1999. Vascular plant reproduction, establishment, and growth and the effects of cryptogamic crusts within a polar desert ecosystem, Devon Island, N.W.T., Canada. *Canadian Journal of Botany* 77: 623–636.
- Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon 1992. Rannsóknir á gróðri og plöntuvali sauðfjár í beitartilraun á Auðkúluheiði. *Fjölrit Rala* nr. 159, 106 s.
- Chapin, F.S. III 1991. Effects of multiple environmental stresses on nutrient availability and use. Bls. 67–88. Í: Response of plants to multiple stresses. Ritstj. Mooney, H., Winner, W.E. og Pell, E.J. Academic Press, San Diego.
- Chapin, F.S. III, Vitousek, P.M. og Van Cleve, K. 1986. The nature of nutrient limitation in plant communities. *The American Naturalist* 127: 48–58.
- Chapman, V. J. 1976. Coastal vegetation. Pergamon press, 292 s.
- Elín Gunnlaugsdóttir 1985. Composition and dynamical status of heathland communities in Iceland in relation to recovery measures. *Acta Phytogeographica Suecica*, 84 s.
- Fanney Ósk Gísladóttir, Elín Fjóra Þórarinsdóttir og Anna María Ágústsdóttir 2000. Átak ríkisstjórnarinnar í landgræðslu og skógrækt 1997–2000, Þorlákshöfn, Árnessýslu. Binding kolefnis með landgræðslu. Landgræðsla ríkisins – Landupplýsingasvið, 18 s.
- Gimingham, C.H. 1960. Biological flora of the British Isles: *Calluna vulgaris* (L.) Hull. *Journal of Ecology* 48: 455–483.
- Goldsmith, F.B. og Harrison, C.H. 1976. Description and analysis of vegetation. Bls. 85–155. Í: Methods in plant ecology. Ritstj. Chapman, S.B. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Gould, W.A. og Walker, M.D. 1999. Plant communities and landscape diversity along a Canadian Arctic river. *Journal of Vegetation Science* 10: 537–548.

- Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111: 1169–1194.
- Grime, J.P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes*. Wiley, New York, 222 s.
- Grime, J.P., Hodgson, J.G. og Hunt, R. 1988. *Comparative plant ecology. A functional approach to common British species*. Unwin Hyman Ltd., London, 742 s.
- Grime, J.P. og Campbell, B.D. 1991. Growth rate, habitat productivity, and plant strategy as predictors of stress response. Bls. 143–159. Í: *Response of plants to multiple stresses*. Ritstj. Mooney, H.A., Winner, W.E. og Pell, E.J. Academic Press, San Diego.
- Græðum Ísland 1989. Landgræðsluframkvæmdir í Árnessýslu. Bls. 135–150. Í: *Græðum Ísland, Landgræðslan 1988, árbók II*. Ritstj. Andrés Arnalds.
- Guttormur Sigbjarnarson 1969. Áfok og uppblástur. *Náttúrufræðingurinn* 39: 49–128.
- Halldór Björnsson 1994. Eyjardalsár- og Lundarbrekкусóknir. Þingeyjarsýslur. Sýslu- og sóknalýsingar Hins íslenska bókmenntafélags 1839–1844. Ritnefnd: Björn Hróarsson, Heimir Pálsson og Sigurveig Erlingsdóttir, s. 93–108.
- Halldór Björnsson 2003. The annual cycle of temperature in Iceland. Icelandic Meteorological Office [Veðurstofa Íslands], Report no. 03037, 45 s.
- Haukur Jóhannesson, Sveinn P. Jakobsson og Kristján Sæmundsson 1982. Jarðfræðikort af Íslandi, blað 6, 2. útgáfa. Náttúrufræðistofnun Íslands og Landmælingar Íslands, Reykjavík.
- Hellemaa, P. 1998. The development of coastal dunes and their vegetation in Finland. *Fennia* 176, 157 s.
- Hesp, H. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology* 48: 245–268.
- Hill, M.O. 1979. DECORANA – A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca, New York. 30 s.
- Hulme, P.D., Pakeman, R.J., Torvell, L., Fisher, J.M. og Gordon, I.J. 1999. The effects of controlled sheep grazing on the dynamics of upland *Agrostis-Festuca* grassland. *Journal of Applied Ecology* 36: 886–900.
- Hörður Kristinnsson 1986. Plöntuhandbókin. Blómplöntur og byrkingar. Íslensk náttúra 2. Örn og Örygur, Reykjavík, 304 s.
- Hörður Kristinnsson 1997. Checklist of Icelandic lichens. Icelandic Institute of Natural History. Óbirt handrit.
- Ingbjörg Svala Jónsdóttir 1984. Áhrif beitar á gróður Auðkúluheiðar. *Náttúrufræðingurinn* 53: 19–40.
- Ingi Þorsteinsson 1978. Gróður og landnýting. *Lesarkir Landverndar* 3. Landvernd, Reykjavík, 48 s.
- Ingi Þorsteinsson 1980. Gróðurskilyrði, gróðurfur, uppskera gróðurlenda og plöntuval búfjár. *Íslenskar landbúnaðarrannsóknir* 12: 85–99.
- Ingi Þorsteinsson 1991. Uppgræðsla á Auðkúluheiði og Eyvindarstaðaheiði 1981–1989. *Fjölrit Rala* nr. 151, 130 s.
- King, J. og Nicholson, I.A. 1964. Grasslands of the forest and sub-alpine zones. Bls. 168–215. Í: *The vegetation of Scotland*. Ritstj. Burnett, J.H. Oliver and Boyd, Edinborg.
- Kleiner, E.F. og Harper, K.T. 1972. Environment and community organization in the grasslands of Canyonlands National Park. *Ecology* 53: 299–309.
- Landgræðsluáætlun 2002. Þingsályktun um Landgræðsluáætlun 2003–2014. Samþykkt á Alþingi 30. apríl 2002. „<http://www.land.is/landbunadur/wglgr.nsf/key2/landgraedsluaetlun.html>“ (skoðað 13/1 2006).
- Lichter, J. 1998. Primary succession and forest development on coastal Lake Michigan sand dunes. *Ecological Monographs* 68: 487–510.
- Markús Á. Einarsson 1976. *Veðurfur á Íslandi*. Iðunn. Reykjavík, 150 s.
- McCune, B. og Mefford, M.J. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4. MjM software design, Gleneden Beach, Oregon, USA, 237 s.
- McNaughton, S.J. 1985. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecological Monographs* 53: 291–320.
- McNaughton, S.J., Banyikwa, F.F. og McNaughton, M.M. 1998. Root biomass and productivity in a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecology* 79: 587–592.
- Memmott, K.L., Anderson, V.J. og Monsen, S.B. 1998. Seasonal grazing impact on cryptogamic crusts in a cold desert ecosystem. *Journal of Range Management* 51: 547–550.
- Merry, R.H. og Spouncer, L.R. 1988. The measurement of carbon in soils using a microprocessor-controlled resistance furnace. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19: 707–720.
- Milchunas, D.G. og Lauenroth, W.K. 1989. Three-dimensional distribution of plant biomass in relation to grazing and topography in the shortgrass steppe. *Oikos* 55: 82–86.





- Olf, H. og Ritchie, M.E. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Tree* 13: 264–265.
- Olofsson, J., Stark, S. og Oksanen, L. 2004. Reindeer influence on ecosystem processes in the tundra. *Oikos* 105: 386–396.
- Ólafur Arnalds 1990. Characterization and erosion of Andisols in Iceland. Doktorsritgerð. Texas A&M University, College Station, Texas, USA, 179 s.
- Ólafur Arnalds, Elín Fjóra Þórarinsdóttir, Sigmar Metúsalemsson, Ásgeir Jónsson, Einar Grétarsson og Arnór Arnason 1997. Jarðvegsrof á Íslandi. Landgræðsla ríkisins, Rannsóknastofnun landbúnaðarins, 157 s.
- Ólafur Arnalds, Grétar Guðbergsson og Jón Guðmundsson 2000. Carbon sequestration and reclamation of severely degraded soils in Iceland. *Búvísindi* 13: 87–97.
- Packham, J.R. og Willis, A.J. 1997. Ecology of dunes, salt marsh and shingle. Chapman and Hall, London, 335 s.
- Persson, Å. 1964. The vegetation at the margin of the receding glacier Skaftafellsjökull, Southeastern Iceland. *Botaniska Notiser* 117: 323–354.
- Rogalski, M. 1977. Zagaddnienie zachowania sie zwierzatw warunkach zywnienia pastwiskowego (Behaviour of animals kept at pasture). Yfirlit á ensku og rússnesku. *Roczniki Akademii Rolniczejw Poznaniu. Rozprawy Naukowe, Zeszty* 78. (Útg. í Poznan 1977), 41 s.
- Sigurður H. Magnússon 1994. Plant colonization of eroded areas in Iceland. Doktorsritgerð við Lund University, Department of Ecology, 98 s.
- Sigurður H. Magnússon 1997. Restoration of eroded areas in Iceland. Bls. 188–211. Í: *Restoration Ecology and Sustainable Development*. Ritstj. Urbanska, K.M., Webb, N.R. og Edwards, P.J. Cambridge, Cambridge University Press.
- Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1990. Birkisáningar til landgræðslu og skógræktar. Ársrit Skógræktarfélag Íslands 1990: 9–18.
- Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 1995. Uppgræðsla á Auðkúlu- og Eyvindarstaðaheiði. Mat á ástandi gróðurs sumarið 1994. Skýrsla til Landsvirkjunar. *Fjölrit Rala* nr. 180, 34 s.
- Sigurður H. Magnússon, Guðmundur Guðjónsson, Erling Ólafsson, Guðmundur A. Guðmundsson, Borgþór Magnússon, Hörður Kristinsson, Kristbjörn Egilsson og Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2002. Vistgerðir á fjórum hálandissvæðum. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ 02006, 246 s.
- Sigprúður Jónsdóttir 1989. Beitaratferli og plöntuval sauðfjár og hrossa. *Ráðunautafundur* 1989: 133–159.
- Sveinn Runólfsson 2004. Landkostir og landbætur í Austur-Skaftafellssýslu. Bls. 165–200. Í: *Jöklaferöld, náttúra og mannlíf*. Ritstj. Helgi Björnsson, Egill Jónsson og Sveinn Runólfsson. Skrudda, Reykjavík.
- Sæmundur Friðriksson 1947. Þáttur sauðfjársjúkdómanefndar. Bls. 193–201. Í: *Þættir um innflutning búfjár og karakúlsjúkdóma*. Teknir saman af nefnd þeirri er skipuð var af landbúnaðarráðherra 3. september 1946 til þess að endurskoða gildandi löggjöf um varnir gegn útbreiðslu næmra sauðfjársjúkdóma, fjárskipti og innflutning búfjár.
- ter Braak, C.J.F. 1987. CANOCO – a Fortran program for canonical community ordination by correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis. TNO Institute of Applied Computer Science. Statistics Department Wageningen, The Netherlands, 95 s.
- ter Braak, C.J.F. og Smilauer, P. 1998. CANOCO reference manual and users guide to canoco for windows: Software for canonical community ordination (version 4). Microcomputer Power (Ithaca, NY, USA), 352 s.
- van der Maarel, E. og Titlyanova, A. 1989. Above-ground and below-ground biomass relations in steppes under different grazing intensities. *Oikos* 56, 364–370.
- Walker, L.R. og del Moral, R. 2003. Primary succession and ecosystem rehabilitation. Cambridge University Press, Cambridge, 442 s.
- Wallen, B. 1980. Changes in structure and function of *Ammophila* during primary succession. *Oikos* 34: 227–238.

## VIÐAUKAR

### 1. viðauki. Lýsing rannsóknarsvæða – *Appendix 1. Description of sites*

#### Suðurland

##### Ásakvíslar

Rannsóknarsvæðið, sem er 600 m að lengd, er á austurjaðri landgræðslugirðingarinnar í Ásakvísllum við Skaftá, vestan við heimreiðina að Botnum, um 1 km sunnan við Þjóðveg 1 (1. mynd, 15.–16. ljósm. í 2. viðauka). Svæðið er á Skaftáreldahrauni sem er á þessum stað fremur slétt. Árið 1962 byggði Vegagerðin varnargarð sem kom í veg fyrir rennsli úr Skaftá um kvíslarnar (Sveinn Runólfsson og Oddsteinn Sæmundsson, munnl. upplýsingar). Fyrir 1962 var land þetta meira og minna umflotið vatni en í kvíslunum var ávallt eitthvert rennsli en þó mest í flóðum og að sumrinu. Með kvíslunum voru þá víða grónir hólmar með víði og öðrum vöxtulegum gróðri. Þegar vatn var tekið af opnuðust stór leiru- og sandsvæði sem úr tók að fjúka. Í kjölfarið hófst mikið rof sem eyddi þeim gróðri sem fyrir var. Af víðibrúskum stóðu því aðeins eftir lurkar og sprek (Oddsteinn Sæmundsson, munnl. upplýsingar).

Þegar girðingin var sett upp árið 1966 var hún að mestu á sandi á þeim kafla þar sem mælt var (Kjartan Ólafsson, munnl. upplýsingar). Upphaf gróðurframvindu er hér miðað við það ár. Eftir að vatn hætti að renna um Ásakvíslar hefur beit aldrei verið mikil á rannsóknarsvæðinu, aðeins renningur af fé með girðingunni, vetrararbeit hefur engin verið og ekki heldur hrossarbeit (Kjartan Ólafsson, munnl. upplýsingar).

##### Háalda

Rannsóknarsvæðið á Háöldu, sem er 600 m að lengd, er á Biskupstungnafrétti um 5,7 km norðan við Gullfoss (1. mynd). Á Háöldu er melur þar sem skiptast á fínkorna blettir og flákar með grófara yfirborði. Víðast hvar á melnum eru stórir steinar. Jarðvegur er melajörð, efst er allþykkt lag (≈25 cm) sem er blandað ljósum vikri en undir því moldarlitað, fínkornóttara efni, líklega að stórum hluta gamall áfoksjarðvegur.

Landið beggja vegna girðingar er fremur illa gróið. Gróður er mestur við stóra steina og í lægðum. Þar sem melurinn er fingerðastur eru lægðir þó fremur illa grónar. Áfok er mikið og eru allir steinar mikið sorfnir áveðra (norðausturhlið) nema rönd næst jörðu þar sem skófir ná að vaxa.

Girðingin var sett upp árið 1966. Fyrir þann tíma og væntanlega um aldir hefur sauðfé verið beitt á þetta land, enda tilheyrir það afrétti Biskups-

tungna. Til ársins 1971 voru hross einnig rekin í afrétt en eftir það hefur þeim ekki verið beitt sunnan Hvítár (Jón Karlsson, munnl. upplýsingar). Þegar gróður var mældur í lok ágúst 1995 var beit utan girðingar mjög lítil. Sennilega hefur beit aldrei verið mikil á öldunni eftir að girðing var sett upp.

Ekki er vitað hvenær Háalda blés upp en líklegt er að langt sé um liðið. Guttormur Sigbjarnarson (1969) telur að mikil jarðvegseyðing hafi átt sér stað á 12. og 13. öld á svæðinu frá Bláfelli og suður fyrir Gullfoss og þá hafi næri því allt land milli Hvítár og Ásbrandsár orðið örfoka. Sennilegt er að gróður og jarðvegur hafi þá eyðst af Háöldu og hún ekki gróið upp aftur eftir það.

##### Jaðar

Rannsóknarsvæðið á Jaðri, sem er 600 m að lengd, er á suðausturmörkum landgræðslugirðingar sem kennd er við Gullfoss (1. mynd, 5.–6. ljósm. í 2. viðauka). Það er á ávölum, örfoka melöldum austan Hvítár, skammt sunnan við afréttargirðingu Hrunamanna og um 2,5 km norðaustan við Gullfoss. Öldurnar eru misgrófar, sums staðar er kubbagrjót en annars staðar er fingerður melur. Efsta lag jarðvegsins (≈20 cm) er mela-jarðvegur mjög blandaður ljósum vikri og ösku. Þar undir tekur við moldarlitað lag sem er blanda af áfoksjarðvegi og jökulurð.

Landið er fremur illa gróið en gróður mestur í lægðum. Áfok og svörfun er veruleg. Viðplöntur og mosi hafa hlaðið undir sig áfoksefnum og mynda þar lágur þúfur. Frostlyfting er greinilega mikil, einkum í lægðum, því þar eru víða lausir frostlyftir smásteinar í holum. Ekki er vitað hvenær land blés þarna upp en mælingar á jarðvegsþykkun í rofabarði um 500 m austan við rannsóknarsvæðið sýna að þykkun jarðvegs jókst verulega milli árána 1300 og 1693 frá því sem áður var (Bryndís Róbertsdóttir, óbirtar niðurstöður) sem bendir til að hraðfara jarðvegseyðing hafi byrjað á þessu tímabili.

Girðing var sett upp árið 1970. Fyrir þann tíma var svæðið opið fyrir sauðfjárbeit að sumarlagi og hefur væntanlega verið svo um aldir. Um vetrararbeit er erfiðara að dæma, en sennilega hefur hún verið mjög lítil, a.m.k. síðustu 100 árin, því svæðið er við afréttarmörk og um 7 km frá næstu bæjum.



Eftir 1970 hefur land innan girðingar að mestu verið friðað (Guðbergur Guðnason og Magnús Víkingur Grímsson, munnl. upplýsingar). Utan girðingar var beitarpungi sennilega frekar lítill því þar var yfirleitt fátt um fé (Sigurður H. Magnússon, eigin athuganir).

Þegar mælingar voru gerðar á svæðinu sumarið 1995 varð ekki vart við mikla umferð fjár utan girðingar en för eftir kindur sáust þó allvíða.

#### Keldnahraun

Rannsóknarsvæðið, sem er 600 m að lengd, er á austurjaðri landgræðslugirðingar í Keldnahrauni á Rangárvöllum (1. mynd, 11.–12. ljósm. í 2. viðauka). Hraunið er þarna öldótt með hraunhólum og vikur- og sandorpnum lægðum (hæðarmunur er um 2 m). Yfirborð er mjög óstöðugt sem sést m.a. á því að tréstaumar í girðingunni eru mikið sorfnir og að þekja fléttu og þó einkum mosa er mjög lítil. Í lægðum hefur gróður sums staðar hlaðið undir sig vikri og öðrum áfoksefnum og myndað hringlaga bríkur umhverfis gróðurlitlar lægðarmiðjurnar. Land er tekið að gróa bæði á friðuðu landi og beittu.

Hraunið hefur greinilega blásið upp því að vikur-blandin áfoksmold fannst undir efsta vikur- og sandlaginu í 97% reita (58 af 60, meðaldýpt á mold = 17,0 cm). Ekki er nákvæmlega vitað hvenær þetta gerðist en sé miðað við upplýsingar úr Jarðabók Árna Magnússonar og Páls Vídalíns (1913–1917) er líklegt að það hafi átt sér stað fyrir 1700. Í Jarðabókinni sem skrifuð var árið 1709 er greint frá því að býlið Sandgil hafi þá lagst í eyði fyrir 19 árum af blásturssandi, þ.e. árið 1690, en Sandgil er um 2 km norðvestan við rannsóknarsvæðið. Einnig er þess getið að í Litla-Skógi, sem er um 1 km norðaustan við svæðið, sjáist til tóftarbrota. Þar segir: „en enginn veit að segja nær þessi jörð hefur eyðilagst, ekki heldur fyrir hverja orsök, nema hvað menn meina að vegna blásturssands skeð hafi, þykir og líklegt að af því að nú er landið fyrir norðan og útnorðan bæjarstæðið komið í sand og hraun grasslaust orðið“.

Sauðfé hefur verið beitt á þetta svæði að sumrinu um langan aldur. Eftir að girðingin var sett upp í Keldnahrauni árið 1967 hefur fé ekki verið sleppt þar til beitar fyrr en eftir 1. júlí (Sveinn Runólfsson, munnl. upplýsingar). Ekki er þekkt hve mikill beitarpunginn hefur verið.

#### Landmannaafréttur

Rannsóknarsvæðið, sem er 800 m að lengd, er á sand- og vikurorpu hrauni norðan við Valafell á

austurjaðri landgræðslugirðingar á Landmannaafrétti (1. mynd, 9.–10. ljósm. í 2. viðauka).

Í hrauninu, sem er um 2000 ára gamalt (Haukur Jóhannesson, munnl. upplýsingar), skiptast á hraunhólar og vikur- og/eða sandfylltar lægðir. Hæðarmunur milli lægða og hóla er mestur um 7 m. Gróðurþekja er lítil. Mest ber á melgresi sem víða hefur hlaðið undir sig vikri og sandi og myndað lága sandhóla eða þúfur. Yfirborð er mjög óstöðugt og sandur og vikur feykjast til og sverfa gróður og grjót. Svörfunin er þó minnst á hraunhólunum því þar eru mosar áberandi en mjög lítið er af þeim í lægðum. Þegar mælingar fóru fram í ágúst 1995 sást nokkurt traðk eftir kindur utan girðingar. Ekki er ljóst hversu mikil sauðfjárbeyting hefur verið á þessum slóðum en vitað er að hrossabeit hefur ekki verið þarna um langan aldur (Sveinn Runólfsson, munnl. upplýsingar). Yfir rannsóknarsvæðið hefur margsinnis fallið vikur og aska úr Heklu enda er það skammt frá eldfjallinu (1. mynd). Þetta hefur haft veruleg áhrif á framvindu gróðurs. Í Heklugosinu 1980 féll t.d. mikill vikur norðan við eldfjallið sem kæfði gróður nema helst melgresið sem náði sér fljótt á strík (Anna María Ágústsdóttir og Elín Fjóra Þórarinsdóttir 2000).

Landið hefur blásið upp, sem sést á því að áfoksmold, mjög blandin vikri, fannst undir yfirborði í um 70% reita (56 af 80, meðaldýpt á mold = 28 cm). Ekki er ljóst hvenær það átti sér stað.

#### Leiðvöllur

Rannsóknarsvæðið, sem er 600 m að lengd, er á sandorpu hrauni á suðvesturmörkum landgræðslugirðingarinnar við bæinn Leiðvöll í Meðal-landi (1. mynd, 19.–24. ljósm. í 2. viðauka). Hraunið sem er frá árinu 934 (Haukur Jóhannesson o.fl. 1982) er þarna allvel gróið, bæði beitt land og friðað. Yfirborð og ásýnd landsins er hins vegar mjög ólík eftir beitarmeðferð (21.–22. ljósm.). Á beitta hlutanum er land fremur slétt en á allmörgum stöðum eru þó lautir eða gjótur hálfylltar sandi. Á friðaða landinu eru fjölmargir litlir sandhólar, upphaflega myndaðir af melgresi. Munur á lægðum og hæðum á beittu landi er mestur 2–3 m en um 2 m á friðuðu.

Fyrir 1940 var hraunið þarna vel gróið en um 1940 fór sandur yfir það og eyddi gróðri nánast alveg. Þegar land var girt á árunum 1944–1945 var það algerlega komið í sand (Ragnar Gíslason, munnl. upplýsingar). Upphaf gróðurframvindu er því miðað við það ár.

Efstu jarðvegslögin endurspegla þessa atburðarás.

Í öllum reitum er sandlag efst, víða blandað mold, að meðaltali 16 cm þykkt. Þar neðan við tekur við um 8 cm moldarlag sem fannst í öllum reitum. Undir moldarlaginu var síðan um 7 cm þykkt svart vikurlag sem fannst í um helmingi reita á beitta hlutanum en í öllum reitum á þeim friðaða.

Utan girðingar hefur sauðfé verið beitt að sumrinu. Beitin var sennilega mest fyrstu áratuginu eftir að girt var, eða fram undir 1970. Eftir það dró mikið úr henni. Fé fækkaði t.d. um meira en helming á árunum milli 1970 og 1990. Árið 1997 var girðingin tekin upp og allt landið friðað og hefur svo verið síðan (Ragnar Gíslason, munnl. upplýsingar). Land beggja vegna girðingar hafði því verið alfriðað í um 2 ár þegar mælingar fóru fram sumarið 1999.

#### Múlakot

Rannsóknarsvæðið, sem er 600 m að lengd, er á Markarfljótsaurum meðfram suðurhlíð girðingarinnar við flugvöllinn í Múlakoti (1. mynd, 17.–18. ljósm. í 2. viðauka). Yfirborð aursins er breytilegt því þar skiptast á gamlar vatnsrásir og flatir eyrarindar, hvorutveggja myndað af Markarfljóti. Rindarnir eru mun stærri að flatarmáli en rásirnar og er hæðarmunur mestur um 0,8 m. Þegar gróður var mældur sumarið 1999 voru rásirnar allvel eða fullgrónar enda er raki þar meiri en á rindunum. Jarðvegur er dæmigerður áraur, ávalir hnúllungar, mól og sandur en lítið er um mjög fínt efni. Í lægðunum, þar sem gróður er mestur, hefur safnast upp áfoksjarðvegur, sums staðar um 10 cm þykkur eða meira.

Árið 1952 var lokið við að byggja varnargarða við Markarfljót suðvestur af Háamúla. Hætti þá fljótið að flæmast um aurana niður undan bænum í Múlakoti (Árni Guðmundsson, munnl. upplýsingar). Upphaf gróðurframvindu á rannsóknarsvæðinu er því miðað við þetta ár.

Utan girðingar hefur sauðfé verið beitt frá vori og fram á haust. Nokkur áhrif hafa sennilega einnig orðið af hrossum því þau fóru stundum um aurinn að vetrinum allt að 50 saman (Árni Guðmundsson, munnl. upplýsingar). Utan girðingar hefur beitarpungi því sennilega verið nokkur frá því hún var sett upp. Ef fé slapp inn í girðinguna var það fljótlega rekið út og hefur beit innan girðingar því verið afar lítil.

#### Þorlákshöfn

Rannsóknarsvæðið, sem er 900 m að lengd, er á rofjaðri á norðvesturmörkum landgræðslusvæðis-

ins við Þorlákshöfn og er því hluti af víðáttumiklu uppblásturssvæði sem teygir sig frá Ölfusárósum suðvestur í Selvog (1. mynd, 25.–26. ljósm. í 2. viðauka; Græðum Ísland 1989). Inn á uppblásturssvæðið berst stöðugt sandur frá Ölfusárósum og sjávarströnd (Fanney Ósk Gísladóttir o.fl. 2000). Árið 1935 var það girt af og friðað (Græðum Ísland 1989). Rannsóknarsvæðið er á jafnlandu hrauni sem hallar nokkuð til suðausturs. Hæðarmunur á lægðum og hæðum er þarna mestur um 3 m. Rannsóknarsvæðið hefur blásið upp að hluta til. Gróður og jarðvegur hefur einkum eyðst af hraunhólum. Landið hefur síðan gróið nokkuð upp að nýju, bæði á beittu landi og friðuðu. Talsvert af sandi hefur borist inn á það frá meginrofsvæðinu í austri. Sandur er því sums staðar áberandi á yfirborði og efsta lag jarðvegs talsvert blandað sandi. Þar sem hér var um virkan rofjaðar að ræða er miðað við að framvinda hafi byrjað þegar girðing var sett upp.

Innan girðingar hefur áburði verið dreift á rofjaðarinn úr flugvél og náðu áburðarrákir inn á mælispilduna austast á friðaða landinu. Þeim hluta var því sleppt í rannsókninni.

Svæðið, sem rannsakað var, hefur væntanlega verið beitt um aldir enda er það aðeins 1,5 km frá bæjarhúsunum á Hlíðarenda sem er það býli sem næst liggur. Samkvæmt upplýsingum frá Þórarni Snorrasyni í Vogsósum (munnl. upplýsingar) var beitarpungi á 20. öldinni afar breytilegur á þessum slóðum. Taldi hann að fé hefði verið einna flest í Selvogi og nágrenni á árunum milli 1930 og 1940. Á þeim tíma var vetrararbeit einnig veruleg því fénu var ekki gefið nema þörf væri á. Vetrararbeit tók ekki að minnka fyrr en menn fengu tilbúinn áburð en það var rétt fyrir 1940. Mæðuveiki varð vart 1939 og var fé skorið niður árið 1951 og var fjárlaust í eitt ár. Eftir fjárskiptin fjölgaði fénu fljótt en varð aldrei eins margt og fyrir 1940. Þórður Ólafsson (munnl. upplýsingar) sagði að faðir sinn sem bjó á Hlíðarenda hefði haft einna flest fé á milli 1960 og 1970 eða allt að 400 á vetarféðrum. Þá var vetrararbeit úr sögunni að mestu en fé lá við opið. Eftir þetta tók fé að fækka og árið 1995 var það orðið afar fátt. Þegar mælingar fóru fram á svæðinu sumarið 1995 var beit greinilega mjög lítil. Utan girðingar sáust þó allvíða för eftir kindur í mosa og flögum. Samkvæmt þessu hefur beitarpungi verið langmestur á fyrstu áratugum friðunarinnar en mjög lítil síðustu árin.



## Vesturland

### Kaldidalur

Rannsóknarsvæðið, sem hér er kallað Kaldidalur, er á vesturjaðri landgræðslugirðingar sem kennd er við Skjaldbreið. Það er norðan við Brunnavatn vestan við Kaldadalsleið (1. mynd, 7.–8. ljósm. í 2. viðauka). Á svæðinu voru mælispildur alls 600 m langar en vegna landmunar við girðingu var nauðsynlegt að sleppa úr spildum sem samtals voru 500 m að lengd. Mælisvæðið náði því yfir 1100 m meðfram girðingunni. Þarna eru fremur lítt grónir, nokkuð stórgrýttir og öldóttir melar. Jarðvegur er talsvert moldarblandinn, sérstaklega í lægðum og þar eru einnig ummerki frostlyftingar, yfirborð laust og lausir smásteinar í yfirborði.

Skjaldbreiðargirðingin, sem afmarkar eitt stærsta landgræðslusvæði landsins, var sett upp á árunum 1975–1979 (Græðum Ísland 1989). Þar sem rannsóknin fór fram var áður sauðfjárveikivarnargirðing sem sett var upp árið 1937 (Sæmundur Friðriksson 1947). Í fyrstu var sauðfé beitt á landið beggja vegna girðingar en beitarálag var þá mjög lítið austan hennar (Böðvar Guðmundsson, munnl. upplýsingar). Eftir að landgræðslugirðing var sett upp var land að mestu fjárlaust innan girðingar (Sveinn Runólfsson, munnl. upplýsingar) en landið vestan hennar var beitt að sumrinu en það tilheyrir afrétti Lundarreykjadal, Andakíls ofan Andakílsár og Bæjarsveitar. Samkvæmt upplýsingum frá Ragnari Olgeirssyni (munnl. upplýsingar) hefur beitarþungi verið allmikill á þessu svæði flest sumur, einkum meðan fé var flest, þ.e. um 1980. Stafar það einkum af því að fé hefur verið sleppt í afrétt um 2–3 km suðvestur af rannsóknarsvæðinu. Stór hluti fjárens fer síðan um landið vestan girðingarinnar á leið í bithaga annars staðar í afrétti.

Þótt landið liggja talsvert hátt yfir sjó (≈415 m) og gróðurskilyrði því frekar erfið má ætla að það hafi verið mun betur gróið fyrr á tímum en það er nú. Hvenær gróður hefur eyðst er hins vegar ekki ljóst en líklegt er að langt sé um liðið.

## Norðurland

### Arnanes

Rannsóknarsvæðið, sem er 300 m að lengd, er við landgræðslugirðinguna í Arnanesi á vesturbakka Bakkahlaups í Óxarfirði í Kelduverfi (1. mynd, 13.–14. ljósm. í 2. viðauka). Það var allvel gróið þegar mælingar fóru fram (1996) en óvíst er hve mikill gróður hefur verið þarna þegar girðingin var sett upp árið 1935. Hins vegar má fullyrða að gróður á svæðinu hafi um langa hríð verið undir

miklum áhrifum af sandfoki frá strönd og af áreyrum. Árið 1958 barst sandur t.d. langt til suðurs inn á gróið land á þessum slóðum í miklu norðanveðri sem þá gerði á frosna jörð og var það ekki einsdæmi (Sigurður Gunnarsson, munnl. upplýsingar).

Landið ber einnig mikil merki um sandfok, þykkur sandjarðvegur og hvergi mold eða moldarlinsur að finna í jarðvegi þar sem kannað var í reitum. Á svæðinu skiptast á grunnar lægðir og breiðar bungur þar sem hæðarmunur er mestur um 1,5 m. Gróður var mun meiri og hávaxnari innan girðingar en utan. Vegna áfoks sem gróðurinn hefur hlaðið undir sig er land talsvert hærra á friðuðu landi en beittu.

Ekki er vitað til að borið hafi verið á rannsóknarsvæðið en hugsanlegt er að einhverju melgresi hafi verið sáð innan girðingar fyrir 1955 (Sveinn Þórarinsson, munnl. upplýsingar). Sigurður Gunnarsson, sem er kunnugur á þessu svæði, telur hins vegar að svo hafi ekki verið en hann minnst þess að árið 1958 hafi rytjulegt melgresi verið við girðinguna næst Bakkahlaupinu.

Sauðfé hefur verið beitt utan girðingar bæði vor og haust (Sveinn Þórarinsson, munnl. upplýsingar). Á vorin var fénu lengst af beitt frá mars fram í júní og svo aftur er fé kom af fjalli og var því þá beitt fram á harða haust. Hrossabeit hefur einnig verið töluverð. Gæsabeit er veruleg á þessu svæði bæði innan og utan girðingar, einkum í júlí–ágúst. Kriuvarp er mikið innan girðingar á þessum slóðum, en lítið utan.

### Miðfjöll

Rannsóknarsvæðið, sem er 900 m að lengd, er á sandorpnu hrauni, austast á suðurjaðri landgræðslugirðingarinnar á Miðfjöllum, austur af Skógarmannafjöllum en þau eru á Austurfjöllum (1. mynd, 1.–2. ljósm. í 2. viðauka). Land þetta hefur verið gróið fyrr á tímum því sandblönduð mold fannst í jarðvegi í um 80% reita (49 af 60). Ekki er ljóst hvenær gróður eyddist en sennilega er langt um liðið.

Við upphaf friðunar árið 1974 hefur landið þar sem mælingar voru gerðar sennilega verið mjög gróurlítið (Sveinn Runólfsson, munnl. upplýsingar). Sumarið 1996 var gróður þar enn víðast hvar lítill, einkum á hraunhólum og á sléttum hraunhellum. Gróður var nokkru meiri í lægðum þar sem hann hafði sums staðar hlaðið undir sig sandi og öðrum áfoksefnum.

Landið, þar sem girðingin stendur, hefur verið beitt í aldir enda tilheyrir það austurafrétt

Mývetninga er nefnist Austurfjöll (Sigfús Illugason, munnl. upplýsingar). Um langt árabíl var farið með geldfé í afrétt u.þ.b. viku af maí eða fyrr en lambfé upp úr miðjum maí eða síðar. Fénu var síðan smalað af fjalli í september. Eftir göngur, nálægt mánaðamótum september-október, var farið aftur með fé í afréttinn, aðallega í Mellöndin sem eru austan við Nýjahraun við Jökulsá, en fram yfir 1970 einnig í Búrfellsmel, sem er allstórt melland austan og suðaustan við norðurenda girðingarinnar á Miðfjöllum. Fyrir fjárskipti (1945) var ævinlega farið 12. desember til að sækja féð. Síðan var farið 9. desember í nokkur ár en eftir 1950 var farið að fara fyrr. (Sigfús Illugason, munnl. upplýsingar). Áður fyrr var hrossabeit mikil á Austurfjöllum og allt fram undir 1940 en þá fór verulega að draga úr henni. Eftir 1965 var hrossabeit alveg hætt (Sigfús Illugason, munnl. upplýsingar).

#### Sandvík

Svæðið er austan við Skjálfandafljót á austurjaðri landgræðslugirðingarinnar í Sandvík í Bárðardal, um 800 m suðaustur af bænum (1. mynd, 3.–4. ljósm. í 2. viðauka). Það nær yfir 340 m land meðfram girðingunni en mælispildurnar sjálfar eru styttri því að sleppt var úr 40 m af gamalgrónu landi sem gekk þvert á girðinguna. Það liggur um grýtta, öldótta mela sem halla um 12° til suðvesturs. Land hefur blásið þarna upp og voru moldarlinsur eða hrein mold í jarðvegi í um helmingi reita (33 af 60). Ekki er vitað hvenær landið blés upp en sennilega er langt um liðið. Á

þessum slóðum hefur stórfelld gróður- og jarðvegseyðing hafist fyrir meira en þremur öldum því í Jarðabók Árna Magnússonar og Páls Vídalíns, frá árinu 1712, segir meðal annars: „Sandvík, eyðijörð, hefur fallið fyrir sandfoki hjér um fyrir 50 árum so gjörsamlega, að hjér sjást nú engin byggingamerki og allt túnið er nú uppblásið í blásand“ (Árni Magnússon og Páll Vídalín 1943). Í sýslu- og sóknalýsingum frá 1840 kveður við svipaðan tón en þar segir að land í Sandvík sé „hræðilega uppblásið í sanda og mela“ (Halldór Björnsson 1994). Við upphaf friðunar hefur landið sem mælt var áreiðanlega verið mjög lítið gróð.

Á rannsóknarsvæðinu er gróður mjög lágvaxinn og plöntur smáar. Gróður er þó mestur í lægðum og hefur hann hlaðið þar undir sig sandi og yfirborð því hækkað. Land í Sandvík hefur væntanlega verið nýtt til beitar um aldir. Eftir að girðing var sett upp árið 1979 hefur beit farið minnkandi, þó sérstaklega eftir 1990 en eingöngu hefur verið um sauðfjárbreit að ræða (Hermann Baldvinsson, munnl. upplýsingar). Þegar mæling fór fram í ágúst 1996 voru ummerki um beit lítil og lítið um för eftir fé.

Hin síðari ár hefur um 100–120 ám verið beitt í girðinguna í u.þ.b. mánuð að haustinu, sennilega í fyrsta sinn haustið 1995 (Jón Albert Jónsson, munnl. upplýsingar). Ólíklegt er að þessi beit hafi haft áhrif á niðurstöður því fé var haft í girðingunni aðeins í einn mánuð árið áður en gróður var mældur.





## 2. viðauki. Ljósmyndir – Appendix 2. Photos

### Svæði með melagróðri<sup>1</sup> – Sites dominated by gravel flat vegetation



1.–2. Ljósmynd. Sandorpið hraun á Miðfjöllum á Mývatnsöræfum – áhrif 22 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Land er þarna allvel gróið. Ríkjandi háplöntutegundir bæði á beittu landi og friðuðu eru túnvingull og lambagras. Á friðuðu landi var holurt einnig mjög algeng. Ljós. Sigurður H. Magnússon 8. ágúst 1996. – *Miðfjöll, sandy lava in the northern part of central Iceland. Effects of 22 years of grazing enclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. On both sides the dominating vascular plants are Festuca richardsonii and Silene acaulis. Silene uniflora is also very common on ungrazed land. Photos by Sigurður H. Magnússon August 8 1996.*

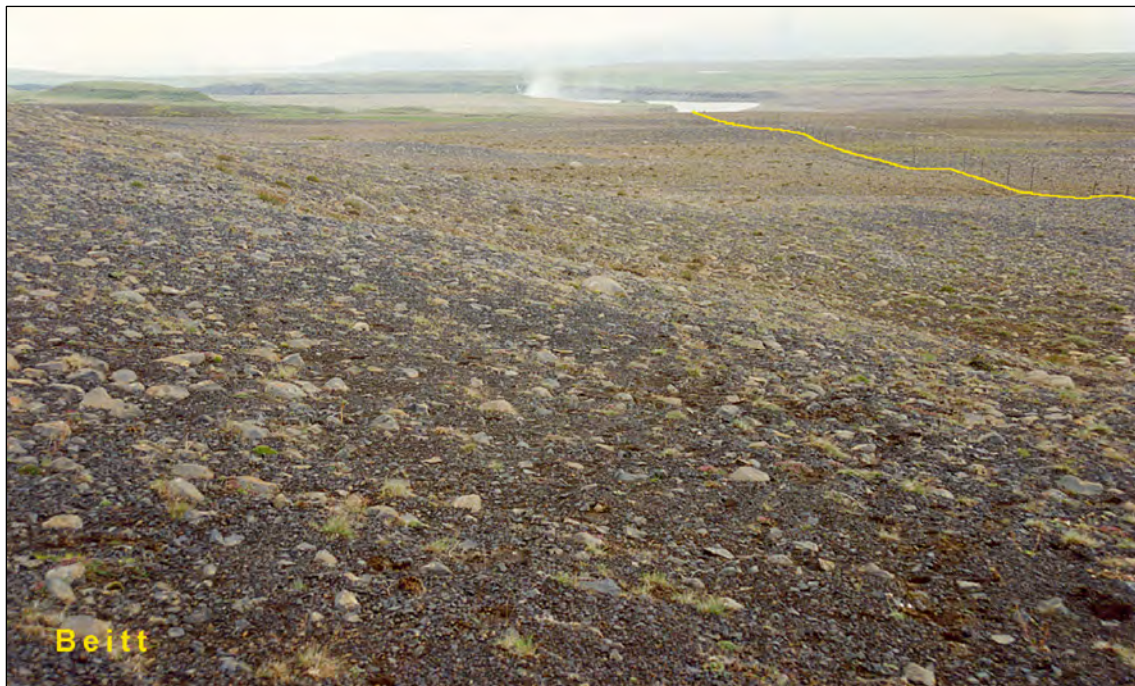
<sup>1</sup> Engar yfirlitsmyndir eru til af Háöldu.





3.–4. Ljósmynd. Gryttur melur í Sandvík í Bárðardal – áhrif 17 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Litill munur er á gróðri. Viðir er þó meira áberandi í lægðum á friðuðu landi. Ríkjandi háplöntutegundir á beittu landi eru lambagras, blóðberg og túnvingull en á friðuðu beitieski, lambagras og ljónslappi. Ljós. Sigurður H. Magnússon 12. ágúst 1996. – Sandvík, stony gravelly site in northern Iceland. Effects of 17 years of grazing exclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. Difference in vegetation cover and appearance between the grazed and ungrazed land is low. Willow is however more conspicuous on ungrazed land. Dominating vascular plants on the grazed side are *Silene acaulis*, *Thymus praecox* and *Festuca richardsonii* but on ungrazed side *Equisetum variegatum*, *Silene acaulis* and *Alchemilla alpina*. Photos by Sigurður H. Magnússon August 12 1996.





5.–6. Ljósmynd. Melöldur á Jaðri í Hrunamannahreppi – áhrif 25 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Gróður er áberandi mestur í lægðum þar sem mosinn melagambri er ráðandi tegund. Ríkjandi háplöntutegundir á beittu landi eru blöðberg og týtulingresi en á friðuðu týtulingresi, blöðberg og krækilyng. Ljós. Sigurður H. Magnússon 17. ágúst 1995. – *Jaðar, undulating gravel hills in southern part of the Icelandic highland. Effects of 25 years of grazing exclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. Vegetation cover is highest in depressions dominated by *Racomitrium ericoides* moss. Dominating vascular plants on the grazed side are *Thymus praecox* and *Agrostis vinealis* but on the ungrazed side *Agrostis vinealis*, *Thymus praecox* and *Empetrum nigrum*. Photos by Sigurður H. Magnússon August 17 1995.*





7.–8. Ljósmynd. Stórgrýttur melur á Kaldadal – áhrif um 60 ára fríðunar. Að ofan er beitt land en að neðan fríðaáð. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Ríkjandi háplöntutegundir á beittu landi eru grasviðir, túnvingull og móasef en á fríðuðu móasef, grasviðir og gráviðir. Á fríðuðu landi eru breiskjufullt áberandi. Ljós. Sigurður H. Magnússon 13. júlí 1999. – Kaldidalur, stony gravel hills in the western part of the Icelandic highlands. Effects of 60 years of enclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. Dominating vascular plants on the grazed side are *Salix herbacea*, *Festuca richardsonii* and *Juncus trifidus* but on the ungrazed side *Juncus trifidus*, *Salix herbacea* and *Salix callicarpaea*. *Stereocaulon* lichens are conspicuous on ungrazed land. Photos by Sigurður H. Magnússon July 13 1999.





**Svæði með sanda- og vikragróðri – Sites dominated by sand- and tephra vegetation**



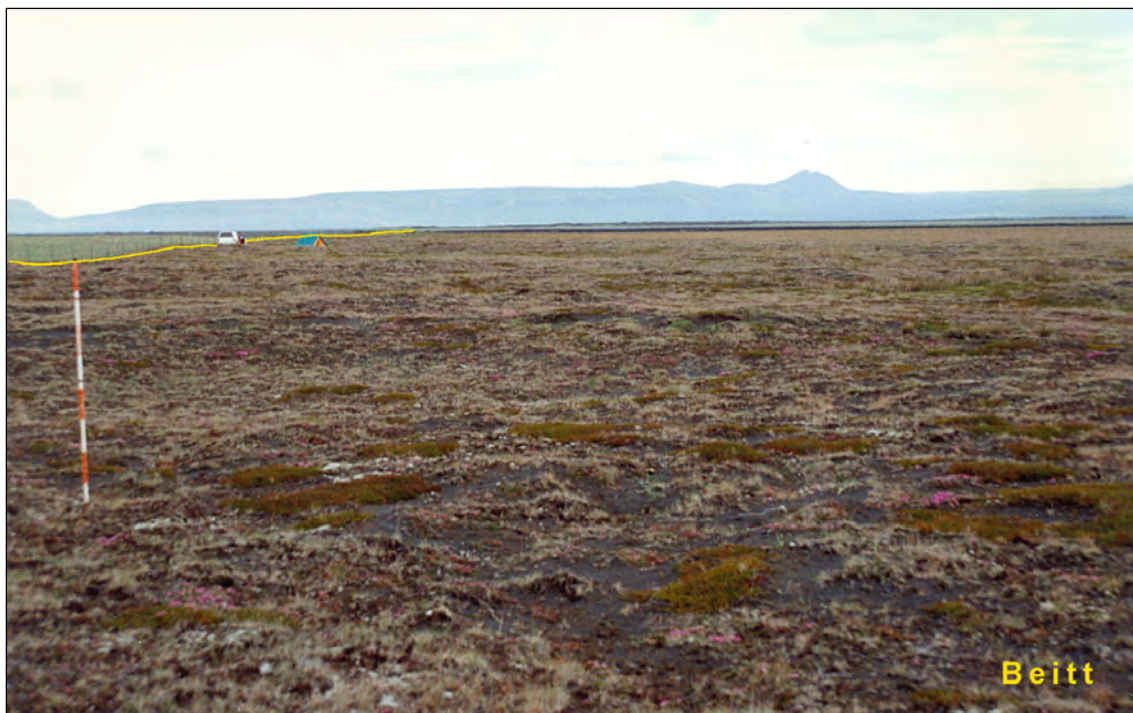
9.–10. ljósmynd. Sandorpið hraun við Valafell á Landmannafrétti – áhrif 25 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Melgresi er áberandi beggja vegna girðingar, einkum á friðuðu landi. Þar sem melgresið er öflugast hafa sandhólar myndast. Ríkjandi háplöntutegundir á beittu landi eru bjúgstör, holurt og melgresi en á friðuðu melgresi, holurt og túnvingull. Ljós. Sigurður H. Magnússon 15. ágúst 1995. – *Landmannafréttur, sandy lava in the southern part of Icelandic highland. Effects of 25 years of enclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. Leymus arenarius is conspicuous on both sides of the fence, especially on ungrazed land where it has fixed sand and formed sand dunes. Dominating vascular plants on grazed land are Carex maritima, Silene uniflora and Leymus arenarius but on ungrazed land Leymus arenarius, Silene uniflora and Festuca richardsonii. Photos by Sigurður H. Magnússon August 15 1995.*





11.–12. ljósmynd. Keldnahraun á Rangárvöllum – áhrif 28 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Gróður er mestur í lægðum en á hraunnibbum má sjá breiskjuflettur. Ríkjandi háplöntutegundir bæði á beittu landi og friðuðu eru blöðberg, klöelfting og túnvingull. Ljós. Sigurður H. Magnússon 11. ágúst 1995. – *Keldnahraun, sandy lava in southern Iceland. Effects of 28 years of exclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. The vegetation cover is highest in depressions but Stereocaulon lichens are conspicuous on rocks. Dominating vascular plants both on grazed and ungrazed land are Thymus praecox, Equisetum arvense and Festuca richardsonii. Photos by Sigurður H. Magnússon August 11 1995.*





13.–14. ljósmynd. Gróinn sandur í Arnanesi í Óxarfirði – áhrif um 60 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Melgresi áberandi á friðuðu landi þar sem það hefur hlaðið undir sig sandi og yfirborð því hækkað. Ríkjandi háplöntutegundir á beittu landi eru krækilyng, túnvingull, blóðberg og klóelfting en á friðuðu melgresi, krækilyng, blóðberg og túnvingull. Ljós. Sigurður H. Magnússon 10. ágúst 1996. – *Arnanes, vegetated sand in the lowland of northern Iceland. Effects of 60 years of enclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. Leymus arenarius is conspicuous on the ungrazed side where it has fixed wind-blown sand and caused rise of the soil surface. Dominating vascular plants on the grazed side are Empetrum nigrum, Festuca richardsonii, Thymus praecox and Equisetum arvense but on the ungrazed side Leymus arenarius, Empetrum nigrum, Thymus praecox and Festuca richardsonii.* Photos by Sigurður H. Magnússon August 10 1996.

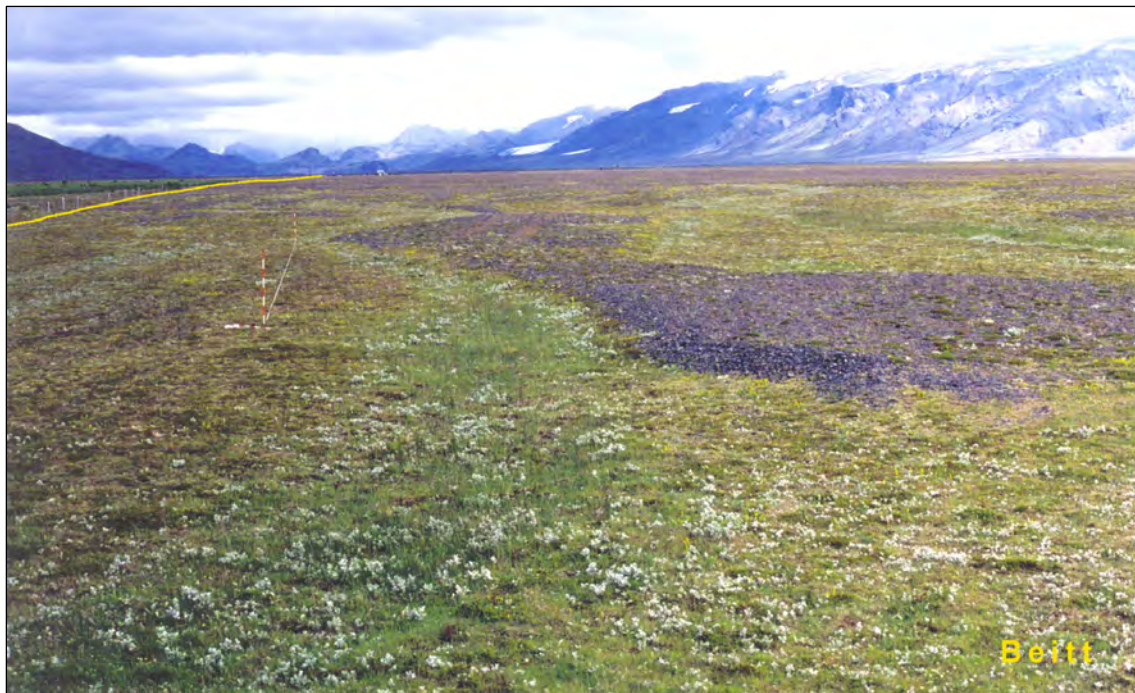


**Svæði með mosapembu- og móagróðri – Sites dominated by heathland vegetation**



15.–16. Ljósmynd. Sandorpið hraun í Ásakvíslum í Meðallandi – áhrif 33 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Land er nánast algróið beggja vegna girðingar. Melagambri er ráðandi í gróðri. Ríkjandi háplöntutegundir á beittu landi eru blóðberg, týtulingresi, loðviðir og grasviðir en á friðuðu melgresi, blóðberg, túnvingull og loðviðir. Ljós. Sigurður H. Magnússon 6. júlí 1999. – *Ásakvíslar, vegetated sandy lava in the lowland of southern Iceland. Effects of 33 years of enclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. Dominating vascular plants on the grazed side are Thymus praecox, Agrostis vinealis, Salix lanata and Salix herbacea, but on the ungrazed side Leymus arenarius, Thymus praecox, Festuca richardsonii and Salix lanata. Photos by Sigurður H. Magnússon July 6 1999.*





17.–18. Ljósmynd. Áraurar í Múlakoti í Fljótshlíð – áhrif 28 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Gróður er mestur í lægðum. Á friðuðu landi er gróðurþekja þar sýnu meiri, einkum af mosa og víði. Rindar eru áberandi verr grónir á beittu landi en friðuðu. Ríkjandi háplöntutegundir á beittu landi eru krækilyng, kattartunga, gulmaðra og grasvíðir en á friðuðu krækilyng, loðvíðir, gulmaðra og blávingull. Ljós. Sigurður H. Magnússon 15. júlí 1999. – *Múlakot, river gravel in the lowland of southern Iceland. Effects of 28 years of enclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. The vegetation cover is highest in depressions both on grazed and ungrazed land. Tops are substantially lower in cover on grazed land. Dominating vascular plants on the grazed side are *Empetrum nigrum*, *Plantago maritima*, *Galium verum* and *Salix herbacea* but on the ungrazed side *Empetrum nigrum*, *Salix lanata*, *Galium verum* and *Festuca vivipara*. Photos by Sigurður H. Magnússon July 15 1999.*

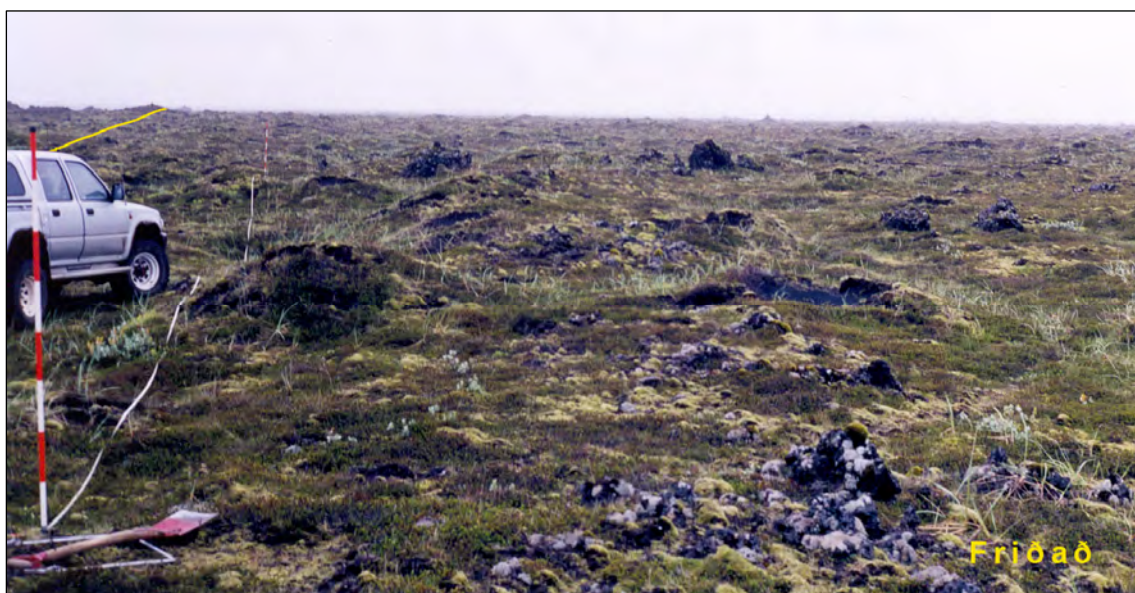
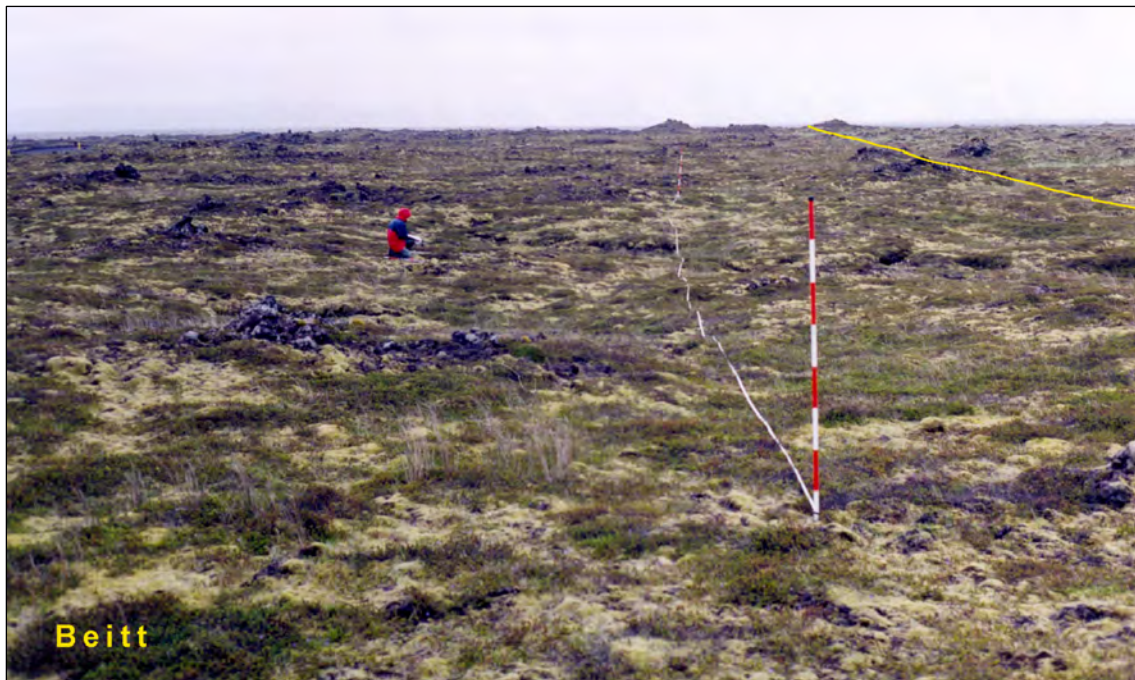


19. Ljósmynd. Áhrif 11 ára friðunar á blásnu landi á Leiðvelli í Meðallandi, t.h. friðað land, t.v. beitt. Horft er u.þ.b. til norðvesturs eftir girðingunni. Staðsetning myndavélar og stefna er sýnd með ör á 20. Ljósmynd. Hægra megin er land allvel gróið, melgresi er ríkjandi og hefur hlaðið undir sig sandi og myndað hóla – dæmigert melgresisstig. Á beittu landi er yfirborð enn illa gróið, gróður er þó farinn að nema land, einkum í lægðum. Melgresi sést ekki og sandhólamyndun er lítil sem engin. Ljós. Björn Sigurbjörnsson 1956. – *Leiðvöllur, a sandy lava in the lowland of southern Iceland. Effects of 11 years of enclosure, left grazed, right ungrazed. The position and direction of the camera is shown on the next photo (20). On the ungrazed side the surface is almost covered with vegetation. Leymus arenarius is dominating and has formed dunes (Leymus stage in succession). On the grazed site the surface is still poorly vegetated except in depressions. Leymus is absent and no dunes have formed. Photo by Björn Sigurbjörnsson 1956.*



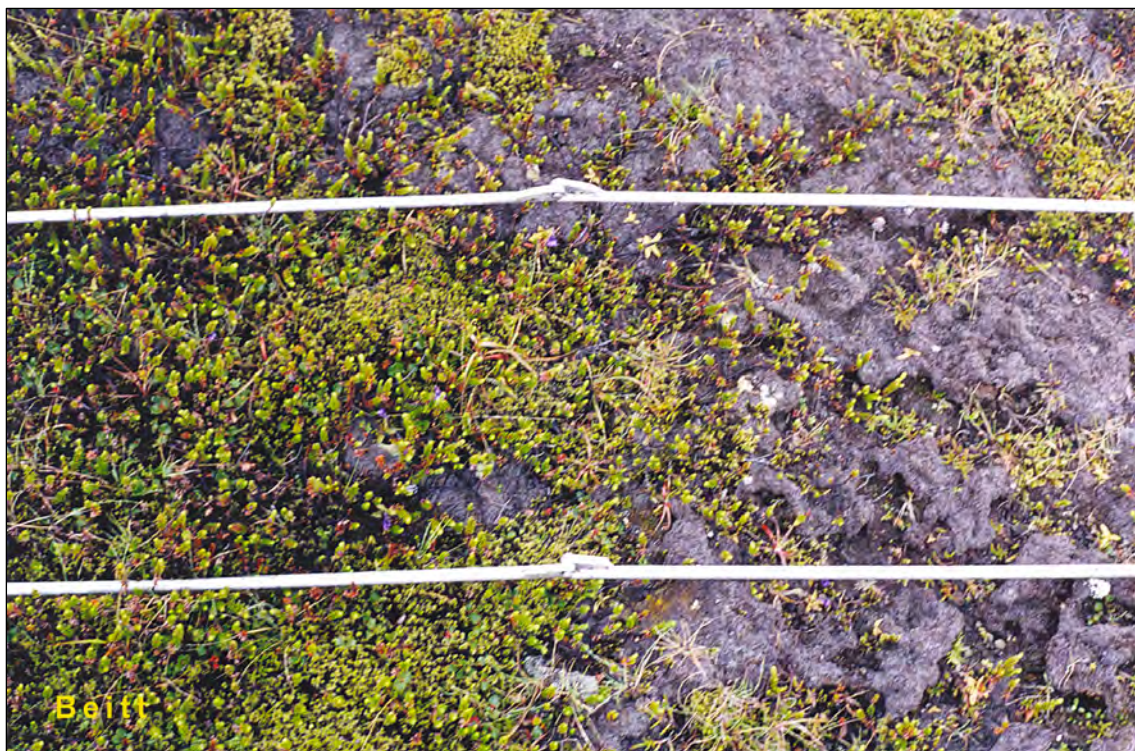


20. Ljósmynd. Séð yfir rannsóknarsvæðið við Leiðvöll í Meðallandi. Mælingarsvæðið við girðinguna hefur verið merkt með svörtum punktum, t.h. friðað land en t.v. beitt. Myndin er tekin úr flugvél um 40 árum eftir að girðing var sett upp. Land beggja vegna girðingar er allvel gróið en verulegur áferðarmunur er á landi. Á friðuðu landi er melgresi enn áberandi en er þó greinilega farið að hörfa. Á beittu landi er það sennilega krækilyng sem gefur landinu mestan svip. Ör sýnir hvar 19. Ljósmynd var tekin u.þ.b. 28 árum fyrr. Ljós. Sveinn Runólfsson. Myndin er sennilega tekin 1984. – Aerial view of Leiðvöllur, a sandy lava in the lowland of southern Iceland. The photo was taken 40 years after fencing. The study area is marked with black spots. Grazed on the left and ungrazed on the right. On both sides the land is fairly well covered with vegetation. On the ungrazed side *Leymus arenarius* is still conspicuous but is clearly decreasing in cover. On the grazed land *Empetrum nigrum* is probably the dominant vascular plant. The arrow indicates where photo 19 was taken. Photo by Sveinn Runólfsson 1984.



21.–22. ljósmynd. Sandorpið hraun á Leiðvelli í Meðallandi – áhrif 54 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Þótt land sé nánast algróið bæði á friðuðu landi og beittu er mikill munur á gróðri og ásýnd lands. Á beittu landi er yfirborð slétt og engin merki um melgresishóla. Melagambri og láglöntuskán þekja mikinn hluta yfirborðs en af háplöntum er krækilyng ríkjandi. Á friðuðu landi eru gamlir grónir melgresishólar mjög áberandi sem bera vitni um fyrra framvindustig. Yfirborð er óslétt og melgresi er greinilega á undanhaldi. Melagambri er ríkjandi í sverði en af háplöntum eru krækilyng og beityng með mesta þekju. Ljós. Sigurður H. Magnússon 7.–9. júlí 1999. – *Leiðvöllur, a sandy lava in the lowland of southern Iceland. Effects of 54 years of exclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. On grazed land the surface is even and there are no signs of *Leymus* dunes. *Racomitrium ericoides* and cryptogamic crust are covering most of the surface. Of vascular plants *Empetrum nigrum* is dominating. On ungrazed land old fixed *Leymus* dunes are conspicuous and indicating an earlier successional stage. *Leymus* is still found but is clearly decreasing. *Racomitrium ericoides* is dominating in sward. *Empetrum nigrum* and *Calluna vulgaris* are the most dominating vascular plants. Photos by Sigurður H. Magnússon July 7–9 1999.*





23.–24. ljósmynd. Nærmyndir af gróðri á Leiðvelli í Meðallandi – áhrif 54 ára friðunar. Efri myndin er af beittu landi. Áberandi tegundir þar eru melagambri, láglöntuskán og krækilyng. Neðri myndin er af friðuðu landi. Áberandi tegundir eru beitleyng, melagambri og krækilyng. Ljós. Sigurður H. Magnússon 8.–9. júlí 1999. – *Leiðvöllur, a sandy lava in the lowland of southern Iceland. Effects of 54 years of enclosure. Close-up view of vegetation on grazed (above) and ungrazed (below) land. In the upper photo Racomitrium ericoides, cryptogamic crust and Empetrum nigrum are conspicuous but on the lower Calluna vulgaris, R. ericoides and Empetrum nigrum. Photos Sigurður H. Magnússon July 8–9 1999.*





25.–26. Ljósmynd. Hálfblásið hraun við Þorlákshafnargirðingu í Ölfusi – áhrif 60 ára friðunar. Að ofan er beitt land en að neðan friðað. Lega girðingar er sýnd með gulri línu. Land beggja vegna girðingar er blettótt, bæði gamalgróið og blásið. Ríkjandi háplöntutegundir á blásnu, beittu landi eru beitilyng, krækilyng og blóðberg en á blásnu, friðuðu landi krækilyng, blávingull, blóðberg og tytulingresi. Ljós. Sigurður H. Magnússon 12. júní 1996. – *Þorlákshöfn, partly eroded land in the lowland of south-western Iceland. Effects of 60 years of enclosure. Grazed side above but ungrazed below. The fence is shown by a yellow line. There is a mosaic of eroded and uneroded land on both sides of the fence. Dominating vascular plants on eroded and grazed land are Calluna vulgaris, Empetrum nigrum and Thymus praecox but on ungrazed and eroded land Empetrum nigrum, Festuca vivipara, Thymus praecox and Agrostis vinealis. Photos Sigurður H. Magnússon June 12 1996.*



### 3. viðauki.

Listi yfir tegundir og tegundahópa sem skráðir voru á rannsóknarsvæðunum. –  
Appendix 3. List of species and species groups measured at the study sites.

		Sanda- og vikragróður <i>Sand- and tephra veg.</i>			Melagróður <i>Gravel flat vegetation</i>				Mosabembu- og móagróður <i>Heathland vegetation</i>					
		Landm.af.	Keldnahr.	Arnanes	Miðfjöll	Sandvík	Háalda	Jæbar	Kaldid.	Ásakvíslar	Múlakot	Leiðvöllur	Porláksh.	Porláksh.g
Háplöntur	<i>Vascular plants</i>													
Augnfró	<i>Euphrasia frigida</i>					x		x			x	x		
Axhæra	<i>Luzula spicata</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Baunagras	<i>Lathyrus japonicus</i>					x					x			
Beitieski	<i>Equisetum variegatum</i>			x		x					x	x		
Beitilyng	<i>Calluna vulgaris</i>									x	x	x	x	x
Belgjastör	<i>Carex panicea</i>										x			
Bjúgstör	<i>Carex maritima</i>	x		x	x					x				
Bláberjalyng	<i>Vaccinium uliginosum</i>							x				x	x	x
Blásveifgras	<i>Poa glauca</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Blávingull	<i>Festuca vivipara</i>			x			x	x	x	x	x	x	x	x
Blóðberg	<i>Thymus praecox</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Brjóstagras	<i>Thalictrum alpinum</i>				x				x		x			x
Bugðupuntur	<i>Deschampsia flexuosa</i>													x
Fjallapuntur	<i>Deschampsia alpina</i>										x			
Fjallasveifgras	<i>Poa alpina</i>				x	x			x					
Flagahnöðri	<i>Sedum villosum</i>					x		x	x	x			x	
Friggjargras	<i>Platanthera hyperborea</i>										x	x		
Geldingahnappur	<i>Ameria maritima</i>	x			x	x	x	x	x		x	x	x	
Grasviðir	<i>Salix herbacea</i>					x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gráviðir	<i>Salix callicarpaea</i>					x	x		x					
Gulmaðra	<i>Galium verum</i>										x		x	x
Gulviðir	<i>Salix phylicifolia</i>			x		x	x			x	x	x		x
Hálingresi	<i>Agrostis capillaris</i>												x	x
Hárleggjastör	<i>Carex capillaris</i>					x					x			
Helluhnöðri	<i>Sedum acre</i>									x	x			
Hnúskakrækili	<i>Sagina nodosa</i>			x		x		x		x			x	
Holtasóley	<i>Dryas octopetala</i>								x					
Holurt	<i>Silene uniflora</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x			
Hrossanál	<i>Juncus arcticus</i>			x							x	x		
Hrútaber	<i>Rubus saxatilis</i>													x
Hundasúra	<i>Rumex acetosella</i>	x	x				x	x		x	x		x	
Hvítmaðra	<i>Galium normanii</i>		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hvitsmári	<i>Trifolium repens</i>										x			
Ilmreyr	<i>Anthoxanthum odoratum</i>										x			
Jakobsfífill	<i>Erigeron borealis</i>					x								
Kattartunga	<i>Plantago maritima</i>										x		x	
Klóelfting	<i>Equisetum arvense</i>		x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kornsúra	<i>Bistorta vivipara</i>					x	x	x	x		x	x	x	x
Krossmaðra	<i>Galium boreale</i>													x
Krækilyng	<i>Empetrum nigrum</i>			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Lambagras	<i>Silene acaulis</i>		x		x	x	x	x	x		x	x	x	
Ljónslappi	<i>Alchemilla alpina</i>					x						x		x
Ljósberi	<i>Lychnis alpina</i>			x		x		x		x	x	x		
Loðviðir	<i>Salix lanata</i>					x	x	x		x	x	x		
Lokasjóður	<i>Rhinanthus minor</i>										x			
Lógresi	<i>Trisetum spicatum</i>			x	x	x					x	x		
Lyfjagras	<i>Pinguicula vulgaris</i>									x	x	x		
Melablóm	<i>Cardaminopsis petraea</i>	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	
Melanóra	<i>Minuartia rubella</i>				x	x		x	x					
Melgresi	<i>Leymus arenarius</i>	x		x	x					x		x		

ÁHRIF BEITARFRÍÐUNAR Á FRAMVINDU GRÓÐURS OG JARÐVEGS Á LÍTT GRÓNU LANDI

Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir

		Sanda- og vikragróður <i>Sand- and tephra veg.</i>			Melagróður <i>Gravel flat vegetation</i>					Mosaþembu- og móagróður <i>Heathland vegetation</i>			
		Landm.afr.	Keldnahr.	Arnanes	Míðfjöll	Sandvík	Háalda	Jeðar	Kaldid.	Ásakvíslar	Múlakot	Leiðvöllur	Porláksh.
Háplöntur, framhald	<i>Vascular plants, continued</i>												
Mosajafni	<i>Selaginella selaginoides</i>				x				x		x		x
Móanóra	<i>Minuartia stricta</i>					x	x	x	x	x	x	x	x
Móasef	<i>Juncus trifidus</i>									x	x	x	x
Móastör	<i>Carex rupestris</i>										x		
Músareyra	<i>Cerastium alpinum</i>				x	x	x	x	x	x		x	
Mýrasóley	<i>Parnassia palustris</i>					x		x					
Mýrastör	<i>Carex nigra</i>			x									
Mýrfjóra	<i>Viola palustris</i>										x		
Nafلاغras	<i>Koenigia islandica</i>												x
Skeggsandi	<i>Arenaria norvegica</i>				x	x	x	x	x				x
Skollafingur	<i>Huperzia selago</i>										x		
Skríðlingresi	<i>Agrostis stolonifera</i>	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x
Skurfa	<i>Spergula arvensis</i>						x	x					
Smjörgras	<i>Bartsia alpina</i>					x					x		
Snækrækili	<i>Sagina nivalis</i>									x	x		
Sortulyng	<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>												x
Stinnastör	<i>Carex bigelowii</i>			x					x		x	x	x
Sykigras	<i>Tofieldia pusilla</i>					x					x	x	
Tófugras	<i>Cystopteris fragilis</i>									x			
Tungljurt	<i>Botrychium lunaria</i>			x	x					x		x	x
Túnsúra	<i>Rumex acetosa</i>				x	x	x	x	x			x	x
Túnvingull	<i>Festuca richardsonii</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Týtulingresi	<i>Agrostis vinealis</i>			x		x	x	x	x	x	x	x	x
Vallarsveifgras	<i>Poa pratensis</i>			x							x		
Vallefting	<i>Equisetum pratense</i>											x	x
Vallhumall	<i>Achillea millefolium</i>			x	x								
Vallhæra	<i>Luzula multiflora</i>					x				x	x	x	x
Vegarfi	<i>Cerastium fontanum</i>			x		x		x		x	x	x	
Vetrarblóm	<i>Saxifraga oppositifolia</i>										x		
Pursaskegg	<i>Kobresia myosuroides</i>					x			x	x			x
Þúfusteinbrjótur	<i>Saxifraga caespitosa</i>					x		x	x				
Mosar	<i>Mosses</i>												
Haddmosi og höttmosi	<i>Polytrichum and Pogonatum sp.</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hlaðmosi og hnokk-mosi	<i>Ceratodon and Bryum sp.</i>	x		x	x	x						x	
Hraungambri	<i>Racomitrium lanuginosum</i>	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Melagambri	<i>Racomitrium ericoides</i>	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
Móasigð*	<i>Sanionia uncinata*</i>			x							x	x	
Tildurmosi*	<i>Hylocomium splendens*</i>										x	x	
Fléttur	<i>Lichens</i>												
Breiskjufléttur	<i>Stereocaulon sp.</i>		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Engjaskófir	<i>Peltigera sp.</i>			x		x		x	x	x	x	x	x
Kræðufléttur	<i>Cetraria islandica, C. aculeata and C. delisei sp.</i>		x	x			x	x	x		x		x
Mosa- og fléttuskán*	<i>Cryptogamic crust*</i>								x		x		

\* Einungis mælt á þremur svæðum: Ásakvíslum, Leiðvelli og Múlakoti. – Only measured at three sites; Ásakvíslar, Leiðvöllur and Múlakot.



## FJÖLRIT 49

NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS, desember 2007

---

## FJÖLRIT NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUNAR

1. Bergþór Jóhannsson 1985. Tillögur um nöfn á íslenskar mosaaëttkvíslir. 35 s.
2. Jóhann G. Guðnason 1985. Dagbók um Heklugosið 1947–1948. 31 s.
3. Oddur Erlendsson 1986. Dagskrá um Heklugosið 1845–6 og afleiðingar þess. 49 s.
4. Haukur Jóhannesson 1987. Heimildir um Grímsvatnagosin 1902–1910. 40 s.
5. Erling Ólafsson 1988. Könnun á smádyrum í Hvannalindum, Fagradal og Grágæsadal. 86 s.
6. Ævar Petersen 1988. Leiðbeiningar við fuglamerkingar. 16 s.
7. Haukur Jóhannesson og Sigmundur Einarsson 1988. Aldur Illahrauns við Svartsengi. 11 s.
8. Sigmundur Einarsson og Haukur Jóhannesson 1989. Aldur Arnarseturshrauns á Reykjanes-skaga. 15 s.
9. Haukur Jóhannesson 1989. Aldur Hallmundarhrauns í Borgarfirði. 12 s.
10. Bergþór Jóhannsson 1989. Íslenskir undaflílar. 262 s.
11. Ævar Petersen og Gaukur Hjartarson 1989. Vetrarfuglatalningar: Skipulag og árangur 1987. 42 s.
12. Bergþór Jóhannsson 1989. Íslenskir mosar. Barnamosaætt. 94 s.
13. Bergþór Jóhannsson 1990. Íslenskir mosar. Sótmosaætt og haddmosaætt. 71 s.
14. Erling Ólafsson 1990. Ritverk um íslensk skordýr og aðra hópa landliðdýra. 34 s.
15. Bergþór Jóhannsson 1990. Íslenskir mosar. Slæðumosaætt, bólmosaætt, taðmosaætt og hettumosaætt. 80 s.
16. Bergþór Jóhannsson 1990. Íslenskir mosar. Krónumosaætt, næfurmosaætt, tæfilmosaætt, brámosaætt, skottmosaætt og hnotmosaætt. 44 s.
17. Erling Ólafsson 1991. Íslenskt skordýratal. 69 s.
18. Ævar Petersen og Gaukur Hjartarson 1991. Vetrarfuglatalningar: Árangur 1988. 38 s.
19. Bergþór Jóhannsson 1991. Íslenskir mosar. Brúskmosaætt. 119 s.
20. Bergþór Jóhannsson 1992. Íslenskir mosar. Vendilmosaætt, sverðmosaætt, fjöðurmosaætt og bikarmosaætt. 78 s.
21. Bergþór Jóhannsson 1992. Íslenskir mosar. Grýtumosaætt. 122 s.
22. Bergþór Jóhannsson 1992. Íslenskir mosar. Klukkumosaætt, dægurmosaætt og fleira. 47 s.
23. Ævar Petersen og Gaukur Hjartarson 1993. Vetrarfuglatalningar: Árangur 1989. 43 s.
24. Bergþór Jóhannsson 1993. Íslenskir mosar. Skeggmosaætt. 116 s.
25. Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Gunnlaugur Pétursson og Jóhann Óli Hilmarsson 1994. Útbreiðsla varpfugla á Suðvesturlandi. Könnun 1987–1992. 126 s.
26. Bergþór Jóhannsson 1995. Íslenskir mosar. Skænumosaætt, kollmosaætt, snoppumosaætt, perlumosaætt, hnappmosaætt og toppmosaætt. 129 s.
27. Bergþór Jóhannsson 1995. Íslenskir mosar. Hnokkmosaætt. 162 s.
28. Jón Hallur Jóhannsson og Björk Guðjónsdóttir 1995. Varpfuglar í Steingrímsfirði og nágrenni. Könnun 1987–1994. 76 s.
29. Bergþór Jóhannsson 1996. Íslenskir mosar. Röðulmosaætt, tildurmosaætt, glitmosaætt, faxmosaætt, breytingar og tegundaskrá. 127 s.
30. Bergþór Jóhannsson 1996. Íslenskir mosar. Fossmosaætt, ármosaætt, flosmosaætt, leskjumosaætt, voðmosaætt og rjúpumosaætt. 55 s.
31. Ingi Agnarsson 1996. Íslenskar köngulær. 175 s.
32. Erling Ólafsson og Hálfán Björnsson 1997. Fiðrildi á Íslandi 1995. 136 s.
33. Bergþór Jóhannsson 1997. Íslenskir mosar. Lökkmosaætt. 83 s.
34. Bergþór Jóhannsson 1998. Íslenskir mosar. Rytjumosaætt. 126 s.
35. Ingi Agnarsson 1998. Íslenskar langfætlur og drekar. 34 s.
36. Bergþór Jóhannsson 1998. Íslenskir mosar. Breytingar og skrár. 101 s.
37. Gunnlaugur Pétursson og Gunnlaugur Þráinsson 1999. Sjaldgæfir fuglar á Íslandi fyrir 1981. 246 s.
38. Bergþór Jóhannsson 1999. Íslenskir mosar. Hornmosar og 14 ættir soppmosa. 108 s.
39. Ólafur K. Nielsen 1999. Vöktun rjúpnastofnsins. 55 s.
40. Erling Ólafsson 2000. Landliðdýr í Þjórsárverum. Rannsóknir 1972–1973. 159 s.
41. Bergþór Jóhannsson 2000. Íslenskir mosar. Lápmosaætt, kólfmosaætt og væskilmosaætt. 151 s.
42. Bergþór Jóhannsson 2001. Íslenskir mosar. Bleðlumosaætt og leppmosaætt. 100 s.
43. Bergþór Jóhannsson 2002. Íslenskir mosar. Refilmosabálkur og stjörnumosabálkur. 70 s.
44. Bergþór Jóhannsson 2003. Íslenskir mosar. Skrár og viðbætur. 135 s.
45. Helgi Hallgrímsson og Guðríður Gyða Eyjólfsdóttir 2004. Íslenskt sveppatal I. Smásveppir. 189 s.
46. Bergþór Jóhannsson 2004. Undaflílar á ný. 88 s.





47. Ólafur K. Nielsen, Jenný Brynjarsdóttir og Kjartan Magnússon 2004. Vöktun rjúpnastofnsins 1999–2003. 110 s.
48. Helgi Hallgrímsson 2007. Þörungatal. Skrá yfir vatna- og landþörungum á Íslandi samkvæmt heimildum. 94 s.
49. Sigurður H. Magnússon og Kristín Svavarsdóttir. Áhrif beitarfriðunar á framvindu gróðurs og jarðvegs á lítt grónu landi. 67 s.
50. Hörður Kristinsson, Eva G. Þorvaldsdóttir og Björgvin Steindórsson 2007. Vöktun válistaplantna 2002–2006. 86 s.





<http://www.ni.is>

NÁTTÚRUFRAEÐISTOFNUN ÍSLANDS

Hlemmi 3	Borgum við Norðurslóð
Pósthólf 5320	Pósthólf 180
125 Reykjavík	602 Akureyri
Sími: 590 0500	Sími: 460 0500
Fax: 590 0595	Fax: 460 0501
Netfang: ni@ni.is	Netfang: nia@ni.is