



**Langtímaáhrif alaskalúpínu á
gróður og jarðveg á Íslandi**

*Long-term effects of the introduced
Nootka lupin (*Lupinus nootkatensis*)
on vegetation and soils in Iceland*

**Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon
og Bjarni Diðrik Sigurðsson**



Langtímaáhrif alaskalúpínu á gróður og jarðveg á Íslandi

**Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon
og Bjarni Diðrik Sigurðsson**

NÍ-18005


Garðabær, október 2018



NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS

Mynd á kápu: Alaskalúpína og skógarkerfill. Ljósmynd. Borgþór Magnússon, 2011.

ISSN 1670-0120

	Urriðaholtsstræti 6-8 212 Garðabæ Sími 590 0500 Fax 590 0595 http://www.ni.is ni@ni.is	Borgum við Norðurlóð 602 Akureyri Sími 460 0500 Fax 460 0501 http://www.ni.is nia@ni.is
Skýrsla nr. NÍ-18005	Dags, Mán, Ár Október 2018	Dreifing Opin
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Langtímaáhrif alaskalúpínu á gróður og jarðveg á Íslandi		Upplag 30
		Fjöldi síðna 132
		Kort / Mælikvarði
Höfundar Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og Bjarni Diðrik Sigurðsson	Verknúmer 3169	
Unnið fyrir		
Samvinnuaðilar		
Útdráttur <p>Í skýrslunni er greint frá niðurstöðum rannsókna á framvindu gróðurs á svæðum þar sem alaskalúpína hafði vaxið og breiðst út um áratuga skeið. Rannsóknirnar fóru fram árin 2011–2014 á 15 svæðum á suður- og norðurhluta landsins. Þær voru endurtekning á rannsóknum sem fóru fram á sömu svæðum um 20 árum fyrr. Markmið þeirra var að leita svara við spurningum um í hvers konar landi lúpína breiddist út, hvort hún breiddist yfir gróið land, hvaða gróðurbreytingar fylgja henni, hvort hún víki með tímanum og hver áhrif hún hefur á jarðveg.</p> <p>Um sunnanvert landið er úrkomusamara en norðanlands og vaxtarskilyrði betri fyrir lúpínu. Sunnanlands var framvinda í lúpínubreiðum fremur lík frá einu svæði til annars. Þar myndaðist með tímanum graslendi í lúpínunni með tvíkímblaða jurtum og þéttu mosalagi í sverði. Á nokkrum svæðum hafði lúpína gisnað mikið eða hörfað á gömlum vaxtarstöðum en ekki var það alls staðar.</p> <p>Á Norðurlandi var framvinda misjöfn eftir aðstæðum. Á melum í útsveitum sóttu einkum grastegundir í gamlar breiður en á þurrari svæðum inn til landsins þar sem lúpína var gisnari þróaðist gróður í mólendisátt á gömlum melum og í skriðum. Lúpína breiddist hins vegar auðveldlega yfir gamalt mólendi norðanlands og óx þar vel á moldarríkum jarðvegi. Þar gjöreyddist lynggróður en myndaðist með tímanum elftingaríkt blómlendi í gömlum breiðum. Ekki komu fram jafn skýr merki um hörfun lúpínunnar norðanlands og sunnan, nema í Hrísey þar sem skógarkerfill hafði lagt undir sig gamla lúpínu. Lítið annað en kerfill fannst í því landi.</p> <p>Sú tilgáta er sett fram í skýrslunni að hörfun lúpínu sunnanlands stafi af myndun þétts og þykks mosalags og miklum grasvexti undir lúpínunni sem veldur því að það tekur fyrir endurnýjun hennar af fræi. Með tíð og tíma ganga plönturnar úr sér og drepast ein af annarri og hverfur lúpínan úr landi. Á Norðurlandi er mosa- og grasvöxtur í lúpínubreiðum miklu minni en sunnanlands. Þar tekur því síður fyrir endurnýjun lúpínu af fræi er árin líða.</p> <p>Alaskalúpína hefur breiðst mjög út á friðuðum svæðum um allt land á undanförunum áratugum. Víða hefur verið gripið til aðgerða til að hefta útbreiðslu hennar, með misjöfnum árangri. Lúpína hefur aðeins numið brot af því landi sem hún er fær um. Líklegt er að sandar og aurar sunnan jökla og mólendissvæði á Norðurlandi séu stærstu flæmin sem lúpína mun breiðast um, dragi þar úr eða taki fyrir sauðfjárbreit. Lúpínan hefur verið skilgreind sem ágeng, framandi tegund hér á landi og er dreifing hennar bönnuð á svæðum yfir 400 m hæðar. Með hlýnandi veðurfari og samdrætti í sauðfjárbreit má búast við að útbreiðsla lúpínu og gróðurs sem fylgir í kjölfar hennar, svo sem skógarkerfils, margfaldist á næstu áratugum. Miklar breytingar verða á gróðurfari og búsvæðum dýra vegna þessa.</p>		
Lykilorð alaskalúpína, skógarkerfill, gróðurframvinda, jarðvegur, kolefni, köfnunarefni, ágengar tegundir	Yfirfarið MH	

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	7
SUMMARY	9
1 INNGANGUR	11
2 RANNSÓKNASVÆÐI	12
3 AÐFERÐIR	14
3.1 Gróðurmælingar	15
3.2 Jarðvegur	15
3.3 Úrvinnsla	15
4 NIÐURSTÖÐUR	16
4.1 Fjölbreytugreining – flokkun	16
4.2 Fjölbreytugreining – hnitun	19
4.3 Einstakir staðir og breytingar milli ára	23
4.3.1 Kvísker í Örafum	23
4.3.2 Svínafell í Örafum	26
4.3.3 Hofsnæs í Örafum	28
4.3.4 Múlakot í Fljótshlíð	30
4.3.5 Þjórsárdalur	32
4.3.6 Haukadalur í Biskupstungum	34
4.3.7 Heiðmörk	36
4.3.8 Skorradalur	40
4.3.9 Hrísey	42
4.3.10 Vaðlareitur	46
4.3.11 Hálsmelar í Fnjóskadal	48
4.3.12 Ytrafjall í Aðaldal	49
4.3.13 Hveravellir í Reykjahverfi	54
4.3.14 Húsavík	58
4.3.15 Ássandur í Kelduhverfi	62
4.4 Megindrættir í framvindu	63
4.5 Samband lúpínuþekju og tegundafjölda æðplantna	64
4.6 Hörfun lúpínu	64
4.7 Jarðvegur	68
5 UMRÆÐA	71
5.1 Áhrif veðurfars	71
5.2 Gróðurframvinda og hörfun lúpínu	72
5.3 Áhrif lúpínu á jarðveg	79
5.4 Áhrif lúpínu á dýralíf	82
5.5 Hvert stefnir um útbreiðslu lúpínu?	82

6 ÁLYKTANIR	86
7 ÞAKKARORÐ	88
8 HEIMILDIR	89
9 VIÐAUKAR	97
1. viðauki. Lýsing á rannsóknastöðum	97
2. viðauki. GPS-staðsetning mæltreita á hverju rannsóknasvæði	104
3. viðauki. Tegundir planta og þekja þeirra í einstökum reitum	106
4. viðauki. Sýrustig, kolefni og köfnunarefni í jarðvegi í einstökum reitum, ógróið yfirborð og áætlaður aldur lúpínu	128
5. viðauki. Megindrættir í framvindu alaskalúpínu	132

ÁGRIP

Í skýrslunni er greint frá niðurstöðum rannsókna á framvindu gróðurs á svæðum þar sem alaskalúpína (*Lupinus nootkatensis* Don ex Sims) hafði vaxið og breiðst út um áratuga skeið. Rannsóknirnar fóru fram árin 2011 til 2014 á fimmtán svæðum á suður- og norðurhluta landsins. Þær voru endurtekning á rannsóknum sem fóru fram á sömu svæðum um tuttugu árum fyrr. Markmið þeirra var að leita svara við spurningum um í hvers konar landi lúpína breiðist út, hvort hún breiðist yfir gróið land, hvaða gróðurbreytingar fylgja henni, hvort hún víki með tímanum og hver áhrif hún hefur á jarðveg.

Upphaflega voru rannsakaðar 27 lúpínubreiður og lagðir út í þeim 93 mælireitir. Á nokkrum stöðum voru aðstæður hins vegar breyttar vegna eyðingar lúpínu, skógræktar og landnáms skógarkerfils og tókst ekki að staðsetja alla reiti með vissu. Unnt var að endurmæla 69 gamla reiti en að auki var bætt við nokkrum nýjum reitum. Við þessar seinni mælingar átti lúpína orðið um 30 til 50 ára sögu á rannsóknasvæðunum og má ætla að langtímaáhrif hennar hafi verið komin betur fram en við fyrri mælingar.

Snið voru lögð inn eftir lúpínubreiðum og reitir settir niður í misgömlum hlutum þeirra. Í reitum voru háplöntur greindar og þekja þeirra, nokkurra ríkjandi mosategunda og ógróins yfirborðs metin, sýni voru tekin úr efstu 10 cm jarðvegs til greininga á sýrustigi, kolefni og köfnunarefni. Beitt var Twinspan-flokkun og Decorana-hnitun við úrvinnslu gróðurgagna. Fylgni umhverfis- og gróðurþátta við niðurstöður hnitunar var könnuð.

Flokkunin skipti reitasafninu, frá fyrri og seinni mælingu, í eftirfarandi fjóra meginhópa:

a) *Mosamelar–lúpína*: Lítt grónir melar og nýgræður með strjálly lúpínu, miðlungsfjölda æðplöntutegunda, á rýrum jarðvegi. Að mestu reitir frá fyrri mælingum, af viðmiðunarlandi utan eða við jaðra lúpínubreiða, frá Suðurlandi og Norðurlandi. Lúpína yfirleitt innan við 5 ára gömul í landi.

b) *Mólendi–lúpína*: Vel gróið mólendi með nokkurri lúpínu, ríkt af æðplöntutegundum, á allríkum jarðvegi. Reitir í gömlu mólendi, flestir af Norðurlandi, eða lúpínureitir þar sem mólendistegundir höfðu numið land í gisinni lúpínu. Lúpína að jafnaði innan við 20 ára gömul.

c) *Lúpína–graslendi*: Gróið land með mikilli þekju grasa og mosa og allnokkurri af tvíkímblaða jurtum, oftast með mikilli eða gisnandi lúpínu, fremur snautt af æðplöntutegundum, á allríkum jarðvegi. Gamlir melar, aurar, vikrar og moldir á Suðurlandi og Norðurlandi. Lúpína yfir 25 ára gömul að meðaltali.

d) *Lúpína–elfting*: Gróið land með mikilli þekju af lúpínu, elftingu í undirgróðri og allnokkurri af tvíkímblaða jurtum, mjög snautt af æðplöntutegundum, á ríkum jarðvegi. Gamalt mólendi og moldir á Suðurlandi og Norðurlandi þar sem lúpína hafði að meðaltali vaxið í yfir 25 ár.

Við hnitun greindust ofangreindir hópar allvel að, einkanlega hinir tveir síðustu sem sýnir að framvinda í lúpínubreiðum tekur mismunandi stefnu eftir umhverfisskilyrðum. Jafnframt kom fram nokkur aðgreining reita eftir landshlutum sem bendir til hins sama. Aldur lúpínu sýndi sterkasta fylgni við staðsetningu reita í hnituninni, en einnig komu fram skýr tengsl við veðurfarsþætti.

Þegar á heildina er litið leiddi hnitun í ljós að með vaxandi aldri, hæð og þéttleika lúpínu dregur úr þekju ógróins yfirborðs en tegundum æðplantna í gróðri fækkar og fjölbreytni minnkar. Lyngtegundir, starir og fléttur láta undan síga en tvíkímblaða jurtir aukast hlutfallslega. Á úrkomusömum svæðum, einkanlega sunnanlands, tekur framvinda þá stefnu að grös og mosar aukast mjög í gróðri, en á þurrari svæðum verður lúpínuland elftingarríkt með árunum, einkum þar sem moldarríkur jarðvegur var fyrir.

Sunnanlands var framvinda í lúpínubreiðum fremur lík frá einu svæði til annars. Þar myndaðist með tímanum graslendi í lúpínunni með tvíkímblaða jurtum og þéttu mosalagi í sverði. Á nokkrum svæðum, svo sem í Heiðmörk, Haukadal í Biskupstungum og Þjórsárdal, hafði lúpína gisnað mikið eða horfið þar sem breiður voru elstar, 25–45 ára gamlar. Í Múlakoti í Fljótshlíð og í Örafum komu ekki fram jafn eindregin merki um hörfun lúpínu.

Á Norðurlandi mátti greina þrjú afbrigði framvindu í lúpínubreiðum sem tengdust úrkomu og jarðvegsgerð. Í fyrsta lagi framvindu í átt til graslendis lík þeirri á Suðurlandi. Hún gekk þó ekki jafn langt og var án mikillar mosamyndunar í sverði. Kom hún fram á melasvæðum í útsveitum, svo sem á Húsavík og Ássandi í Kelduhverfi. Í öðru lagi framvindu í átt til tegundaríks mólendis á þurrum melum og í skriðum þar sem vaxtarskilyrði fyrir lúpínu voru erfið vegna lítillar úrkomu. Dæmi um þetta eru frá Ytrafjalli í Aðaldal og Hveravöllum í Reykjahverfi. Þar náði lúpína ekki að mynda þéttar, langlífar breiður á slíku landi. Í þriðja lagi framvindu í átt til fábreytts, elftingarríks lúpínulands með tvíkímblaða blómjurtum, á svæðum þar sem lúpína breiddist yfir lyngmóa með gömlum moldarjarðvegi. Þar voru vaxtarskilyrði lúpínu góð, jafnt í útsveitum sem inn til lands, myndaði hún þar þéttar breiður og sýndi lítil merki um hörfun. Dæmi um þetta eru frá Hrísey, Húsavík og Hveravöllum í Reykjahverfi.

Í Hrísey hefur skógarkerfill (*Anthriscus sylvestris*) lagt undir sig lúpínubreiður á síðustu árum en hann sækir í frjósaman jarðveg. Gróðurmælingar í lyngmóa og breiðum af lúpínu og skógarkerfli í Hrísey sýndu vel þær breytingar sem að jafnaði fylgja lúpínu þar sem hún breiðist yfir mólendi á Norðurlandi og einnig hvers er að vænta um gróðurfur á landi sem skógarkerfill leggur undir sig. Þegar lúpína leggur undir sig mólendi skyggir hún út lyngtegundir og flestar aðrar plöntur mólendisins. Drepa þær og hverfa á fáum árum eftir að samfelld lúpínubreiða myndast. Fremur fáar nýjar tegundir nema land og myndast því gróskumikið en tegundafátt lúpínuland með elftingu og tvíkímblaða jurtum. Þessi þróun gengur enn lengra með skógarkerfli sem kæfir lúpínuna og flestar aðrar tegundir sem með henni vaxa. Verður kerfillinn nánast einráður í breiðum sem hann myndar.

Lúpína nær hámarksþekju um 10–15 árum eftir að hún nemur land. Að meðaltali verða breiður þéttari og þekja lúpínu í þeim meiri á Suðurlandi en á Norðurlandi sem stafar af mun á vaxtarskilyrðum. Að þessum árum liðnum verður að jafnaði einhver gisnun í lúpínunni en mismikil. Eindregnari merki um hörfun lúpínu komu fram á Suðurlandi en á Norðurlandi. Á nokkrum svæðum átti hún um og yfir 50 ára sögu. Á mælisvæðum á Suðvesturlandi og í uppsveitum Árnassýslu hafði lúpína gisnað mjög eða horfið úr landi á 25–45 árum og skilið eftir sig mosa- og blómríkt graslendi. Austur um Fljótshlíð og í Örafum hafði hún viðhaldist lengur og ekki látið undan í sama mæli á þessum tíma. Á mælisvæðum á Norðurlandi, sem unnt var að endurtaka mælingar á, hafði lúpína ekki horfið úr landi á 45 árum, nema þar sem skógarkerfill hafði breiðst yfir hana. Á þurrum melum inn til landsins hafði hún gisnað frá því sem mest var en ekki hafði tekið fyrir uppvöxt plantna af fræi. Í mólendi á Norðurlandi hélt lúpínan nær fullri þekju eftir 30 ár í landi.

Sú tilgáta er sett fram í skýrslunni að hörfun lúpínunnar sunnanlands stafi af myndun þétts og þykkis mosalags og miklum grasvexti undir lúpínunni sem veldur því að það tekur fyrir endurnýjun hennar af fræi. Með tíð og tíma ganga plönturnar úr sér og drepast ein af annarri og lúpínan hverfur úr landi. Á Norðurlandi er úrkoma snöggum minni og vaxtartími styttri en sunnanlands og er mosa- og grasvöxtur í lúpínubreiðum þar miklu minni. Norðanlands tekur því síður fyrir endurnýjun lúpínu af fræi er árin líða getur hún því viðhaldið sér.

Mikil niturbinding lúpínu úr andrúmslofti og fosfórupptaka úr jarðvegi gerir henni kleift að vaxa með ágætum á rýru landi þar sem annar gróður fær vart þrifist. Á hverju ári leggur hún mikið til jarðvegsins með sinufalli og rótavexti. Ör uppbygging lífrænna efna í jarðvegi verður því í lúpínubreiðum við starfsemi örvera og smádyra sem laðar að fugla. Þannig byggist upp frjósamt vistkerfi á fáum áratugum. Rannsóknir á jarðvegi sýndu að á lítt grónum svæðum hefur orðið jöfn og marktæk aukning á kolefni og köfnunarefni í jarðvegi. Í mela- og sandjörð sunnanlands hækkaði prósentu kolefnis í jarðvegi um 1,1 að meðaltali á áratug sem var talsvert meira en norðanlands. Þessi aukning kolefnis í jarðvegi sunnanlands jafngildir bindingu sem nemur um 800 kg C/ha á ári í efstu 10 cm jarðvegs. Sömu tilhneigingar gætti um köfnunarefni, en á sunnanverðu landinu nam aukning þess að meðaltali um 60 kg N/ha á ári, í efstu 10 cm jarðvegs. Í tiltölulega ríkum mólendisjarðvegi norðanlands urðu ekki marktækar breytingar á innihaldi kolefnis og köfnunarefnis í lúpínubreiðum á 30 ára tímabili.

Alaskalúpína hefur breiðst mjög út á friðuðum svæðum um allt land á undanförunum áratugum. Víða hefur verið gripið til aðgerða til að hefta útbreiðslu hennar, með misjöfnum árangri. Lúpína hefur aðeins numið brot af því landi sem hún er fær um. Líklegt er að sandar og aurar sunnan jökla og mólendissvæði á Norðurlandi séu stærstu flæmin sem lúpína mun breiðast um, dragi þar úr eða taki fyrir sauðfjárbreit. Lúpínan hefur verið skilgreind sem ágeng, framandi tegund hér á landi og er dreifing hennar bönnuð á svæðum yfir 400 m hæðar. Með hlýnandi veðurfari og samdrætti í sauðfjárbreit má búast við að útbreiðsla lúpínu og gróðurs sem fylgir í kjölfar hennar, svo sem skógarkerfils, margfaldist á næstu áratugum. Miklar breytingar verða á gróðurfari og búsvæðum dýra vegna þessa.

SUMMARY

Long-term effects of the introduced Nootka lupin (Lupinus nootkatensis) on vegetation and soils in Iceland

The introduced Nootka lupin (Lupinus nootkatensis Don ex Sims) has for decades been used extensively to reclaim land in Iceland. Starting around 1990, 15 lupin sites in southern and northern Iceland were visited to investigate plant succession and soil development in areas affected by the lupin. At that time, lupins had a history of 10 to 40 years at these sites. Lupins had colonized barren and vegetated areas, including braided river plains, ash and lava fields, screes, eroded gravel areas, and heathlands. These sites were revisited between 2011 and 2014 and sampling repeated at the same points, if possible, to get a better insight into long-term effects of lupins on vegetation and soil. Of the 93 plots initially established, 69 were relocated and sampled again. Analysis of vegetation data was carried out using TWINSPLAN, a divisive classification method and DECORANA, an indirect ordination method.

The classification produced four vegetation categories: a) Barren control land outside or at the edge of lupin patches, species-rich; b) Control land on old heathland or young heathland developing under scattered lupin; very species rich; c) Lush lupin-forb-grassland with a dense moss layer underneath, species-poor; d) Lush lupin-forb-horsetail community, very species poor.

In the ordination, lupin age and density were strongly correlated with the distribution of plots along the first two axes. With increasing age of lupin, plant species richness and cover of dwarf shrubs, sedges and bare ground all declined, while forb abundance increased. The ordination revealed three main succession trajectories at old lupin sites that were determined by site qualities. First, towards lupin-forb-grassland, developing furthest at southern sites with ample precipitation; second, towards lupin-forb-horsetail community developing on relatively fertile soils, mainly at drier northern sites; and third, towards heathland on dry, infertile, inland northern sites.

*At most sites it took lupins 10 to 15 years to reach maximum cover after which they declined to varying degrees. At a few southern sites, lupin populations degenerated within 25 to 45 years. The development of dense moss and grass layers beneath the lupins probably prevented lupin regeneration from seeds. With aging and gradual dieback of lupin plants, lupins disappear. In the drier climate of northern Iceland, there is less growth of mosses and grasses beneath lupins and lupin regeneration from seeds can continue. The clearest signs of lupin degeneration in the north were seen at a site where lupins were surpassed by monospecific patches of the invasive, nitrophilous cow parsley (*Anthriscus sylvestris*), a species that recently has been spreading rapidly in Iceland, invading lupin areas and fertile grasslands.*

At barren sites colonized by the lupin, soil organic matter (C and N) increased rapidly over the years. Sequestration was considerably higher at southern sites in a warmer and higher precipitation environment than at colder, drier northern sites. At the southern sites, increase of carbon and nitrogen in the top 10 cm of soil was estimated as 800 kg/C and 60 kg/N ha yr. Where lupins colonized heathlands in the north with relatively rich soil, a significant increase in soil C and N was not found.

In Iceland, the spread of lupins is arrested primarily by sheep grazing. In vast lowland and upland areas, there are excellent growing conditions for lupins. With declining sheep farming and climatic warming, it is likely that lupins will further invade barren areas and heathlands that are so extensive in the country with great effects on flora and fauna. It will also facilitate further colonization of other invasive species.

1 INNGANGUR

Alaskalúpína er aðflutt, niturbindandi planta sem þrífst við fjölbreytilegar aðstæður hér á landi þar sem búfjárbætur er lítil eða engin. Segja má að hún eigi sér engan líkan af plöntum er hér hafa vaxið um lengri eða skemmri tíma. Auk þess að binda nitur úr andrúmslofti á hún eins og flestar tegundir lúpína auðvelt með fosfórnam úr jarðvegi (Lambers o.fl. 2013) og nær því mjög góðum vexti á rýru landi ef raki er nægur. Vaxtarskilyrði fyrir alaskalúpínu eru best á úrkomusömum og hlýjum svæðum um sunnan- og suðaustanvert landið en síst á þurrum svæðum inn til landsins norðanlands. Hún dafnar vel á snjóþungum svæðum út til stranda. Löngu er ljóst að lúpínan vex ekki aðeins og breiðist um lítt gróin svæði heldur sækir hún einnig inn á hálfgróið og gróið land og veldur þar miklum breytingum á náttúrufari. Hún er mjög öflug landgræðsluplantna en tvíeggja sverð sem hefur valdið deilum meðal þeirra er láta sig landgræðslu, skógrækt og náttúrvernd varða (Benediktsson 2015). Erlendis hafa aðfluttar lúpínutebundir og fleiri niturbindandi plöntur sýnt líka eiginleika og alaskalúpínan hér á landi og hafa vistfræðileg áhrif þeirra og viðbrögð við þeim verið áþekkt (Small 2012, Lambers o.fl. 2013).

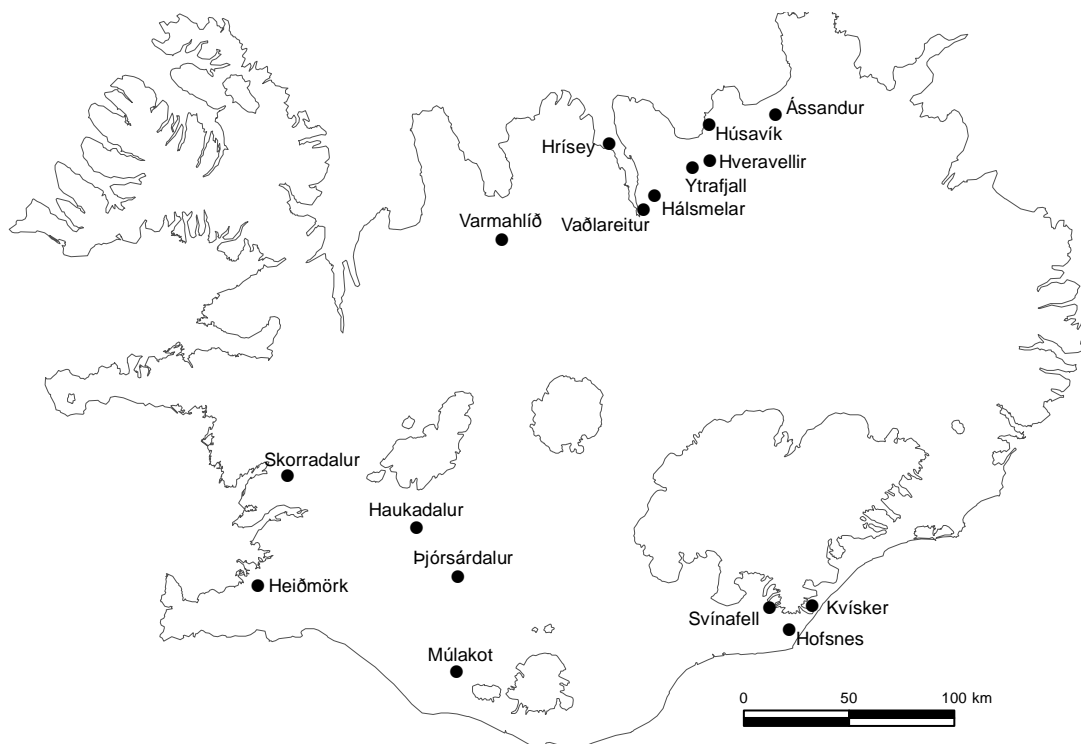
Lúpínur eru ljóselskar plöntur sem flestar eiga sér kjörlendi utan skóga þar sem gróður er fremur lágvaxinn og oft á tíðum gisinn vegna tíðs rasks og umróts. Margar þeirra, þar á meðal alaskalúpína, mynda þéttar, allháar breiður sem lágvaxnar tegundir eiga erfitt með að viðhaldast í sökum skugga. Stofnvöxtur lúpína getur verið hraður vegna öflugrar niturbindingar og fosfórnam þeirra, mikillar fræframleiðslu og sjálfsáningar. Þær eiga því auðvelt með að nema land og breiðast út í nýjum heimkynnum á rýrum, lítt grónum svæðum eða þar gróður er lágvaxinn eða gisinn, ef úrkoma er næg og búfé eða skordýr leggjast ekki þungt á þær. Með tilkomu lúpína margfaldast streymi köfnunarefnis inn í vistkerfi og framleiðni gróðurs stóreykst. Jarðvegur auðgast og allt vistkerfið tekur stakkaskiptum frá örveru og smádýralífi í jarvegi, gróðri og upp til stærri dýra (Brynja Davíðsdóttir o.fl. 2016). Tegundir sem valda slíkum straumhvörfum í framvindu, tegundasamsetningu, virkni og á ferlum vistkerfa hafa verið nefndar vistbreytar (e. ecosystem engineers) (Crooks 2002, Hastings o.fl. 2007, Liao o.fl. 2008). Áhrifa slíkra tegunda getur gætt löngu eftir að þær hverfa úr samfélögum. Vísbendingar eru um að vistbreytum sem auka fjölbreytni búsvæða fylgi ris í tegundafjölda samfélaga en þeim er auka á einsleitni svæða fylgi fækkun tegunda (Crooks 2002). Líta má á alaskalúpínu sem vistbreyti hér á landi.

Í skýrslu þessari greinum við frá rannsóknum okkar á gróðurframvindu í lúpínubreiðum sem fóru fram 2011 og 2014 á 15 stöðum á landinu. Þær eru endurtekning á rannsóknum sem við gerðum um tveimur áratugum fyrr (Borgþór Magnússon o.fl. 2001, 2003, 2004). Um er að ræða svæði, sunnanlands og norðan, þar sem lúpína hefur vaxið hvað lengst á landinu og valdið breytingum á gróðri og jarðvegi sem læra má af. Þegar fyrri rannsóknir okkar hófust árið 1988 var að hefjast stórræktun á lúpínu til fræs hjá Landgræðslu ríkisins og fylgdi í kjölfarið mjög aukin notkun og dreifing hennar vítt um landið. Fremur lítið lá þá fyrir um áhrif, endingu og útbreiðsluhætti lúpíunnar. Með þeim rannsóknum var leitast við að svara í hvers konar landi lúpína breiddist út. Hvort hún sækti inn á gróið land og hvaða gróðurbreytingar fylgdu henni. Hvort hún viki með tímanum og hver áhrif hún hefði á jarðveg. Allgóð svör fengust við þessu en ljóst þótti að þrátt fyrir um 40 ára sögu lúpíunnar í landinu væri ekki að fullu þekkt hvaða breytingar yrðu af völdum hennar þegar til lengri tíma er litið (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Það er von okkar að þessar seinni rannsóknir varpi skýrara ljósi þar á.

2 RANNSÓKNASVÆÐI

Í fyrri rannsókn á lúpínubreiðum árin 1988–1993 var farið á 15 staði þar sem lúpína átti sér langa sögu (1. mynd). Jafnframt var litið til þess að aðstæður væru mismunandi með tilliti til veðurfars, jarðvegsgerðar og gróðurs. Rannsóknasvæðin voru öll á láglendi og á beitarfriðuðu landi í eigu eða umsjón Skógræktarinnar, Landgræðslu ríkisins, bæjarfélaga, bænda eða annarra aðila. Sjö þeirra voru sunnan heiða, frá Kvískerjum í Örafum í austri til Skorradals í Borgarfirði í vestri. Norðan heiða voru átta staðir frá Varmahlíð í Skagafirði austur á Ássand í Kelduhverfi (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Í annarri yfirferð, árin 2011–2014, var farið á alla þessa staði á nýjan leik til að endurtaka mælingar í sömu lúpínubreiðum og áður, væri þess kostur. Á öllum stöðunum, nema í Varmahlíð í Skagafirði, var hægt að endurtaka fyrri mælingar að nokkru eða öllu leyti. Í Örafum var nú bætt við nýjum mælistað við Hofsnæs en hann er í landgræðslugirðingu milli Hofsnæs og Hnappavalla (1. mynd).

Allmikill munur er milli landshluta hvað varðar úrkomu og árshita því úrkomusamara og hlýrra er að jafnaði sunnanlands en norðan (1. tafla). Nokkur munur var einnig í landgerðum milli landshluta. Á sunnanverðu landinu var meira um áraura eða hraun, en þar voru einnig blásnir melar á jökulruðningi. Á Norðurlandi var víðast hvar um að ræða blásna mela eða skriður í brattlendi. Elst var lúpínan á rannsóknasvæðinu í Múlakoti í Fljótshlíð, frá því um 1950, en yngst við Hofsnæs í Örafum, frá því um 1994. Á öllum stöðunum hafði lúpínan upphaflega verið sett í lítt gróin svæði. Þau minnstu voru innan við 1 ha að stærð, umlukin grónu landi, en annars staðar var um víðáttumikla mela eða sanda að ræða. Á nokkrum stöðum, einkanlega á Norðurlandi, hafði lúpínan breiðst inn á gróið mólendi og voru mælingar einnig gerðar þar (1. tafla, 1. viðauki; Borgþór Magnússon o.fl. 2001).



1. mynd. Staðir á landinu þar sem lúpínubreiður voru rannsakaðar 1988–1993 og að nýju 2011–2014. Í Varmahlíð fóru rannsóknir aðeins fram á fyrria tímabilinu en í Hofsnæsi einungis á því seinna. – Figure 1. Sites in Iceland where lupin patches were studied 1988–1993 and again in 2011–2014. The Varmahlíð site was only sampled during the first period and the Hofsnæs site only during the second.

1. tafla. Aðstæður á rannsóknasvæðum og aldur lúpínubreiða sem kannaðar voru 2011–2014 (tekið úr Borgþór Magnússon o.fl. 2001). – **Table 1.** Conditions at the sites where lupin patches were investigated 2011–2014.

Staður Site	Hæð yfir sjó Height a.s.l.	Meðalárshiti ¹ Mean annual temp. ¹	Meðalárs- úrkomu ¹ Mean annual precipit. ¹	Jarðgrunnur Substrate	Halli Slope	Lúpína fyrst sett í land Lupin at site since	Áætlaður hámarksaldur lúpínubreiða Estimated age of lupin patches	Land sem lúpína var sett í eða sótti út á Landtype colonized by lupin
	(m)	(°C)	(mm)		(°)	(Ár – Yr)	(Ár – Yr)	
Kvísker	35	4,6	3430	Áraur – River bed	1	1956	54	Melur, mosabeiði – Gravel flat, mossheath
Svínafell	90	4,6	1800	Áraur – River bed	3	1972	37	Melur, mosabeiði – Gravel flat, mossheath
Hofsnes	40–89	4,6	1830	Jökulruðningur – Glacial till	5	1994	16	Melur, mosabeiði – Gravel flat, mossheath
Múlakot	80	4,6	1240	Áraur – River bed	1	1950	56	Melur, mosabeiði – Gravel flat, mossheath
Þjósárdalur	140	3,6	900	Sandorpið hraun – Sandy lava	3	1960	43	Sandur – Sand
Haukadalur	110	3,3	1190	Jökulruðningur – Glacial till	4	1958	48	Flagmói – Eroded heathland
Heiðmörk	90–135	3,5	1610	Jökulruðningur – Glacial till	3–6	1958	46	Melur, moldir, lyngmói – Eroded gravel flats and heathland
Skorradalur	100	3,2	1420	Jökulruðningur, skriður – Glacial till, scree	8	1960	47	Melur, lyngmói – Eroded gravel slobes and heathland
Hrísey	100	2,8	510	Jökulruðningur – Glacial till	2–4	1963	43	Melur, lyngmói – Eroded gravel flats and heathland
Vaðlareiður	60	3,2	490	Jökulruðningur – Glacial till	13	1960	46	Melur, lyngmói – Eroded gravel flats and heathland
Hálsmelar	140	2,0	700	Jökulruðningur – Glacial till	2–5	1954	46	Melur – Eroded gravel flats
Ytrafjall	100–190	1,8	630	Jökulruðningur, skriður – Glacial till, scree	32	1960	43	Skríða, flagmói – Scree and eroded heathland
Hveravellir	200	2,4	820	Malarhjallar – Gravel bars	11	1973	33	Melur, lyngmói – Eroded gravel slobes and heathland
Húsavík	140	2,8	820	Jökulruðningur – Glacial till	3–28	1967	39	Melur, lyngmói – Eroded gravel slobes and heathland
Ássandur	25	2,3	560	Áraur – River bed	1	1977	29	Melur – Gravel flat

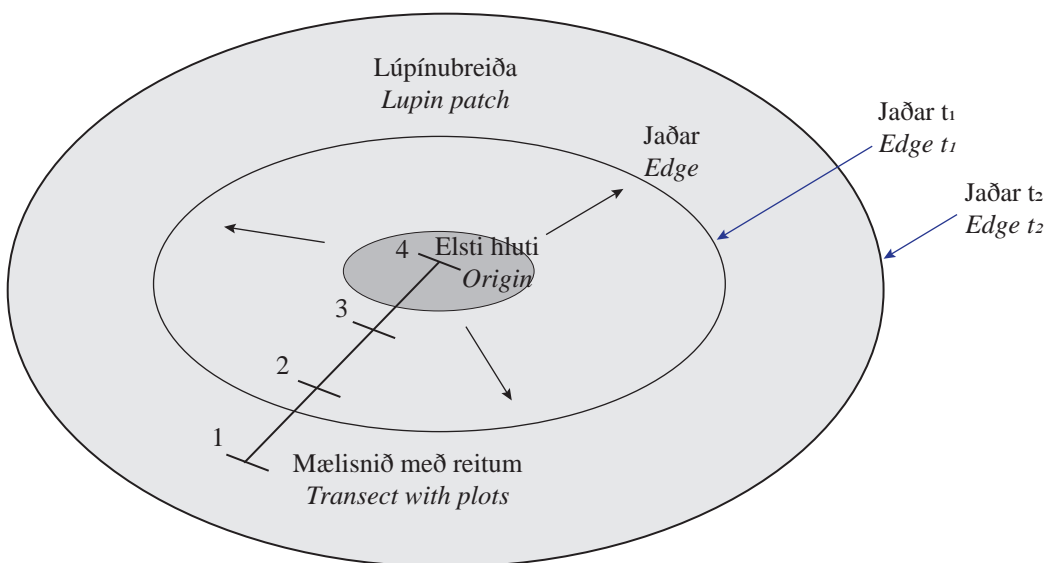
¹Meðaltal yfir tímabilið 1961–1990, upplýsingar fengin frá Væðurstofu Íslands, byggðar á væðurstöðvum í nágrenni athugasvæðanna. Average for 1961–1990, Icelandic Meteorological Office.

²Gert var ráð fyrir að 5 ár liðu frá því að lúpína væri sett í land þar til hún teki að mynda breiður. It was assumed that it would take the lupin 5 years to form patches after first colonizing the site.

3 AÐFERÐIR

Beitt var sömu aðferðum við vettvangsmælingar 2011–2014 eins og í fyrri mælingum (Borghór Magnússon o.fl. 2001). Á svæðum þar sem lúpína sáir sér og breiður myndast og stækka eru þær að jafnaði elstar í miðju en yngstar út við jaðra. Ef lagt er mælisnið í lúpínubreiðu, af því landi sem hún sækir út á og inn í elsta hluta breiðu, má afla upplýsinga um hvaða breytingar hafa orðið með árunum (2. mynd). Þeirri aðferð var beitt við rannsóknirnar. Munurinn var sá að á þeim árum sem liðin voru frá fyrri mælingunum hafði lúpína nú alls staðar breiðst yfir viðmiðunarland utan breiða. Á nær öllum stöðum var látið nægja að mæla upprunaleg snið og reiti á þeim. Ekki var bætt við nýjum viðmiðunarreitum utan breiða sem áður höfðu verið mældar. Misvel gekk að finna snið og reiti. Alls staðar var stuðst var við ljósmyndir og lýsingar frá fyrri mælingum. Á nokkrum stöðum fundust gamlir merkihælar við reiti (sjá 1. viðauka). Því er ekki hægt að segja að snið og reitir hafi í öllum tilvikum verið á sama bletti í fyrri og seinni mælingu. Hins vegar fullyrðum við að þar hafi lítill munur verið á og að samanburður mælinga endurspeglir þær breytingar sem orðið hafa á gróðurfari á tímabilinu. Í seinni mælingunum voru settir niður nýir merkihælar við alla reiti (upphafs- og endapunkt) og GPS-hnit þeirra skráð sem ekki var unnt í fyrri mælingum. GPS-hnitsetningar auðvelda að staðsetja reitina að nýju og endurmæla ef ástæða þykir til.

Á nokkrum stöðum hafði, þegar kom að seinni mælingunum, verið farið út í aðgerðir til að eyða eða hamla útbreiðslu lúpínu. Á Kvískerjum hafði lúpína verið úðuð með illgresiseyðinum Round-up, í Svínafelli hafði girðing verið tekin niður og sauðfé beitt á lúpínu til að eyða henni og í Hrísey hafði lúpína verið slegin. Mælingar voru þó endurteknar á þessum stöðum með sama hætti og áður eða lítilsháttar frávikum. Í Heimörk, Varmahlíð og Vaðlareit hafði vaxið upp þéttur skógur á sniðum eða hluta þeirra og var þar ekki hægt að finna alla reiti að nýju. Í Örafum var í seinni mælingunum valið nýtt rannsóknarsvæði í landgræðslugirðingu Örafinga ofan við Hofsnæs. Það var gert til að koma þar upp varanlegri stað í lúpínu en þeim sem raskað hafði verið á Kvískerjum og í Svínafelli (1. viðauki).



2. mynd. Skýringarmynd af lúpínubreiðu og mæliaðferð sem notuð var í rannsókninni. Við fyrri mælingar (t_1) voru snið lögð út fyrir breiður, en við seinni mælingar (t_2) höfðu breiður stækkað og lúpína breiðst yfir viðmiðunarreiti (1) yst á sniðum. – Figure 2. A drawing explaining the sampling method used in the study. During the approximately 20 years between the first and second sampling the lupin had expanded its range and covered the reference plots (1) that originally were outside the patches.

3.1 Gróðurmælingar

Við gróðurrannsóknirnar var beitt sömu aðferðum og í fyrri mælingum (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Gömlu sniðin og reitir á þeim voru staðsett eins nákvæmlega og unnt var. Sniðin voru mislöng eða frá því um 20 til 100 metrar. Á hverju þeirra voru nokkrir mælireitir, oftast fjórir að tölu. Fyrsti reiturinn hafði upphaflega verið staðsettur um 3–5 m utan við breiðu, annar í sömu fjarlægð innan við jaðar hennar, sá þriðji í mitt á milli jaðars og miðju og sá fjórði í miðju eða elsta hluta breiðu. Við seinni mælingar höfðu breiður stækkað og voru allir reitir innan þeirra. Hver reitur var 8 m langur og 50 cm breiður og var hann lagður þvert á snið. Í reitnum var síðan lagður niður, eftir slembitölum, smáreitur (50×50 cm) í sex punktum út eftir reitnum. Notaðar voru sömu slembitölur í reit og við fyrri mælingar. Í hverjum smáreit var hæð lúpínu mæld, æðplöntur greindar og þekja þeirra ákvörðuð með sjónmati samkvæmt þekjuskala Braun-Blanquet (Goldsmith og Harrison 1976). Heildarþekja ógróins yfirborðs, mosa og fléttna var einnig metin og þekja mosanna tildurmosa (*Hylocomium splendens*), melagambra (*Racomitrium ericoides*), hraungambra (*R. lanuginosum*), engjaskrauts (*Rhytidiadelphus squarrosus*) og mósasigðar (*Sanionia uncinata*) var áætluð sérstaklega.

3.2 Jarðvegur

Eins og við fyrri mælingar voru tekin fjögur jarðvegssýni í hverjum reit. Tekið var sýni úr efstu 10 cm jarðvegs eftir að gróðurlag hafði verið fjarlægð. Notaður var 5 cm víður kjarnabor. Sýnum var síðan blandað saman í eitt fyrir hvern reit. Í rannsóknastofu voru sýnin þurrkuð við 40°C, mulin og sigtuð niður um 2 mm sigti. Fyrir efnagreiningu voru þau jafnframt kúlmöluð. Sýrustig, kolefni og köfnunarefni var mælt í hverju sýni. Efnagreiningar fóru fram hjá Efnagreiningum Keldnaholti. Sýrustig var mælt í um 5 g af þurrum jarðvegi sem hafði verið vættur með 25 ml af afjónuðu vatni og hristur í 2 tíma fyrir mælingu. Heildarkolefni og köfnunarefni var mælt í um 1,5–4 g af þurrum jarðvegi í greiningartækinu *Vario MAX CN – Macro Elementar Analyzer* (Elementar Analysensysteme GmbH).

Aðferðirnar eru ekki nákvæmlega þær sömu og við fyrri mælingar. Þá voru sýni ekki kúlmöluð eftir sigtun. Sýrustig var mælt með því að bleyta upp sýni með eimuðu vatni í hlutfalli sem var nálægt 1:1. Sýnið var þá hrært og látið standa í 2–3 klst og síðan mælt með glerelektrodumæli. Kolefnisinnihald var ákvarðað með títrun samkvæmt Walkley-Black aðferð en köfnunarefni með Kjeldahl aðferð. Allar mælingar fóru þá fram á efnagreiningastofu Rannsóknastofnunar landbúnaðarins (Borgþór Magnússon o.fl. 2001).

3.3 Úrvinnsla

Áþekktum aðferðum var beitt við úrvinnslu og í fyrri mælingum (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Við útreikninga á þekju tegunda eða flokka var notað miðgildi þekjubils í hverjum smáreit og meðaltal fundið fyrir hvern reit. Við tölfræðilega úrvinnslu og túlkun á gróðurgögnum var notuð fjölbreytugreining, bæði DECORNA-hnitun og TWINSPAN-flokkun, í forritapakkanum PC-ORD 6.08 (McCune og Mefford 2011). Hann var einnig notaður til að reikna Shannon's fjölbreytnivísi fyrir hvern reit, út frá óbreyttri þekju æðplantna. Fyrir hnitun og flokkun var þekjugildum tegunda hins vegar umbreytt ($\log_{10} + 1$). Í gagnasafninu voru alls 143 reitir; af þeim voru 69 frá fyrri¹ og seinni mælingu ($2 \times 69 = 138$ reitir alls), og fimm reitir aðeins í þeirri seinni (við Hofsnæs). Við hnitun var fylgni umhverfisþátta við breytileika í gróðurfari einnig könnuð fyrir sömu reiti. Í gagnasafn

1 Í fyrri mælingu voru alls 93 reitir.

fyrir umhverfisþætti voru eftirfarandi upplýsingar skráðar: áætlaður aldur lúpínu, sýrustig, kolefni og köfnunarefni í jarðvegi, hæð yfir sjávarmáli, meðalárshiti og meðalársúrkoma (1. tafla). Fyrir úrkomu voru notuð sömu gildi og áður, meðaltöl fyrir tímabilið 1961–1990, (Borgþór Magnússon o.fl. 2001) en fyrir árshita var bætt við 0,7 °C fyrir hvern stað sem meðalloftslagshlýnun á landinu síðustu tvo áratugi (Halldór Björnsson o.fl. 2018). Auk umhverfisþátta var fylgni ógróins yfirborðs og nokkurra gróðurþátta við breytileika í gróðri könnuð með sama hætti. Gróðurþættirnir voru þekja og hæð lúpínu, þekja mosa, fléttna, grasa, tvíkímblaða jurta, byrkninga (elftingar), smárunna, víðis, birkis og heildarfjöldi og fjölbreytni æðplantna í hverjum reit. Gögn úr reitum frá Varmahlíð voru ekki tekin með í þessar greiningar þar sem ekki var unnt að endurmæla reiti þar.

4 NIÐURSTÖÐUR

4.1 Fjölbreytugreining – flokkun

Við Twinspan-flokkun greindust reitir í tvo yfirhópa og síðan í fjóra undirhópa við tveggja þrepa skiptingu (3. mynd) sem hér er sýnd. Ítarlegri skipting var skoðuð en ekki þótti ástæða til að rekja hana hér. Fyrsta skipting aðskildi annars vegar reiti í landi sem lúpína hafði ekki farið yfir eða náð yfirhöndinni og hins vegar reiti þar sem lúpína hafði gert það og haft umtalsverð áhrif á gróður og jarðveg. Ef lítið er til fyrri hópsins þá greindist hann síðan í tvo undirhópa, *Mosamelar–lúpína* og *Mólendi–lúpína*, en seinni hópurnir í undirhópum *Lúpína–graslendi* og *Lúpína–elfting*.

Í fyrsta hópi *Mosamelar–lúpína* eru nær eingöngu viðmiðunarreitir utan lúpínubreiða á Suðurlandi og Norðurlandi frá fyrri mælingum, auk reita frá Hofsnesi og tveggja reita úr seinni mælingum frá Kvískerjum og Svínafelli (3. mynd). Reitir í þessum hópi einkennast af því að þeir eru lítið grónir, meðalaldur lúpínu lágur og þekja lítil. Af öðrum gróðri er mest um mosa. Jarðvegur er snauður af kolefni og köfnunarefni (2. tafla). Þetta eru reitir frá tíu stöðum, á berangursmelum, áraurum, vikrum, grjótholtum og flagmóum. Þrátt fyrir að vera illa grónir eru þeir allríkir af æðplöntutegundum og fjölbreytni talsverð (2. tafla). Tegundir auk lúpínu sem einkenna gróður þessa hóps eru mosinn hraungambri, krækilyng, mosinn tildurmosi, týtulíngresi, túnvingull, beitilyng, blóðberg, holtasóley, mosinn melagambri og blásveifgras (taldar upp eftir lækkanði meðalþekju, 10,0–0,5 %).

Í öðrum hópi *Mólendi–lúpína* eru, með einni undantekningu, reitir frá stöðum í Suður-Þingeyjarsýslu, þ.e. Húsavík, Hveravöllum í Reykjahverfi og Ytrafjalli í Aðaldal, bæði frá fyrri og seinni mælingu. Reitirnir eru í mólendi eða landi þar sem mólendistegundir eru einkennandi, einkum runnar og mosar. Meðalaldur lúpínu er hér nær 20 ár og þekja hennar umtalsverð. Ógróið yfirborð er fremur lítið og meira er um birki en í öðrum hópum (2. tafla). Jarðvegur er allríkur af kolefni og köfnunarefni, enda um gamlan móajarðveg að ræða í flestum tilvikum. Staðir þessir eru á svæði þar sem úrkoma er fremur lítil (2. tafla) og mólendi ríkjandi á grónu þurrlandi. Mólendið er mjög tegundaríkt og fjölbreytni meiri en í öðrum hópum (2. tafla). Tegundir auk lúpínu sem einkenna gróður þessa hóps eru krækilyng, mosinn móasigð (*Sanionia uncinata*), birki, túnvingull, beitilyng, bugðupunktur, smjörgras, mosinn melagambri, holtasóley og mosinn engjaskraut (*Rhytidiadelphus squarrosus*) (taldar eftir lækkanði meðalþekju, 8,2–1,9%).

Í þriðja hópi *Lúpína–graslendi* er flesta reiti að finna og er bróðurpartur þeirra frá stöðum sunnan heiða. Þriðjungur reitanna er frá fyrri mælingum, flestir í eldri hluta breiða. Tveir þriðju hlutar

Í fjórða hópi *Lúpína/elfting* eru reitir frá fimm stöðum sunnanlands og norðan, þ.e. Haukadal, Skorradal, Hálsmelum, Hveravöllum og Húsavík, flestir úr seinni mælingum. Reitirnir eiga sammerkt að þeir eru í landi þar sem lúpína hefur verið í um 30 ár og er enn ríkjandi, en meðalþekja er nær 70% (2. tafla). Þar var moldarríkur jarðvegur í mólendi eða flögum fyrir tíma lúpínunnar. Jarðvegur í þessum hópi er nú mun ríkari af kolefni og köfnunarefni en í öðrum hópum. Lúpína er hér þéttust og hávöxnust en tegundafjöldi og fjölbreytni æðplantna minnst, ógróið yfirborð er hverfandi. Af öðrum gróðri með lúpínunni er langmest af elftingu, en einnig er mikið af tvíkímblaða jurtum og í svarðlagi er allnokkur mosapekja (2. tafla). Tegundir auk lúpínu sem einkenna þennan hóp eru vallelfting, mosinn engjaskraut, snarrót, blágresi, birki, vætudúnurt, loðvíðir, fjalldalafífill, hálíngresi og túnfífill (taldar eftir lækkandi meðalþekju, 22,8–1,1%).

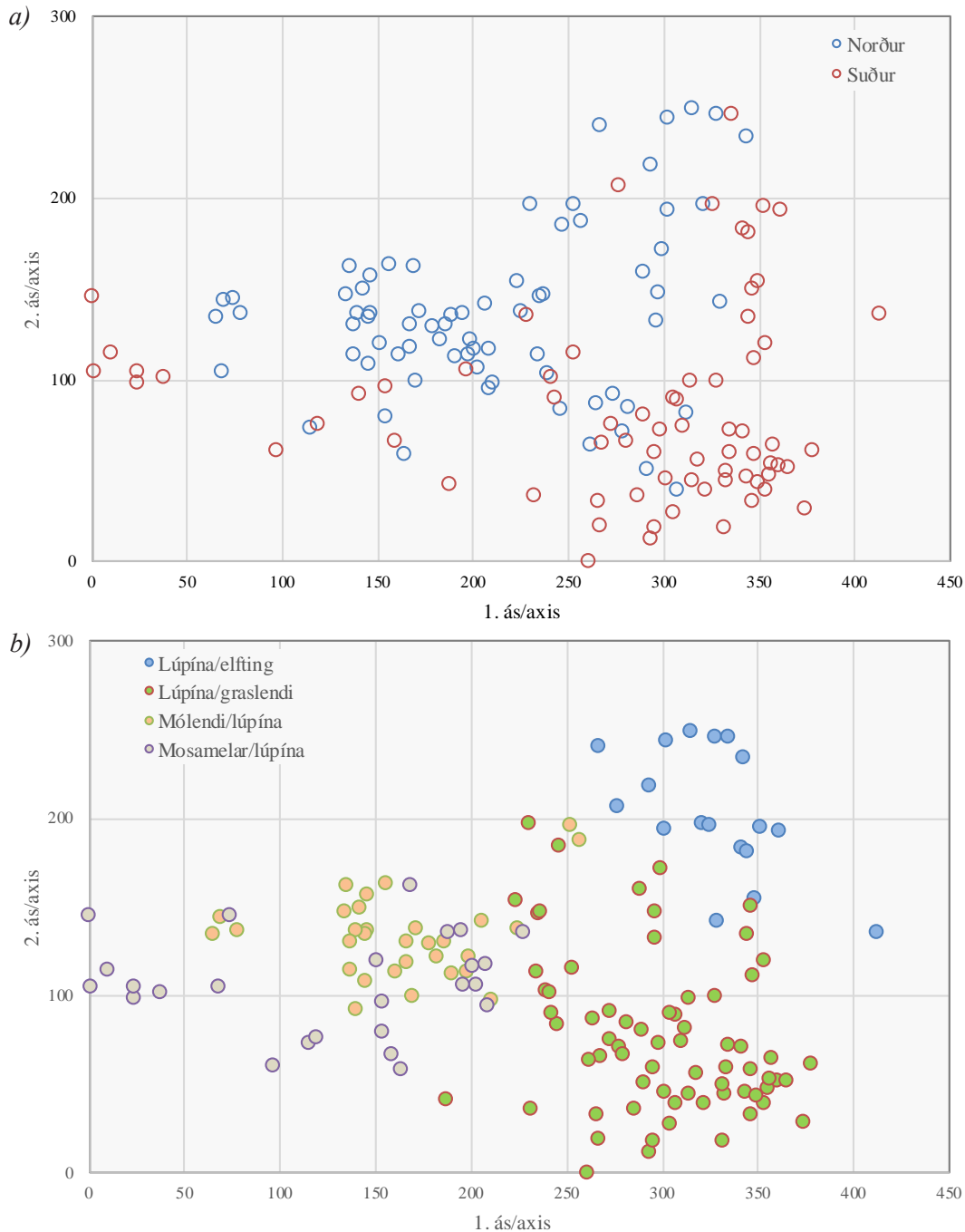
2. tafla. Meðaltal ± staðalskekking umhverfis- og gróðurþátta í fjórum hópum sem TWINSpan-flokkun myndaði við tveggja þrepa greiningu. Bókstafir aftan við meðaltöl gefa til kynna hvort munur er marktækur milli hópanna, hann er það ef um mismundandi stafi er að ræða, $p < 0,05$. *Table 2. Average ± s.e. for environmental and vegetation parameters in the four main groups formed by TWINSpan in two level classification. Capital letters indicate if differences are significant between groups, $p < 0,05$.*

	Mosamelar – lúpína <i>Mossgravel – lupin</i> n = 25 x ± s.e.	Mólendi – lúpína <i>Heatland – lupin</i> n = 31 x ± s.e.	Lúpína – graslendi <i>Lupin – grassland</i> n = 69 x ± s.e.	Lúpína – elfting <i>Lupin – horsetails</i> n = 18 x ± s.e.
Legg og loftslag – Altitude and climate				
H.y.s. – <i>H.a.s.l.</i> (m)	105,4 ± 11,2 A	142,6 ± 8,1 B	101,8 ± 4,7 A	131,7 ± 8,2 AB
Ársúrkomu – <i>Mean annual precipit.</i> (mm)	1269,6 ± 160,4 A	755,1 ± 23,3 B	1358,7 ± 92,3 A	1071,9 ± 68,0 AB
Árshiti – <i>Mean annual temperature</i> (°C)	3,4 ± 0,3 A	2,5 ± 0,1 C	4,0 ± 0,1 B	3,3 ± 0,1 AB
Jarðvegur – Soil				
Sýrustig – <i>pH</i>	6,3 ± 0,1 A	6,3 ± 0,1 A	6,1 ± 0,0 A	6,1 ± 0,1 A
Kolefni – <i>Total carbon</i> (C %)	1,1 ± 0,2 A	3,3 ± 0,4 B	3,3 ± 0,3 B	6,4 ± 0,6 C
Köfnunarefni – <i>Total nitrogen</i> (N %)	0,1 ± 0,0 A	0,2 ± 0,0 B	0,3 ± 0,0 B	0,5 ± 0,0 C
Lúpína – Lupin				
Aldur – <i>Age</i> (ár – yrs)	3,5 ± 1,1 A	17,8 ± 2,4 B	26,4 ± 1,5 C	29,3 ± 2,9 C
Hæð – <i>Height</i> (cm)	18,8 ± 4,8 A	46,7 ± 4,5 B	66,6 ± 4,1 C	81,6 ± 8,2 C
Gróðurþekja – Plant cover (%)				
Lúpína – <i>Lupin</i>	19,2 ± 5,5 A	41,9 ± 4,7 B	54,8 ± 4,0 BC	68,6 ± 6,1 C
Aðrar tvíkímblaða jurtir – <i>Other dicots</i>	2,5 ± 0,3 A	7,4 ± 1,0 B	13,2 ± 1,6 B	14,0 ± 3,4 B
Runnar – <i>Shrubs</i>	5,5 ± 1,6 A	22,2 ± 3,7 B	0,2 ± 0,1 C	2,3 ± 2,2 AC
Birki – <i>Birch</i> (<i>Betula pubescens</i>)	0,1 ± 0,0 A	4,5 ± 1,7 B	2,0 ± 1,4 A	3,3 ± 1,9 AB
Grös – <i>Grasses</i>	4,5 ± 1,7 A	10,2 ± 1,6 B	25,3 ± 2,1 C	7,7 ± 3,9 A
Starir og sef – <i>Sedges and rushes</i>	0,4 ± 0,1 A	0,5 ± 0,1 A	0,1 ± 0,1 B	0,0 ± 0,0 B
Elftingar og aðrir byrkningar – <i>Equisetum and other Pteridophytes</i>	0,0 ± 0,0 A	3,0 ± 1,5 A	4,1 ± 1,7 A	23,1 ± 4,3 B
Mosar – <i>Bryophytes</i>	17,1 ± 5,8 A	21,8 ± 4,0 AB	37,7 ± 3,6 B	23,1 ± 6,7 A
Fléttur – <i>Lichens</i>	1,0 ± 0,3 A	0,3 ± 0,1 AB	0,3 ± 0,1 B	0,1 ± 0,1 B
Ógróið yfirborð – <i>Bare ground</i>	48,0 ± 6,8 A	8,2 ± 2,8 B	1,0 ± 0,6 C	0,1 ± 0,0 C
Fjöldi og fjölbreytni æðplantna – Vascular plant richness and diversity				
Fjöldi í reit ¹ – <i>Species richness in plots¹</i>	14,0 ± 1,0 A	25,9 ± 1,2 B	9,4 ± 0,4 C	5,7 ± 0,7 D
Fjölbreytni í reit – <i>Species diversity (Shannon's)</i>	1,4 ± 0,1 A	1,6 ± 0,1 A	1,1 ± 0,1 B	1,0 ± 0,1 B

¹Stærð reita var 8×0,5 m = 4 m². – *Plot size was 8×0,5 m = 4 m².*

4.2 Fjölbreytugreining – hnitun

Niðurstöður hnitunar á samsetningu og þekju gróðurs í öllum rannsóknareitum í fyrri og seinni úttekt sýna í fyrsta lagi nokkra aðgreiningu reita frá stöðum á sunnan- og norðanverðu landinu (4. mynd a). Það bendir til að munur sé í umhverfisskilyrðum milli landshluta sem hefur áhrif á framvindu í lúpínubreiðum. Reitir frá sunnanverðu landinu sýna meiri dreifingu, einkanlega eftir 1. hnitunarási, en megináðgreining reita milli landshluta er hins vegar eftir



4. mynd. a) Skipan 143 gróðurreita eftir 1. og 2. ási DECORANA-hnitunar. Reitir frá sunnan- og norðanverðu landinu eru aðgreindir. Eigingildi ásanna voru 0,518 og 0,278. b) Skipan reita í TWINSpan-hópunum á hnitunarmynd, sbr. 3. mynd. – Figure 4. a) DECORANA-ordination of 143 vegetation plots sampled in lupin patches. Plots from southern- and northern parts of Iceland are shown in red and blue colours. Axes eigenvalues were 0.518 and 0.278. b) Position of plots of the four TWINSpan-groups on the ordination diagram, see. Fig. 3.

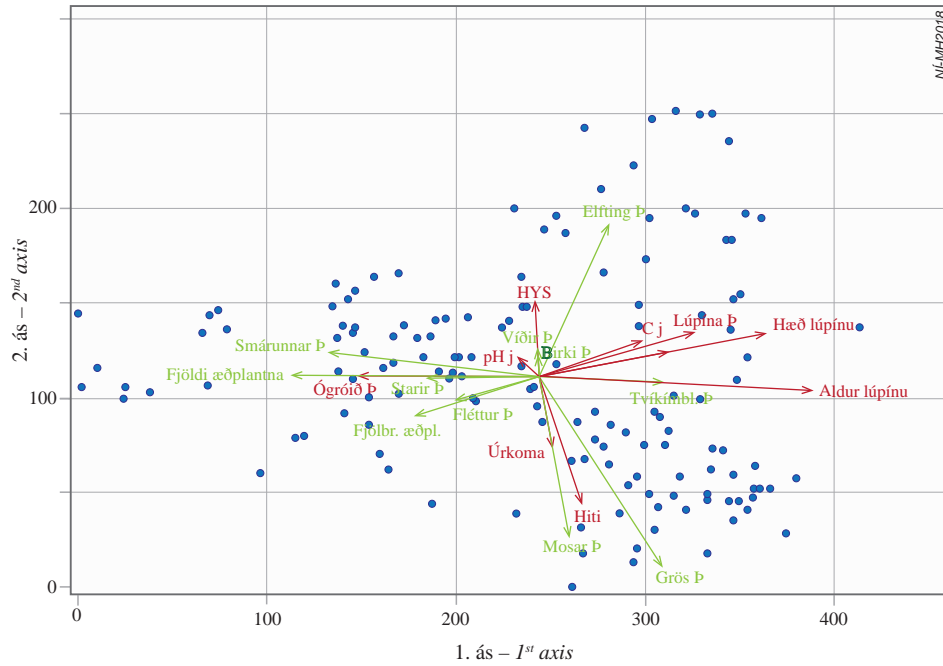
2. ási. Í öðru lagi sýna niðurstöðurnar skarpari aðgreiningu reita þegar litið er til hópanna fjögurra sem Twinspan-flokkunin dró fram (4. mynd b). Annars vegar eru reitir þar sem lúpínan er að byrja að nema land á melum, í moslendi eða mólendi til vinstri á 1. ási, en hins vegar, til hægri, reitir þar sem lúpína er eldri og hefur náð yfirhöndinni og framvinda af hennar völdum er lengra gengin. Þar eru annars vegar lúpínugraslendi eða lúpínuelftingarland, sem aðgreinast á 2. ási.

Þegar fylgni umhverfisþátta við breytileika í gróðri samkvæmt hnituninni er könnuð kemur í ljós hvað er undirliggjandi (5. mynd). Það er aldur lúpínu sem hefur sterkust tengsl við staðsetningu reita og er hann svo að segja samsíða 1. ási hnitunar. Því má segja að ásinn sé tímakvarði lúpínufamvindu. Lengst til vinstri liggja reitir þar sem lúpína er ekki til staðar eða mjög ung, en lengst til hægri reitir þar sem lúpína hefur verið lengi í landi og valdið miklum breytingum á gróðri og jarðvegi. Í svipaða stefnu leggst hæð og þekja lúpínu, hlutdeild ógróins yfirborðs og magn köfnunarefnis og kolefnis í jarðvegi. Fylgni umhverfisþátta við 2. hnitunars er veikari. Þar er helst um að ræða þætti sem endurspeglar veðurfar, þ.e. ársmeðalhiti, ársúrcoma og hæð reita yfir sjó. Neðarlega á ásnum eru reitir frá hlýrri og úrkomusamari stöðum, þ.e. frá sunnanverðu landinu, þar sem mosaþekja er einnig mun meiri í sverði, en ofar liggja reitir frá þurrari og svalari stöðum, þ.e. norðanverðu landinu, eins og þegar kom fram (4. mynd a). Því má segja að 2. ás endurspegli mun milli landshluta sem tengja má veðurfari.

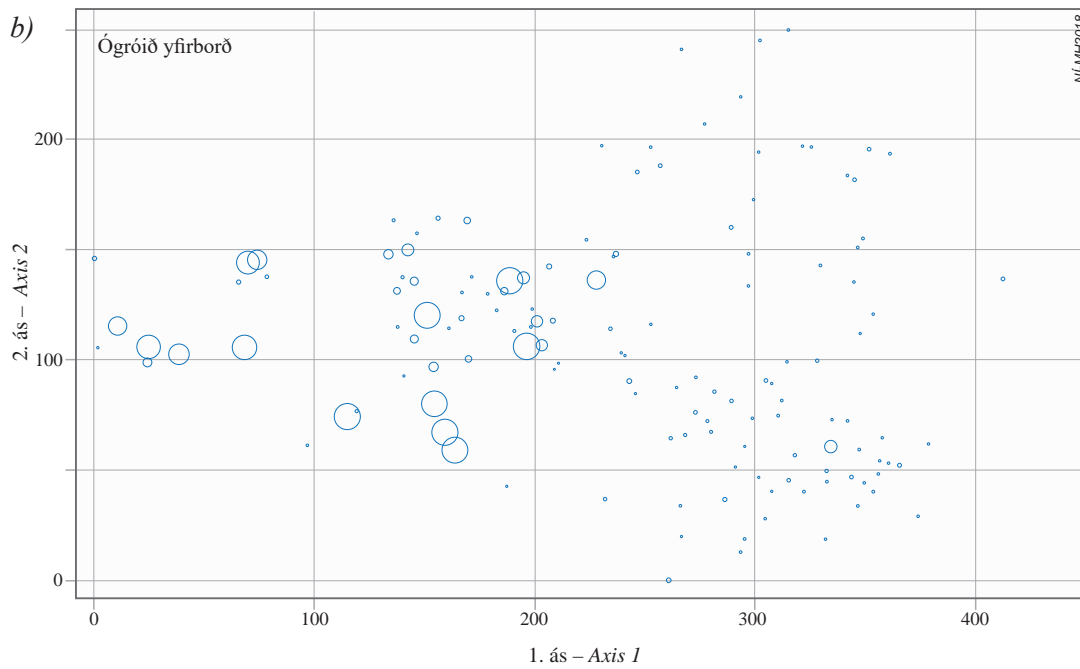
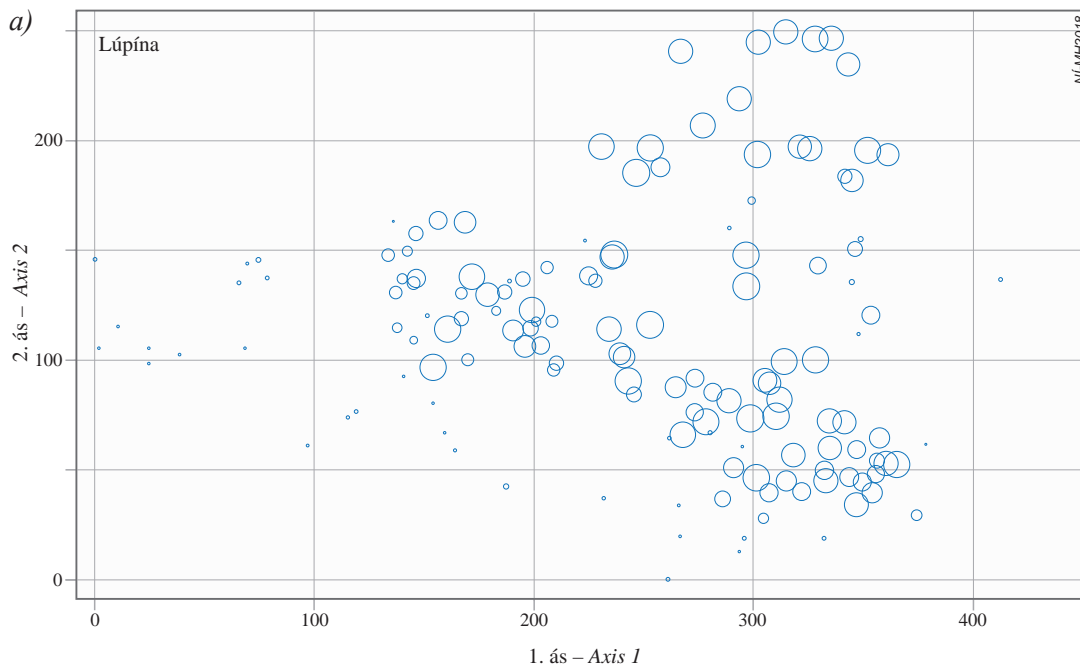
Meginbreytingar í gróðurþáttum sem einnig má lesa út úr 5. mynd eru þær að eftir því sem lengra líður á lúpínufamvindu fækkar æðplöntutegundum í gróðri og fjölbreytni hans minnkar, það dregur úr hlutdeild smárunna (lyngs) og stara- og seftegunda. Hins vegar eykst hlutdeild tvíkímblaða jurta með aldri lúpínu þegar líður á framvindu. Það gerir einnig hlutdeild grasa og mosa annars vegar og elftinga hins vegar, en þessir plöntuhópar tengjast þó eindregið 2. ási og í sitthvora áttina. Reitir með mosaríku lúpínugraslendi eru neðarlega á ásnum en reitir sem einkennast af lúpínu og elftingu ofarlega á ásnum (5. mynd). Það er eftirtektarvert að hvorki birki né víðir (loðvíðir og gulvíðir) gefa sterkt útslag í hnitunarniðurstöðum. Örvar sýna að þekja þeirra eykst lítillega upp eftir 2. ási en leggst ekki í stefnu með þeim breytum sem tengjast lúpínunni. Með öðrum orðum hvorki birki né víðir aukast að marki þar sem lúpína myndar þéttar, langlífur breiður.

Þegar litið er nánar á breytingar á þekju lúpínu og ógróins yfirborðs í reitasafninu kemur í ljós að lúpína er lítil sem engin í reitum til vinstri á hnitafletinum en talsvert er þar um reiti með lítt grónu landi (6. mynd). Þekja lúpínu eykst síðan út til hægri en ógróið yfirborð hverfur, þ.e. land grær upp og lokast. Í hluta reita út til hægri er þekja lúpínu lítil eða engin. Hér er um að ræða land sem lúpína hefur hörfað af eða henni verið eytt. Flestir skipa þessir reitir sér neðarlega á 2. ási (6. mynd).

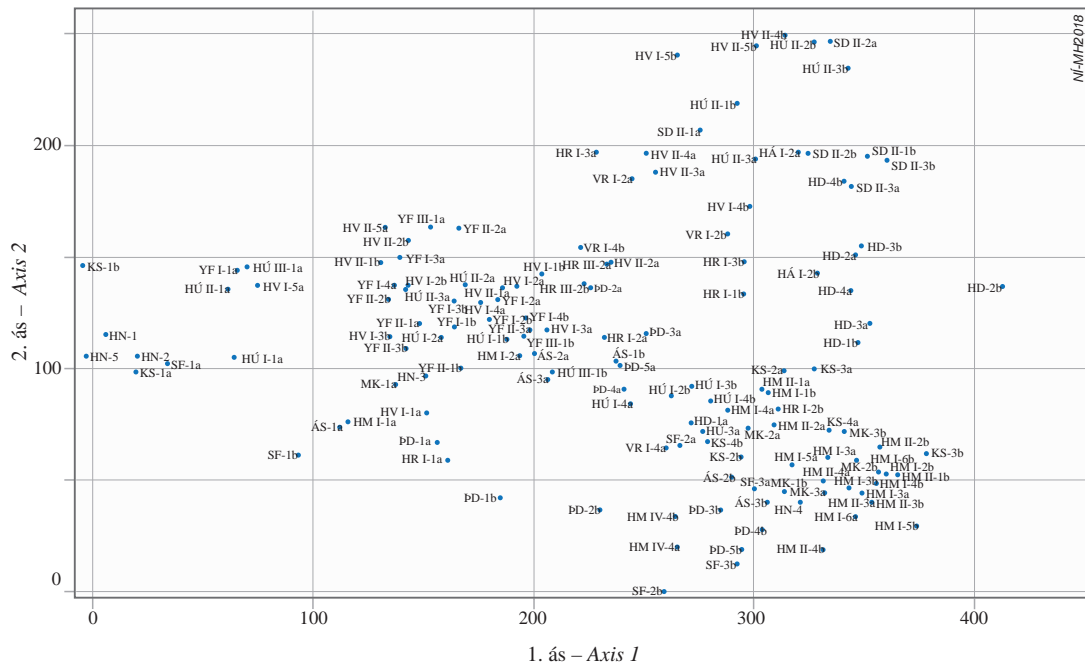
Nú þegar liggur fyrir hvaða meginþættir eru í þeirri mynd sem hnitunin og flokkunin dregur fram er upplýsandi að staðfæra einstaka reiti (7. mynd). Yst til vinstri skipa sér viðmiðunarreitir utan lúpínubreiða í Öræfasveit, þ.e. frá Kvískerjum, Svínafelli og Hofsnosi, þá koma viðmiðunarreitir frá Norðausturlandi, frá Ytrafjalli, Húsavík og Hveravöllum. Yst til hægri eru hins vegar gamlir lúpínureitir frá Heiðmörk, Múlakoti, Kvískerjum, Haukadal, Skorradal, Hálsmelum og Húsavík. Neðst í hnitarmíninu eru reitir frá Svínafelli, Heiðmörk og Þjórsárdal en þeir eru á landi þar sem lúpína hefur hörfað eða henni verið eytt. Efst eru hins vegar gamlir lúpínureitir frá Hveravöllum, Húsavík og Skorradal þar sem þekja lúpínu er enn mikil. Um miðja mynd eru síðan reitir frá öðru viðmiðunarlandi eða landi þar sem framvinda lúpínu er á millistigum.



5. mynd. Tengsl umhverfisþátta og gróðurbreyta við hnitunarniðurstöður reita. Skipan reita er hin sama og kemur fram á 3. mynd. Stefna örva gefur til kynna í hvaða átt meginbreyting í viðkomandi umhverfisþætti eða gróðurbreytu verður en lengd þeirra hve sterk tengslin eru. Umhverfisþættir eru merktir með rauðum örvm en gróðurþættir með grænum. Þ = þekja, j = jarðvegur. – Figure 5. Association, direction and strength of environmental and vegetation variables with plot ordination. Environmental variables are red, vegetation green. Þ = cover, j = soil, lúp = lupin, aldur = age, hæð = height, HYS = heigt above sea level, ógr = bare ground, úrkoma = mean annual precipitation, hiti = mean annual temperature, grös = grasses, tvíkíblj = forbs, elfting = horsetails, birki = birch, viðir = willow, smárunnar = dwarf shrubs, fjöldi æðpl = species richness of vascular plants, fjölb. æðpl = Shannon's species diversity, mosar = mosses.



6. mynd. Breytileiki í þekju lúpínu (a) og ógróins yfirborðs (b) milli reita. Skipan reita er samkvæmt niðurstöðum hnitunar og sú sama og kemur fram á 4. mynd. Þekja eykst með stærð hringis, minnstu hringir tákna að þekja er engin en stærstu hringir $\geq 88\%$ þekju. – Figure 6. Variation in lupin cover (a) and bare ground (b) between plots. Postition of plots is according to the orination results and the same as shown on figure 4. Size of circle reflects increasing cover, dot no cover, largest circles $\geq 88\%$ cover.



7. mynd. Merking einstakra reita á hniturnarmynd, ÁS = Ássandur, HD = Haukadalur, HÁ = Hálsmelar, HM = Heiðmörk, HN = Hofsnæs, HR = Hrísey, HÚ = Húsavík, HV = Hveravellir, KS = Kvísker, MK = Múlakot, SD = Skorradalur, SF = Svínafell, VR = Vaðlareitur, YF = Ytrafjall, ÞD = Þjórsárdalur, a og b fyrri og seinni mæling sömu reita. Hækkandi númer gefa til kynna staðsetningu reita á sniði, nr. 1 var í fyrri mælingu viðmiðunarreitir utan breiðu, hækkandi númer eru inn eftir breiðu. Reitir við Hofsnæs (HN) voru aðeins mældir 2011. – Figure 7. Plot labelling on ordination graph. Sites, transects and plots are labelled, a and b first and second sampling of same plots. The Hofsnæs site (HN) was only sampled in 2011. Numbers indicate plot position in lupin patches, no. 1 was originally a reference plot outside a lupin patch, higher numbers are within patches.

4.3 Einstakir staðir og breytingar milli ára

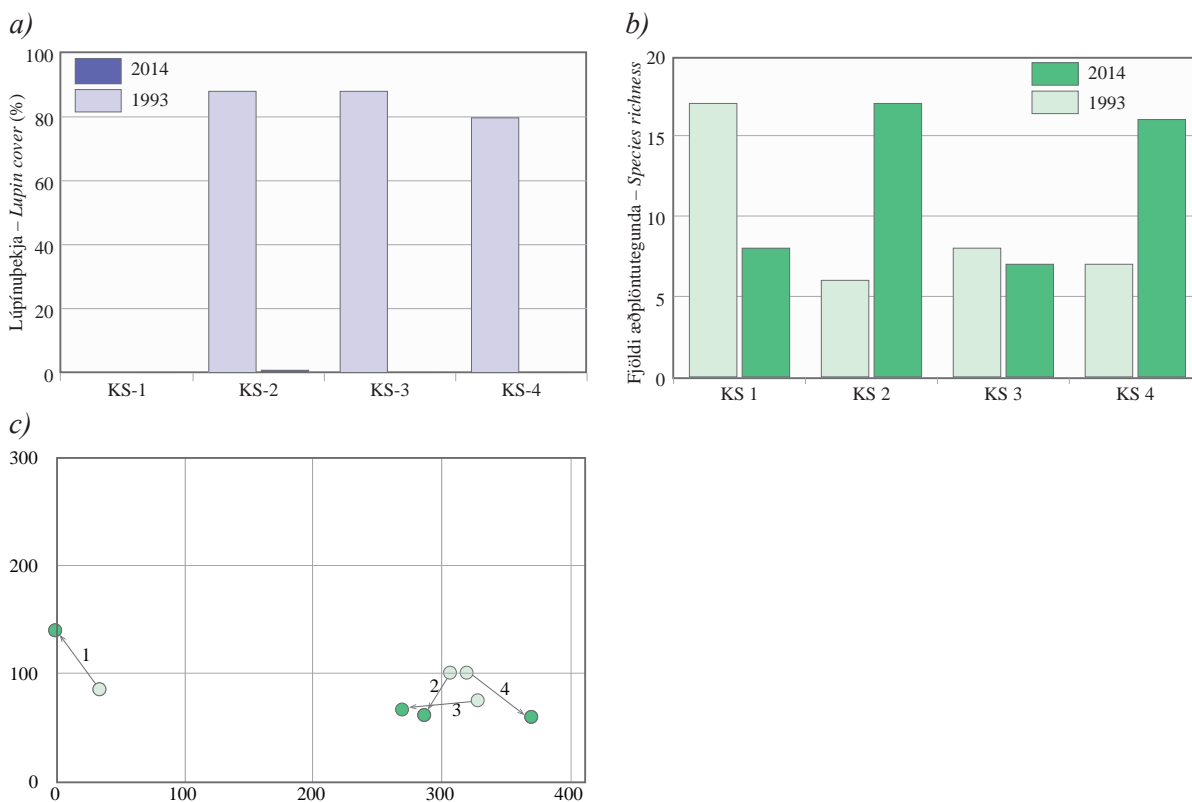
Hér verður gerð grein fyrir hverjum mælistað stað fyrir sig og hvaða breytingar hafa orðið á gróðri á um það bil tveimur áratugum, sem liðu milli fyrri og seinni mælinga. Byrjað verður á að rifja upp fyrri samantekt um staðina (Borgþór Magnússon o.fl. 2001).

4.3.1 Kvísker í Öræfum – lúpína frá um 1956

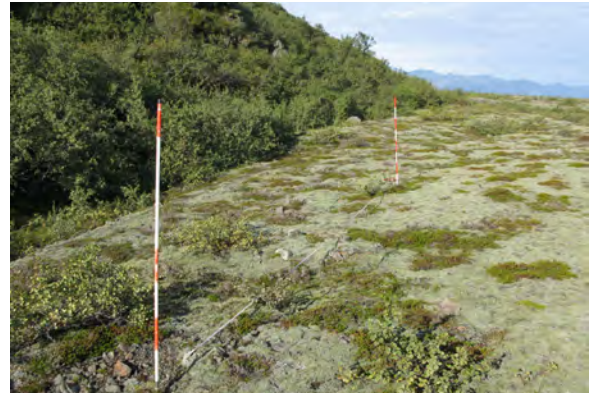
Á Kvískerjum var viðmiðunarreitir í mosaheiði (KS-1) sem var tæplega 80% gróin árið 1993. Reiturinn var á beitilandi utan girðingar. Ríkjandi tegund var hraungambri en aðrar tegundir voru strjálur og náðu ekki umtalsverðri þekju. Af einstökum æðplöntum var mest um týtulíngresi, blávingul, axhæru, krækilyng, bláberjalyng og birki. Inni í lúpínubreiðunni var gróður allt annar. Þar var lúpína ríkjandi með fulla þekju en aðrar áberandi æðplöntur voru geithvönn og vallarsveifgras. Nokkuð var einnig um blásveifgras, blágresi og túnfífil. Mosalag var þétt í sverði inni í breiðunni og var engjakraut (*Rhizidiadelphus squarrosus*) þar ríkjandi. Á þessum tíma voru liðin um 35 ár frá því land var girt af og uppgræðsla með lúpínu var hafin á undir Arnarbæli (1. viðauki).

Árið 2014 hafði mikil breyting orðið á vegna þess eyðing lúpínu með slætti og illgresiseyðinum Round-up hafði staðið þar yfir í um 20 ár og var hún að mestu horfin af mælistaðnum.

Viðmiðunarlandið utan girðingar var þó enn óhreyft og þar hafði lúpína aldrei farið yfir. Þar höfðu hins vegar einnig orðið allmiklar breytingar. Land hafði gróið upp og myndast nær samfelld mosapamba af hraungambra. Í mosapembunni höfðu lyngtegundirnar krækilyng, beitilyng og bláberjalyng aukið mjög þekju sína og voru ríkjandi af æðplöntum, sem hafði hins vegar fækkað um nær helming (8.–9. mynd). Niðurstaða hnitunar sýnir að reiturinn tekur nokkuð öndverða stefnu við þá sem ríkir við lúpínuframvindu á svæðinu (8. mynd). Í hinum reitunum þremur (KS-2, KS-3 og KS-4), þar sem lúpínu hafði verið eytt, var mosinn engjaskraut ríkjandi og þakti yfirborð að mestu. Þekja grasa var gisnari en áður, sveifgrös horfin, en blómrikt graslendi enn til staðar (9. mynd). Þekjumestar tegunda voru geithvönn, hálíngresi, bugðupuntur, túnfífill og skarífífill. Vottur af lúpínu fannst í einum reit. Þessir reitir voru á hnitunarmynd allir staðsettir langt til hægri sem sýnir að miklar breytingar höfðu orðið við lúpínuframvindu á Kvískerjum þegar árið 1993 (8. mynd). Árið 2014 er gróður í reitunum líkur og áður og þeir skipast enn í sama mengi og samkvæmt niðurstöðum flokkunar og hnitunar og (3.–4. mynd). Tilfærsla reitanna er niður á 2. ási hnitunar sem sýnir hnignun lúpínu í reitunum.



8. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á gömlum áraur á Kvískerjum 1993 og 2014. Örvar á hnitunarmynd tengja sömu reiti og gefa til kynna stærð og stefnu gróðurbreytinga frá fyrri til seinni mælingar. Um 1995 var hafin eyðing lúpínu á mælisvæðinu Kvískerjum með slætti og Round-up-illgresiseyði sem til 2013. – *Figure 8. Lupin cover, species richness of vascular plants, and position on ordination graph of plots sampled on an old, glacial river bed at Kvísker, southeastern Iceland in 1993 and 2014. On ordination graph, arrows connect the same plots and indicate relative degree and direction of vegetation change from first to second sampling. The Kvísker site was cut and sprayed with herbicides from about 1995 to eradicate the lupin. First plot is on control land others within parts of lupin patches, increasing in age.*

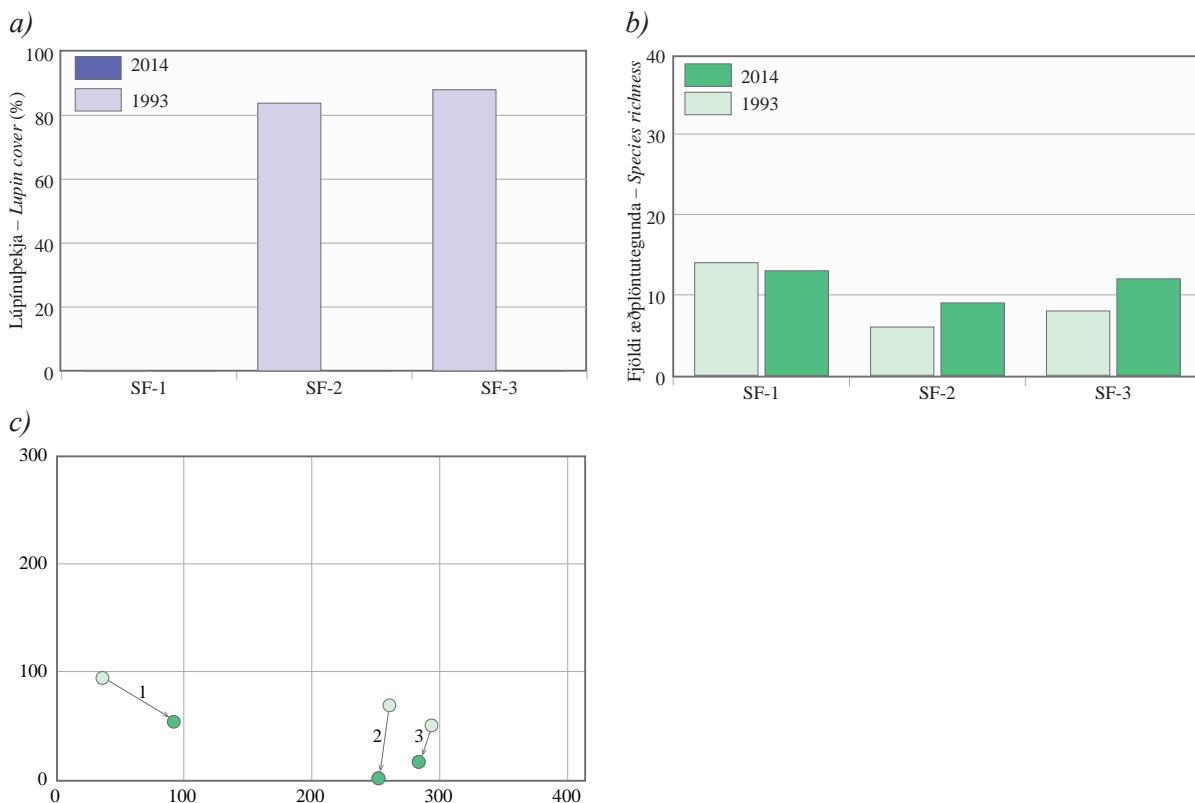


9. mynd. Ljósmyndir af reitum á gömlum áraur á Kvískerjum 1993 (t.v.) og 2014 (t.h.). Talið að ofan KS-1, KS-2, KS-3 og KS-4. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 9. Photos of plots on an old glacial river bed at Kvísker, southeastern Iceland in 1993 (left) and 2014 (right). From above KS-1, KS-2, KS-3 and KS-4.*

4.3.2 Svínafell í Öræfum – lúpína frá 1972

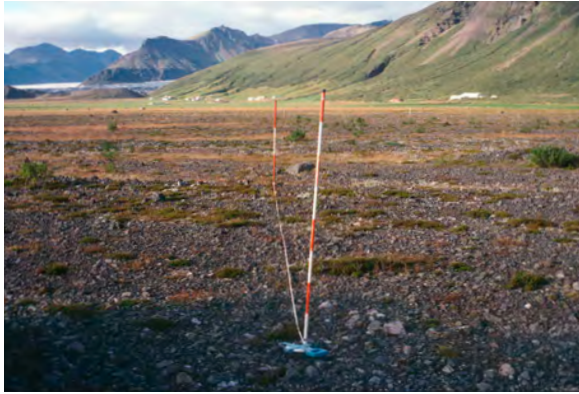
Í Svínafelli voru aðstæður mjög líkar og á Kvískerjum, lúpína hafði verið sett í grófan, lítt gróinn áraur, en um 15 árum seinna. Árið 1993 var viðmiðunarreitur utan við lúpínubreiðuna á landi með krækilyngi og hraungambra sem ríkjandi tegundir, en af öðrum æðplöntum var einnig um nokkuð blóðberg. Heildargróðurþekja var um 25%. Inni í breiðunni höfðu gróðurbreytingar ekki gengið eins langt og á Kvískerjum. Í Svínafelli var lúpína ríkjandi í gróðri og með fulla þekju (10. mynd) en af æðplöntum var mest um blásveifgras, gulmöðru, vallarsveifgras og túnvingul undir henni. Mosalag var mjög þétt og engjaskraut þar ríkjandi.

Árið 2014 var lúpína horfin af svæðinu vegna mikillar sauðfjárbeitar sem hófst þar aftur 1999 er girðing var tekin niður (10.–11. mynd). Þá hafði lúpína breiðst um alla girðinguna. Þegar farið var um svæðið 2014 fundust aðeins örfáar kímplöntur lúpínu sem komið höfðu upp af fræforða en engar eldri plöntur sáust. Í viðmiðunarreit (SF-1) hafði gróður breyst af völdum lúpínu. Þar hafði land gróið en fjöldi æðplöntutegunda var áþekkur og fyrr. Ríkjandi í reitnum var tildurmosi með yfir 60% þekju en af æðplöntum var mest af krækilyngi, blóðbergi, beitilyngi, túnvingli og gulmöðru. Lýsa má landinu sem mosaríkri lyngheiði. Í reitunum tveimur þar sem lúpínan hafði verið lengur í landi (SF-2 og SF-3) var gróðurfar talsvert annað. Þar hafði tegundum æðplantna fjölgað frá 1993 og myndast mosaríkt graslandi eftir að lúpínan hvarf. Ríkjandi tegundir þar voru mosarnir engjaskraut og tildurmosi en af æðplöntum túnvingull, blávingull, vallarsveifgras og hálíngresi. Lyngtegundir voru þar engar. Hnitunarniðurstöður draga þessar breytingar vel fram. Þær sýna að árið 1993 var viðmiðunarland í Svínafelli líkt og á Kvískerjum. Í Svínafelli



10. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á gömlum áraur í Svínafelli 1993 og 2014. Árið 1999 var girðing utan um lúpínusvæðið fjarlægð og tekið að beita sauðfé á lúpínuna. Lét hún undan á nokkrum árum. – Figure 10. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled on an old glacial river bed at Svínafell, southeastern Iceland in 1993 and 2014. The lupin area was opened for sheep grazing in 1999 which lead to a removal of the lupin in a few years.

breiðist lúpína inn á viðmiðunarland og verður þar gróðurframvinda í lúpínuátt en hún nær þó hvergi nærri þeirri sem var orðin í eldri reitunum 1993 þar sem myndast hafði lúpínugraslendi. Við sauðfjárbeitina hverfur lúpína en graslendi viðhelst á eldra landinu. Reitirnir hliðrast niður eftir 2. hnitunarási (10.–11. mynd).

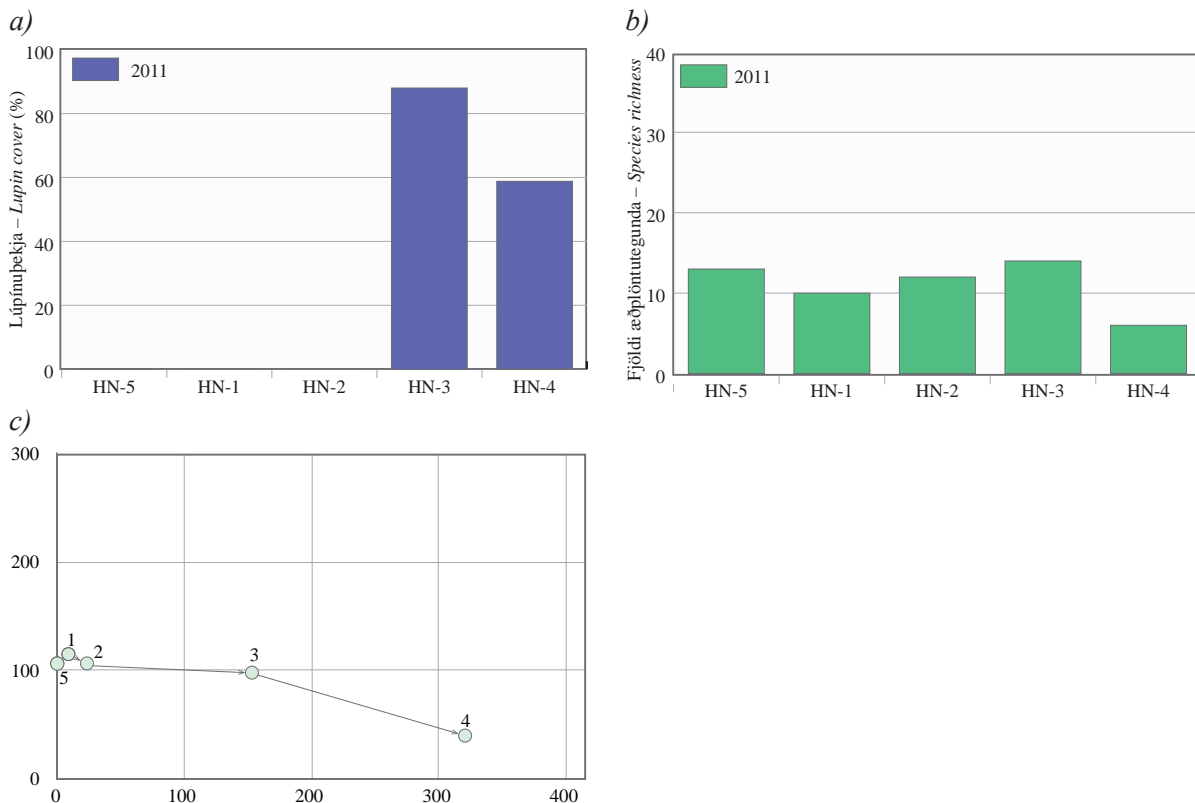


11. mynd. Ljósmyndir af reitum á gömlum áraur í Svínafelli 1993 (t.v.) og 2014 (t.h.). Talið að ofan SF-1, SF-2 og SF-3. Ljósm. Borgþór Magnússon. – *Figure 11. Photos of plots on an old, glacial river bed at Svínafell, southeastern Iceland in 1993 (left) and 2014 (right). From above SF-1, SF-2 and SF-3.*

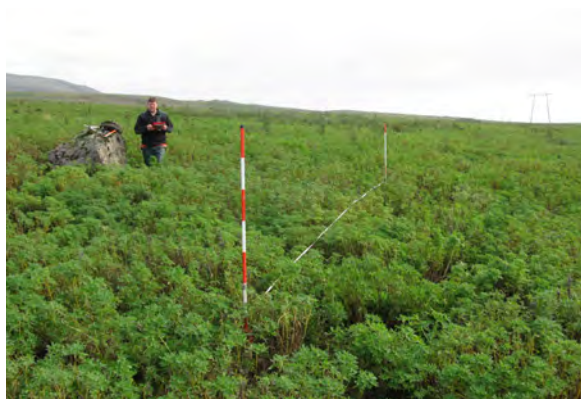
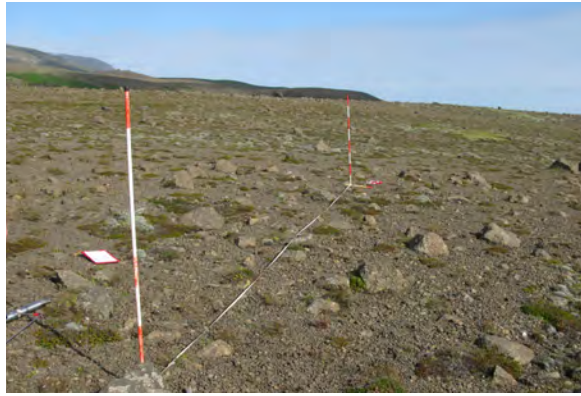
4.3.3 Hofsnæs í Öræfum – lúpína frá 1994

Reitir í Hofsnæsi voru settir niður 2011. Þrír reitanna eru í viðmiðunarlandi, HN-5 í mosapembu innan landgræðslugirðingar, HN-1 á mel utan girðingar þar sem sauðfé gengur, en HN-2 á lítt grónum mel innan girðingar og er á sambærilegu landi og HN-3 og HN-4 sem var komið undir um 5 og 15 ára gamla lúpínu árið 2011 (12.–13. mynd). Í reit HN-3 var lúpína með fulla þekju en hún var tekin að gisna í HN-4. Fjöldi æðplöntutegunda var áþekkur í flestum reitanna, nema þar sem lúpínan var elst (HN-4), þar var hann minnstur. Tegundasamsetning var áþekkt í viðmiðunareitunum en af æðplöntum var mest af krækilyngi, beitleyngi, blóðbergi, týtulíngresi, blávingli og móasefi. Hraungambri var ríkjandi af mosum og myndaði samfellda þembu í HN-5. Í lúpínureitunum, einkanlega þeim eldri (HN-4), voru túnvingull og vallarsveifgras ríkjandi með lúpínunni og mosinn engjaskraut í sverði. Lyngtegundir og hraungambri voru horfin.

Samkvæmt hnitun eru niðurstöður frá Hofsnæsi líkar þeim frá Kvískerjum og Svínafelli, þ.e. við lúpínuframvindu færast reitir til hægri út eftir 1. ási og sveigja niður eftir 2. ási þar sem reitir með lúpínugraslendi skipa sér (12. mynd).



12. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á melasvæði í Hofsnæsi 2011. Örvar á hnitunarmynd gefa til kynna stærð og stefnu gróðurbreytinga frá melum til elstu lúpínu á svæðinu. – Figure 12. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled on old, eroded barrens at Hofsnæs, southeastern Iceland in 2011. Arrows indicate degree and direction of vegetation change from barrens to oldest lupin at site. Plots 1, 2 and 5 are control plots outside lupin.



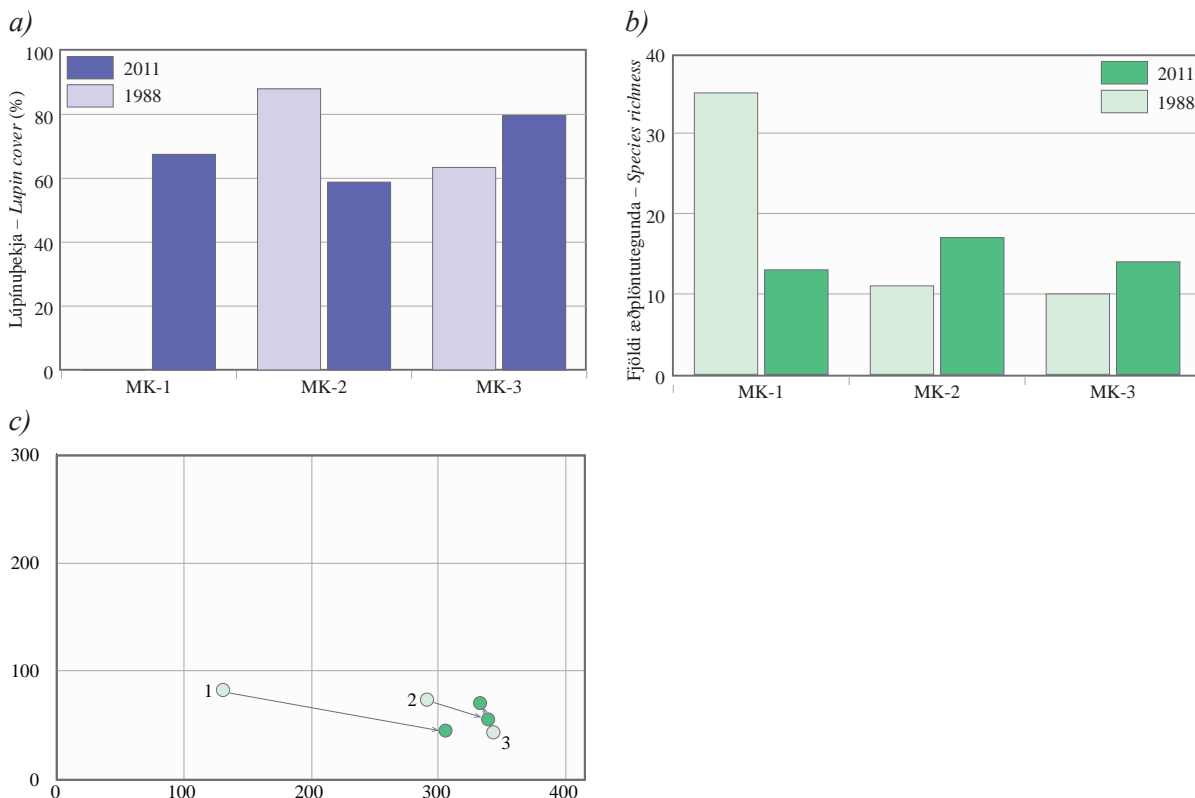
13. mynd. Ljósmyndir af reitum á melasvæði í Hofsnesei 2011. HN-2 og HN-5 að ofan og HN-3 og HN-4 að neðan. Reitirnir voru settir upp 2011. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 13. Photos of plots on old, eroded barrens at Hofsnesei in southeastern Iceland in 2011. HN-2 and HN-5 above, HN-3 and HN-4 below. The plots were established in 2011.*

4.3.4 Múlakot í Fljótshlíð – lúpína frá 1946

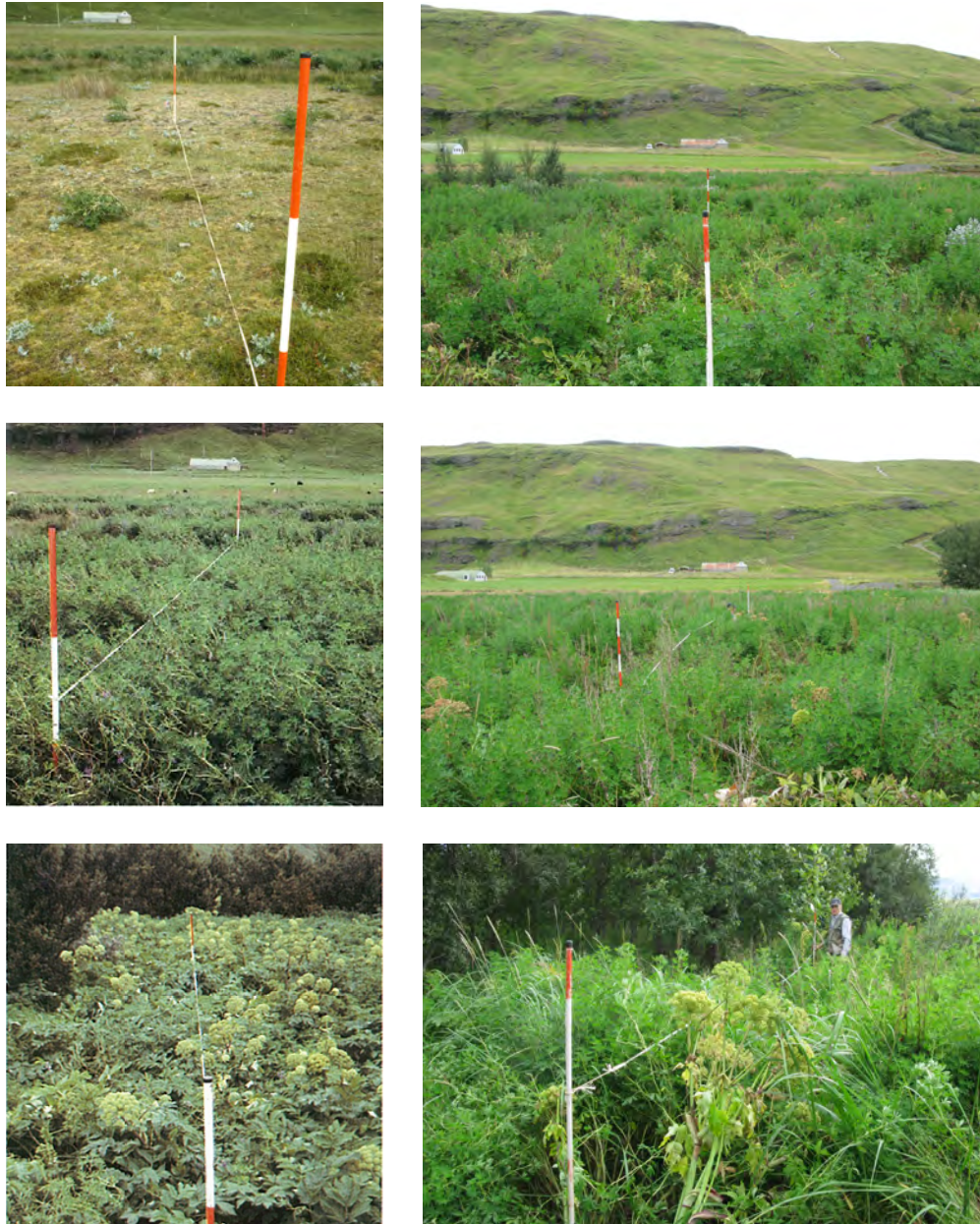
Lúpínusvæðið í Múlakoti er á Þveráráurum, ármölin er fremur fíngerð og jarðvatnsstaða há. Við fyrri mælingar árið 1988 var land gróið upp bæði innan skógræktargirðingar og utan hennar, þar sem sauðfé var á beit. Viðmiðunarreitur var utan girðingar í algróinni, rækri og tegundaríkri mosaheiði með verulegri þekju af runnum og blómjurtum. Ríkjandi tegund þar var mosinn melagambri en af æðplöntum var mest um krækilyng, loðvíði, kornsúru og klóelftingu. Í lúpínubreiðunni innan girðingar höfðu orðið miklar gróðurbreytingar og þróun í svipaða átt og á Kvískerjum (14. mynd). Í elsta hluta breiðunnar var lúpína með mikla þekju og ríkti í gróðri ásamt ætihvönn, en aðrar helstu æðplöntur þar voru vallarsveifgras, túnsúra, blásveifgras og njóli (15. mynd). Mosalag var þar þétt og mest þar um engjaskraut og lokkmosa.

Árið 2011 hafði lúpína breiðst yfir viðmiðunarland og þar hafði tegundum æðplantna fækkað um meira en helming (14. mynd). Innan girðingar var lúpína enn ríkjandi en hafði sums staðar gisnað. Tegundum æðplantna hafði hins vegar fjölgað nokkuð. Innan um lúpínuna var mest af ætihvönn, snarrót, dúnmel (*Leymus mollis*), vallarsveifgrasi, túnvingli, hundasúru, hálíngresi og njóla. Mosinn engjaskraut var ríkjandi í svarðlagi.

Niðurstöður hnitunar sýna skýrt þróunina í Múlakoti. Þar var mikill munur á viðmiðunarreit og lúpínureitum árið 1988 en árið 2014 hafði hann að mestu jafnast út (14. mynd). Það vekur athygli að fremur litlar breytingar höfðu orðið þar sem lúpínan var elst og hún ríkti enn í gróðri eftir meira en hálfa öld. Framvindan í Múlakoti er lík þeirri sem varð fyrstu áratuginna á Kvískerjum og í Svínafelli, þ.e. fram að því að lúpínu var eytt. Á þessum svæðum eru aðstæður líkar, áraurar, úrkomusamt og hlýtt.



14. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á gömlum áraur í Múlakoti 1988 og 2011. – Figure 14. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled on an old, glacial river bed at Múlakot, southern Iceland in 1988 and 2011.



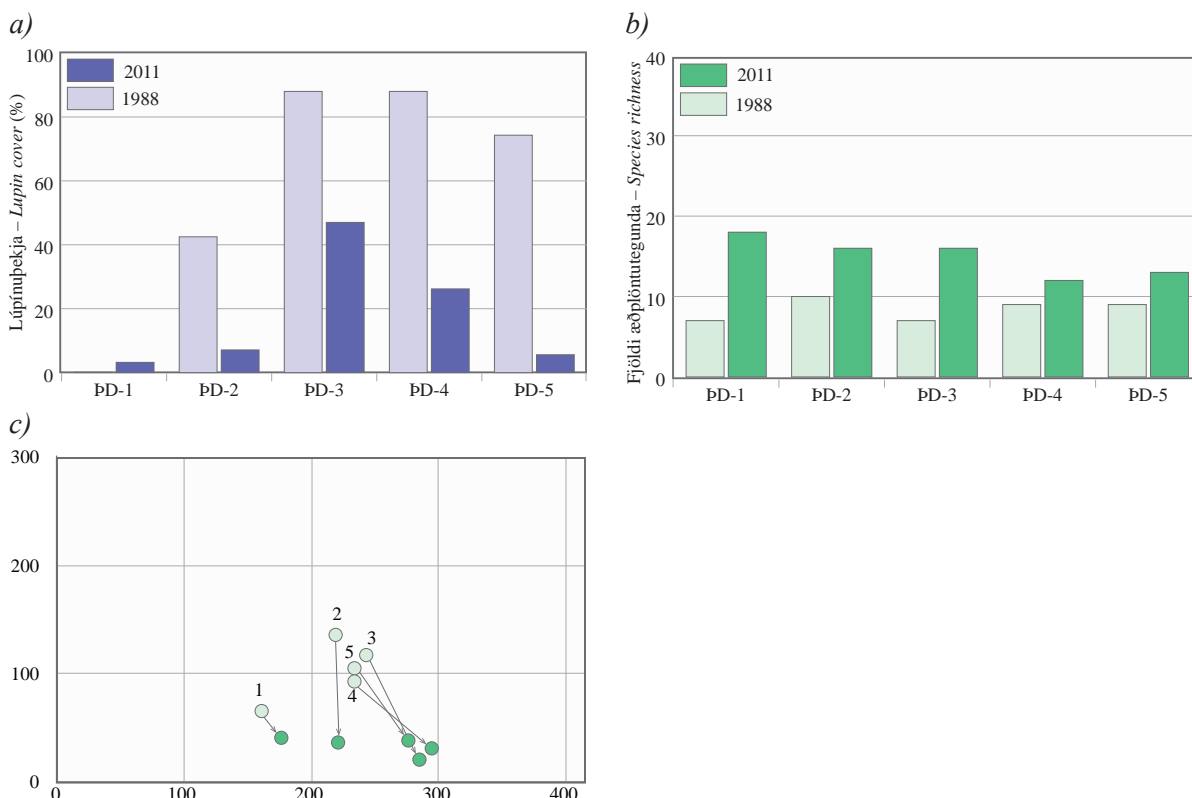
15. mynd. Ljósmyndir af reitum á gömlum áraur í Múlakoti 1988 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan MK-1, MK-2 og MK-3. Ljósm. Borgþór Magnússon. – *Figure 15. Photos of plots on an old, glacial river bed at Múlakoti in 1988 (left) and 2011 (right). From above MK-1, MK-2 and MK-3.*

4.3.5 Þjórsárdalur – lúpína frá um 1962

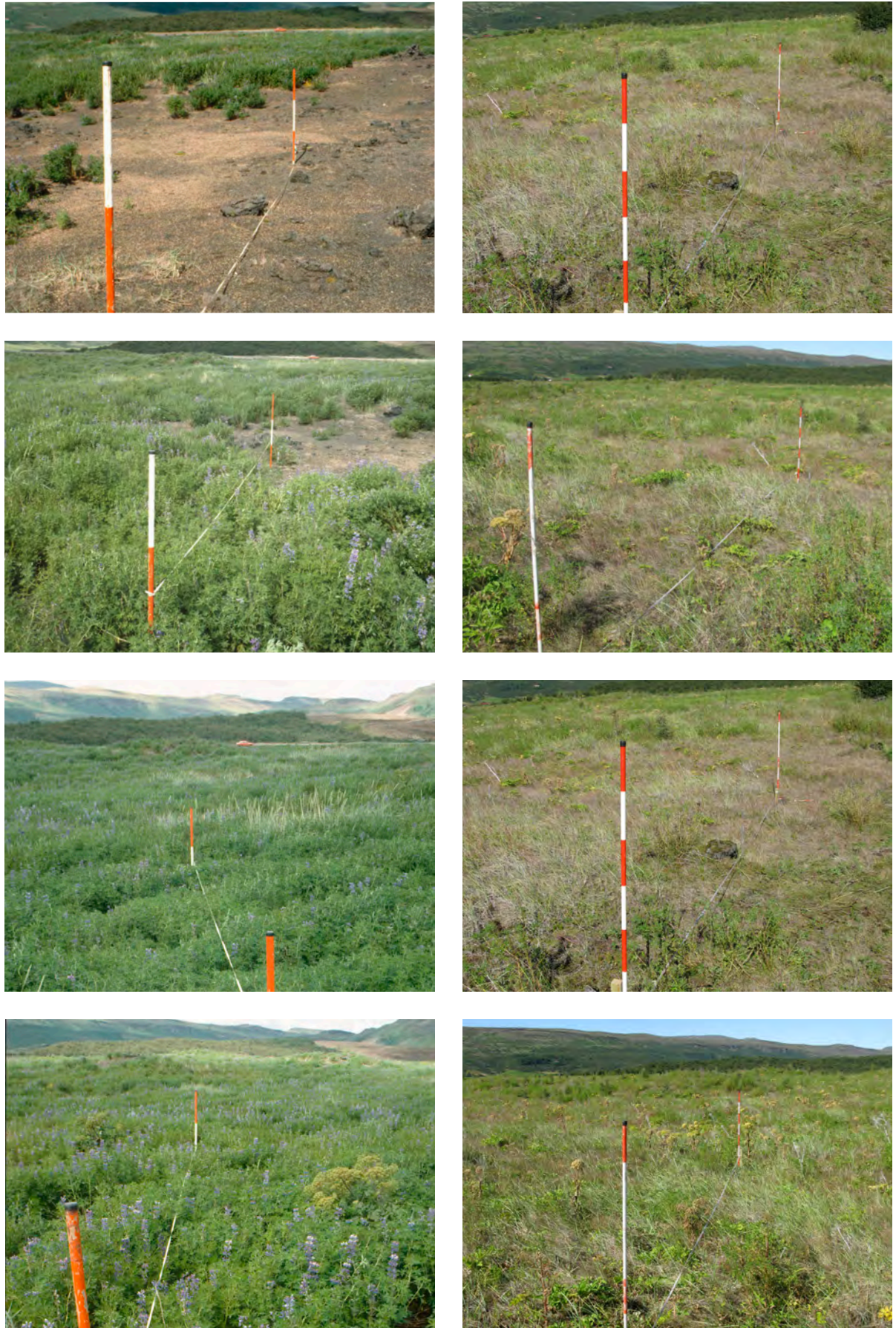
Í Þjórsárdal voru aðstæður allt aðrar en á ofangreinum svæðum sunnanlands. Þar var lúpína, árið 1988, að breiðast út á nánast gróðurlaust, sandorpið hraun, á svæði þar sem mikið áfok var af vikri og sandi. Þar var lítil sem engin mosabekja og aðeins vottur af melategundum eins og túnvingli, melablómi, holurt og blóðbergi. Inni í breiðunni stefndi gróðurþróun hins vegar í svipaða átt og á svæðunum í Múlakoti og Örafum en hafði gengið miklu skemur (16.–17. mynd). Í elsta hluta breiðunnar var lúpína mjög þétt og algjörlega ríkjandi en af öðrum æðplöntum var nokkuð um skriðlíngrasi, blásveifgras og túnvingul. Þétting varð á mosum og voru það einkum tegundirnar melagambri, engjaskraut og hlaðmosi (*Ceratodon purpureus*).

Árið 2011 hafði orðið mikil breyting í Þjórsárdal. Lúpína var enn til staðar og hafði breiðst yfir viðmiðunarland en þekja hennar hafði minnkað mikið í öllum reitum og náði hvergi 50%. Í elsta hluta breiðunnar var hún komin niður í um 5%. Tegundum æðplantna hafði fjölgað til muna í lúpínunni (16. mynd). Ríkjandi tegundir æðplantna þar sem lúpínan var elst (ÞD-3, ÞD-4 og ÞD-5) voru ætihvönn, vallarsveifgras, túnvingull, blásveifgras, melgresi og gulmaðra. Í svarðlagi var mest um mosana engjaskraut og mósasigð.

Niðurstöður hnitunar sýna að gróðurframvinda af völdum lúpínu hefur lagst í líkan farveg og í Múlakoti og á svæðunum í Örafum en í Þjórsárdal voru þó eindregnari merki um hnignun lúpínunnar en í Múlakoti og Hofsnasi (17. mynd).



16. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á vikrum í Þjórsárdal 1988 og 2011. – Figure 16. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled on tephros at Þjórsárdalur, southern Iceland in 1988 and 2011.

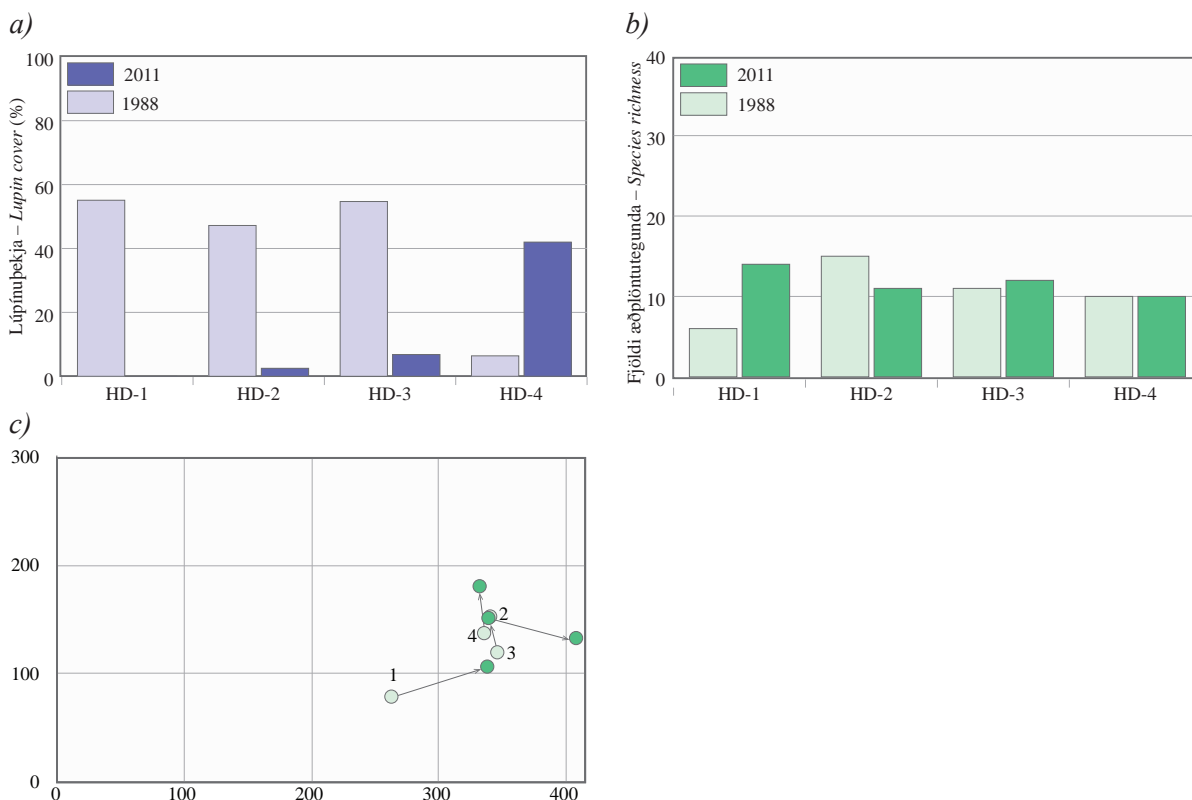


17. mynd. Ljósmyndir af reitum á vikrum í Þjórsárdal 1988 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan ÞD-1, ÞD-2, ÞD-4 og ÞD-5. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 17. Photos of plots on tephra in Þjórsárdalur, southern Iceland in 1988 (left) and 2011 (right). From above ÞD-1, ÞD-2, ÞD-4 and ÞD-5.*

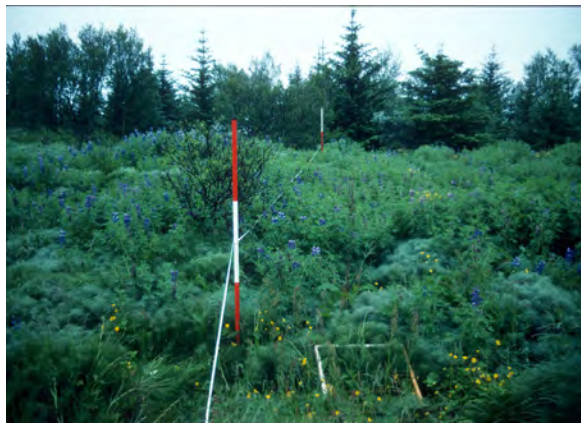
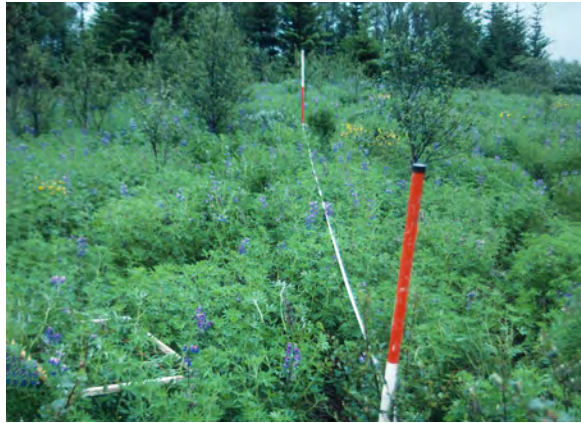
4.3.6 Haukadalur í Biskupstungum – lúpína frá um 1958

Í Haukadal var mælisvæði í flagi í landi sem blásið hafði upp. Þar gætti lítilsháttar jarðhita. Árið 1988 voru allir reitir innan lúpínubreiðunnar sem var athuguð. Þeir voru vel grónir og fremur lítill munur á gróðri þeirra (18.–19. mynd). Í elsta hluta breiðunnar hafði lúpína hörfað að mestu og var vallengting þar ríkjandi. Aðrar helstu tegundir æðplantna í lúpínubreiðunni voru hálíngresi, blásveifgras og túnvingull. Þar var einnig nokkuð um njóla, gulvíði, brennisóley og túnfífil. Allþétt mosalag var í breiðunni og þar var engjaskraut ríkjandi en einnig talsvert af tildurmosa.

Árið 2011 hafði lúpína hörfað að mestu úr flestum reitanna en fremur litlar breytingar urðu á fjölda æðplöntutegunda þegar á heildina er litið (18. mynd). Af æðplöntum var vallengting mjög ríkjandi en aðrar helstu tegundir voru hálíngresi, birki, fjalldalafífill, snarrót, tágamura, fuglaertur, túnfífill, brennisóley og ætihvönn. Ríkjandi mosi í sverði var engjaskraut. Hnitunarniðurstöður sýna ekki umtalsverðar breytingar á gróðri í reitum í Haukadal frá 1988 til 2011 (18. mynd) að öðru leyti en því að lúpína hefur mjög látið undan. Andstætt öðrum svæðum á Suðurlandi ríkti hér elfting en ekki grös í elstu reitunum og skipast því þeir því um eða ofan miðju á 2. hnitunarsí.



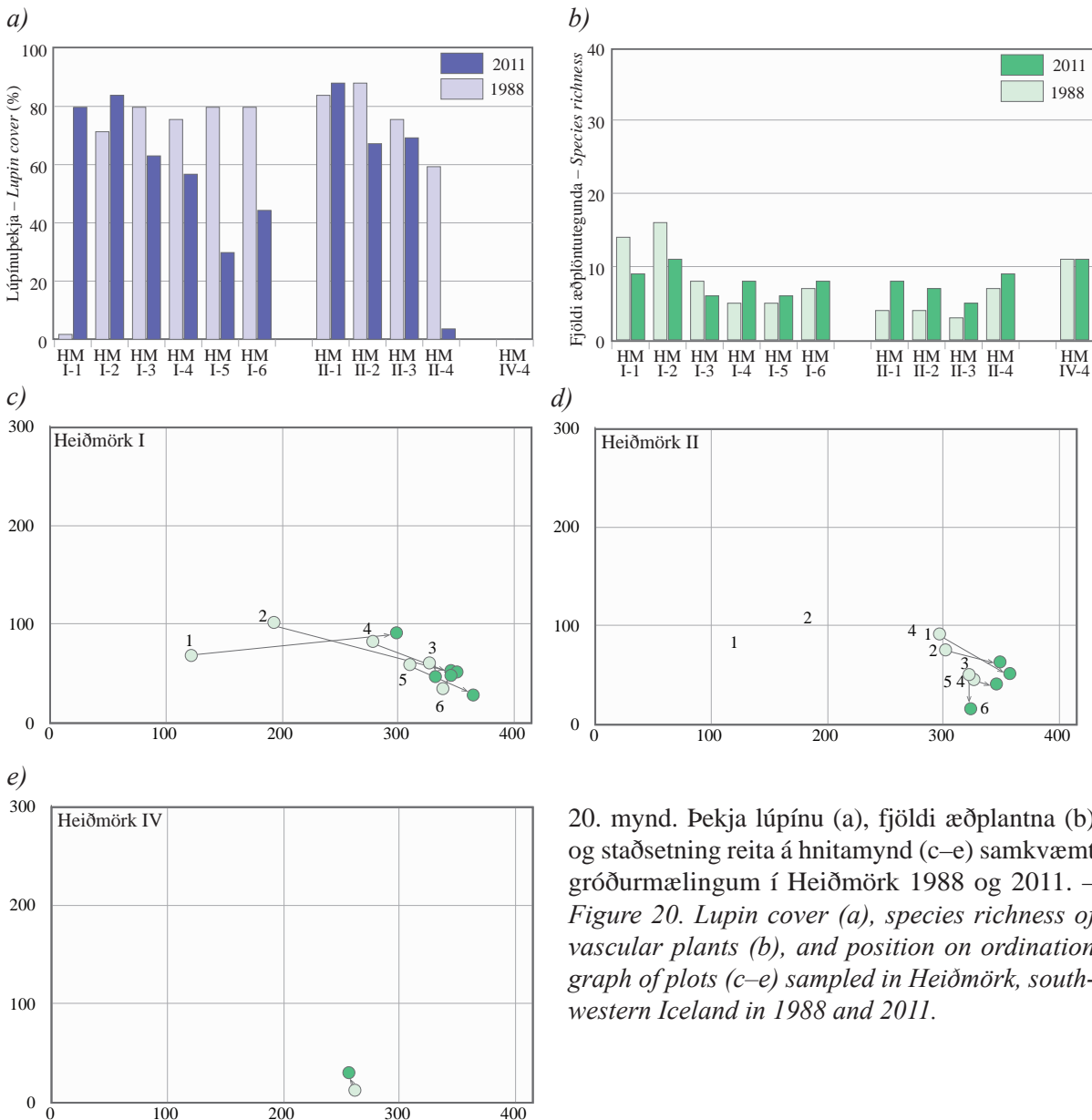
18. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á gömlu rofsvæði í Haukadal 1988 og 2011. – Figure 18. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled on an eroded heathland at Haukadalur, southern Iceland in 1988 and 2011.



19. mynd. Ljósmyndir af reitum á gömlu rofsvæði í Haukadal 1988 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan HD-1, HD-2, HD-3 og HD-4. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 19. Photos of plots on an old, eroded heathland at Haukadalur, southern Iceland in 1988 (left) and 2011 (right). From above HD-1, HD-2, HD-3 and HD-4.*

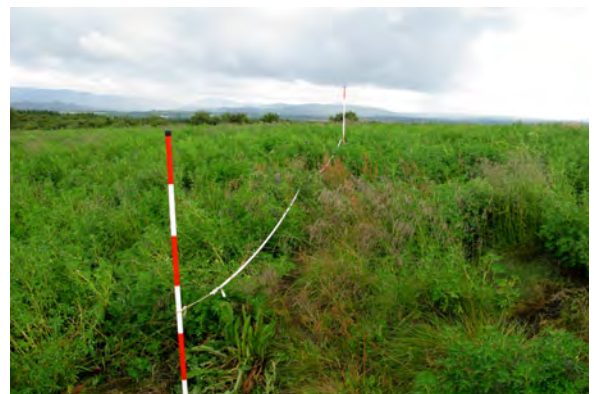
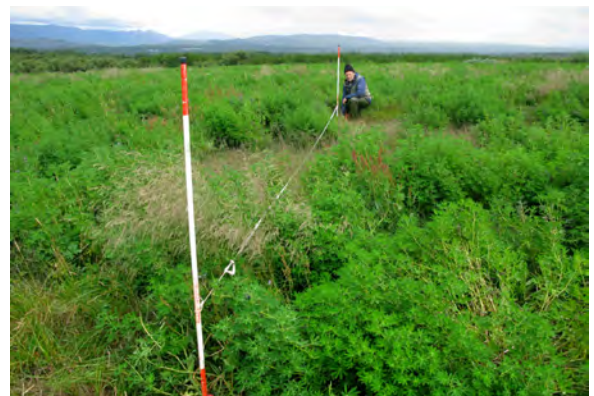
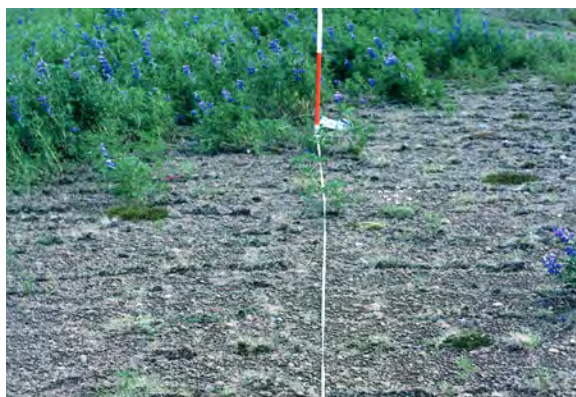
4.3.7 Heiðmörk – lúpína frá um 1958

Í Heiðmörk höfðu árið 1988 orðið miklar gróðurbreytingar í eldri lúpínubreiðum og áþekkar þeim sem urðu á öðrum svæðum á sunnanverðu landinu. Eindregnari merki komu þó fram um hörfun lúpínu í Heiðmörk og þegar árið 1988. Fjögur snið voru upphaflega lögð út þar. Tvö þeirra (HM I og HM III) voru með viðmiðunarreiti úti á melum þar sem gróðurþekja var innan við 10%. Af æðplöntum var þar mest um blóðberg, krækilyng, geldingahnapp, blávingul, túnvingul og týtulíngresi en af mosum var nokkuð um hraungambra og melagambra. Í annarri breiðunni hafði lúpína hopað í elsta hlutanum en í hinni (HM III) var hún enn ríkjandi og með nær fulla þekju. Í báðum breiðunum hafði myndast graslendi þar sem vallarsveifgras var ríkjandi en aðrar helstu tegundir voru blávingull, hálíngresi og vegarfi. Í sverði hafði myndast þétt mosalag þar sem engjaskraut var ríkjandi. Í hinum breiðunum (HM II og HM IV) voru allir reitir í lúpínu eða á landi sem hún hafði hörfað af og var þar minni munur á gróðri. Í þessum breiðum hafði einnig myndast graslendi þar sem vallarsveifgras var ríkjandi. Aðrar tegundir með umtalsverða þekju voru túnvingull, blávingull, týtulíngresi og túnffíll. Í báðum breiðunum var einnig nokkuð um brennisóley og talsvert var af snarrót í annarri þeirra. Þétt mosalag var í sverði og helstu tegundir þar hinar sömu og í hinum breiðunum.

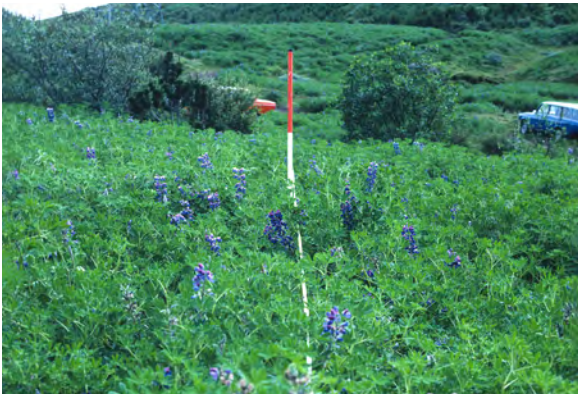
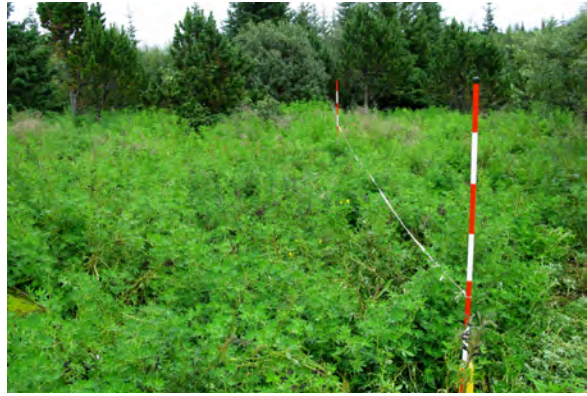
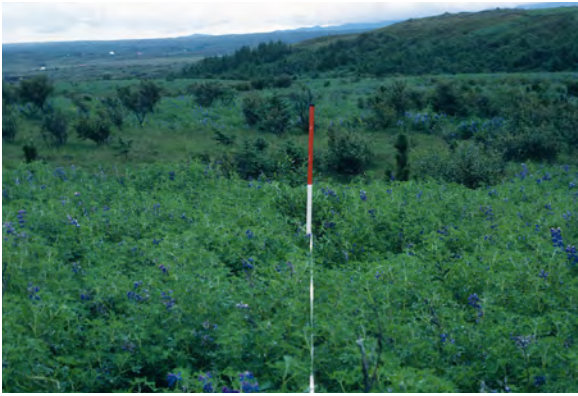


20. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c–e) samkvæmt gróðurmælingum í Heiðmörk 1988 og 2011. – Figure 20. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c–e) sampled in Heiðmörk, south-western Iceland in 1988 and 2011.

Árið 2011 var unnt að endurmæla snið HM I og HM II og einn reit á sniði HM IV (20.–23. mynd). Snið HM I er á Háamel í miðri Heimörk en hin tvö eru við norðurjaðar hennar. Sniðið á Háamel teljum við að spanni breytingar allvel í tíma og rúmi, frá ógrónu landi sem lúpína fer yfir til graslendis þar sem hún er tekin að hörfa af. Ef litið er til niðurstaðna af mælingum 2011 á sniðinu þá sést að lúpína hefur náð fullri þekju í reitum þar sem hún var að nema land 1988 (HM I-1 og HM I-2) en hefur hins vegar gisnað mikið í reitum sem hún hafði þakið á þeim tíma (20. mynd). Í elsta hluta breiðunnar er þekjan komin niður fyrir 50%. Fjöldi æðplöntutegunda í reitum á sniðinu var mestur í melareit og unglúpínureit (HM I-1 og HM I-2) árið 1988 en fór minnkandi eftir því sem nær dró miðju breiðunnar og eldri hluta lúpínunnar (HM I-5 og HM I-6). Mælingarnar 2011 sýna hins vegar fækkun tegunda í yngsta hluta breiðunnar en fjölgun í eldri hlutanum miðað við 1988. Svipaða sögu má lesa úr mælingum á hinni breiðunni (HM II)



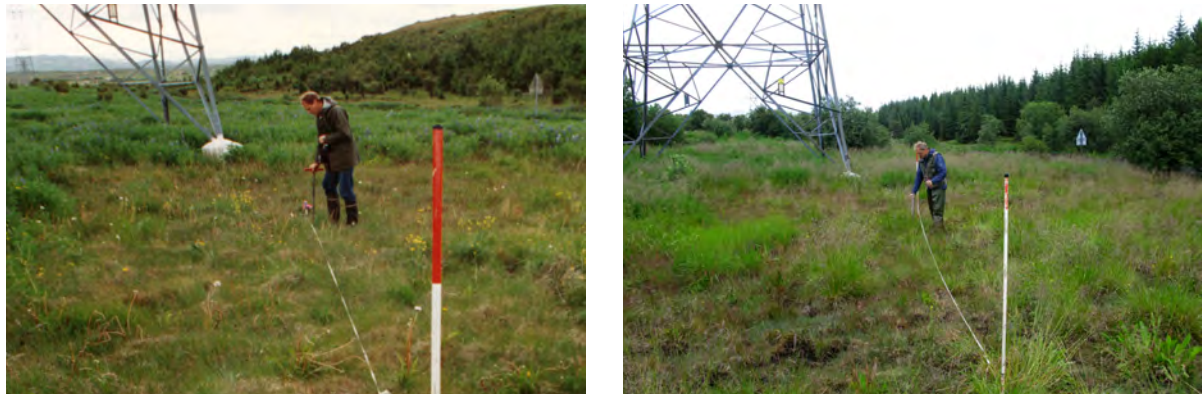
21. mynd. Ljósmyndir af reitum á Háamel í Heimörk 1988 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan HM I-1, HM I-5 og HM I-6. Ljósm. Borgþór Magnússon. – *Figure 21. Photos of plots at site I on old, gravel barrens in Heimörk, southwestern Iceland in 1988 (left) and 2011 (right). From above HM I-1, HM I-5 and HM I-6.*



22. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði HM II á gömlu rofsvæði í Heiðmörk 1988 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan HM II-1, HM II-3 og HM II-4. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 22. Photos of plots at site HM II on old, eroded heathland in Heiðmörk, southwestern Iceland in 1988 (left) and 2011 (right). From above HM II-1, HM II-3 and HM II-4.*

sem var endurmæld 2011. Þar hafði lúpína hins vegar hörfað nær alveg þar sem breiðan var elst. Í reit sem endurmældur var á þriðja sniðinu (HM IV) hafði lúpínan þegar hörfað 1988 og svo var einnig 2011. Á þessum sniðum í Heiðmörk þar sem lúpínan hefur gisnað eða hörfað alveg hefur myndast blómríkt graslandi með miklum mosa í sverði. Ríkjandi eða algengar tegundir í því eru vallarsveifgras, hálíngresi, snarrót, túnvingull, blávingull, túnsúra, vallhæra, túnfífill og gulmaðra. Af mosum er engjaskraut mjög ríkjandi, en aðrar áberandi tegundir móasigð og tildurmosi. Vísbendingar eru um að það dragi úr þekju vallarsveifgrass, sem er köfnunarefnissækið, er lengra líður frá hörfun lúpínunnar, en nægjusamari tegundir eins og blávingull, túnvingull, bugðupunktur og vallhæra aukist í graslandinu sem eftir stendur.

Niðurstöður hnitunar sýna líkar niðurstöður fyrir mælistaðina í Heiðmörk og annarsstaðar á sunnanverðu landinu (20. mynd). Mestar breytingar milli 1988 og 2011 urðu í reitum á Háamel (HM I-1 og HM I-2) þar sem lúpína var að byrja að breiðast inn á árið 1988. Fremur litlar breytingar urðu hins vegar í reitum þar sem grös og blómjurtir voru þá þegar komin í lúpínuna. Þeir sýna litla tilfærslu en þokast niður á við til hægri sem gefur til kynna hnignun lúpínu og að graslandi taki við af henni (20. mynd).



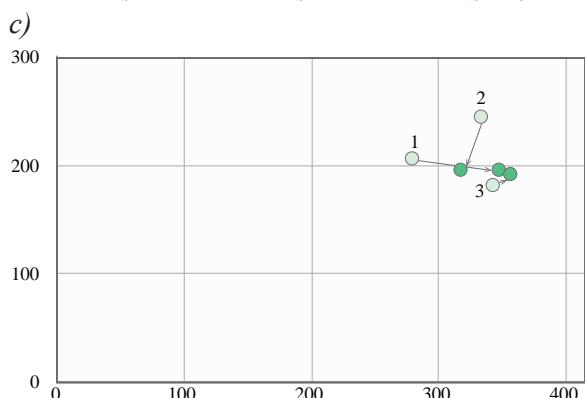
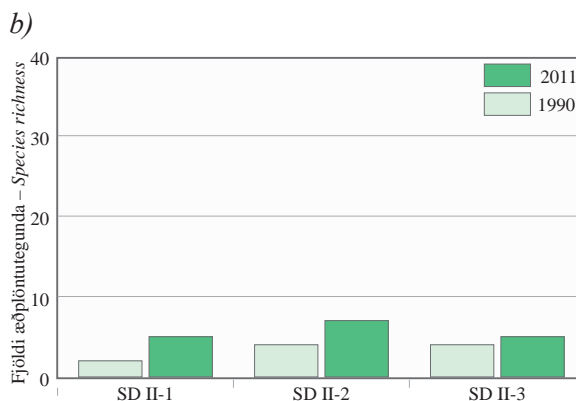
23. mynd. Ljósmynd af reit á mælisvæði HM IV á gömlu rofsvæði í Heiðmörk 1988 (t.v.) og 2011 (t.h.), reitur HM IV—4. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 23. Photo of plot at site HM IV on old, eroded heathland in Heiðmörk, southwestern Iceland in 1988 (left) and 2011 (right), plot HM IV—4.*

4.3.8 Skorradalur – lúpína frá um 1960

Í Skorradal hafði lúpína fyllt skriður og melabletti innan um ræktaðan barrskóg í hlíðinni fyrir ofan Stálpastaði þar sem mælingarnar fóru fram 1988. Tvö snið voru lögð út og mæld. Allir reitir voru innan lúpínubreiða og var fremur lítil munur á gróðri í þeim. Vætuðúnurt² var í öllum reitum og var ríkjandi undir lúpínunni þar sem hún var elst. Af öðrum æðplöntum var mest um vallengingu, brennisóley, túnvingul og blávingul. Gróður var mjög fábreyttur undir lúpínunni. Þéttleiki grasa var miklu minni en á öðrum svæðum á sunnanverðu landinu og einnig var minna um mosa.

Árið 2011 var aðeins annað sniðið í Skorradal mælt (SD II), en það er nálægt því svæði þar sem lúpínu var fyrst plantað á Stálpastöðum. Fremur litlar breytingar urðu í Skorradal frá 1988 til 2011. Athygli vekur að lúpínan hefur viðhaldið mjög mikilli þekju og ekki voru merki um hörfun 2011 (24. mynd). Æðplöntutegundir sem vaxa með lúpínunni voru enn fáar, en hafði þó fjölgað lítilsháttar. Helsta breytingin er sú að vallenging var orðin ríkjandi undir lúpínunni en þar var einnig talsvert af vætuðúnurt og blágresi. Lítið sem ekkert kvað af grösum. Mosi hafði aukist til muna í sverði og var engjaskraut þar yfirgnæfandi.

Hnitunin sýnir að gróður er orðinn einsleitari 2011 en var áður. Reitirnir skipast mun ofar á 2. ási en gamlir lúpínureitir frá öðrum mælistöðum á sunnanverðu landinu að Haukadalsundanteknum. Endurspeglar það mikla þekju lúpínu og vallengingar en lítið var af grösum í gróðri (25. mynd).



24. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á mælisvæði SD II á gömlu rofsvæði í Skorradal 1990 og 2011. – Figure 24. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled at site SD II on old, eroded heathland in Skorradalur, western Iceland in 1990 and 2011. All plots were originally within the lupin patch.

² Var greind sem sigurskúfur (*Chamerion angustifolium*) árið 1998.



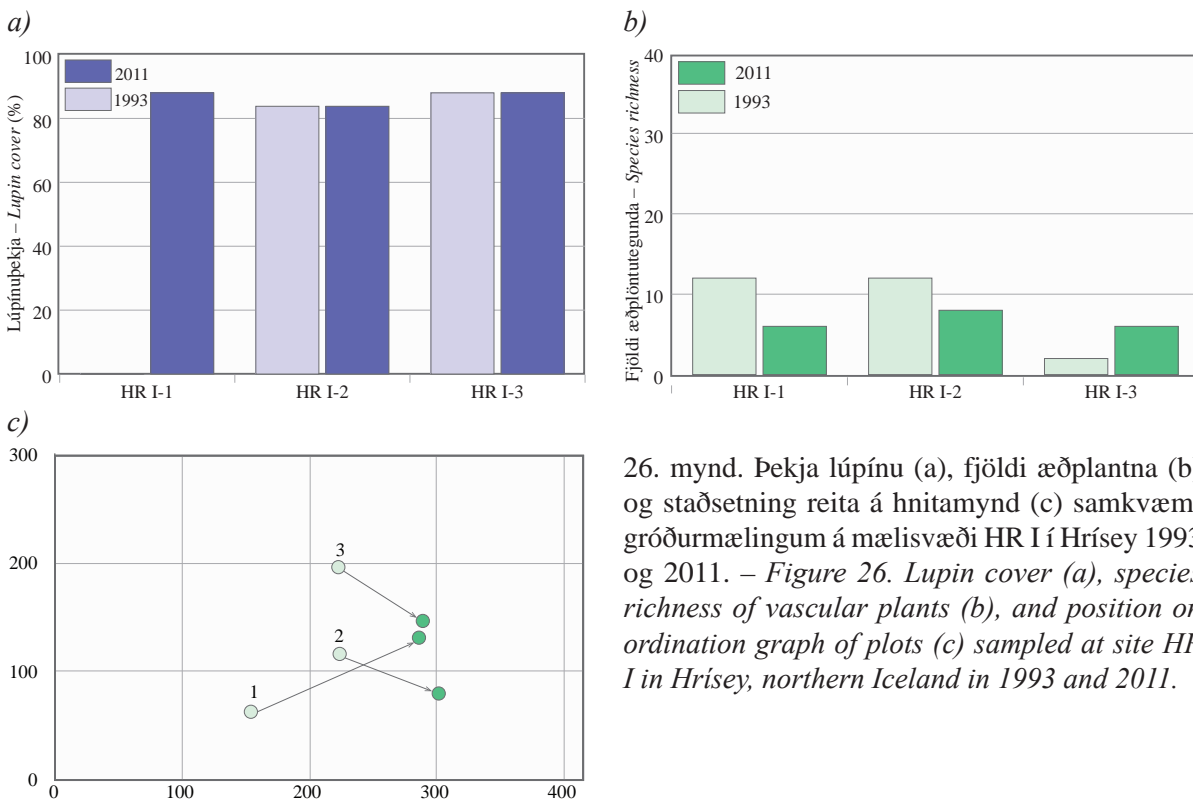
25. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði SD II á gömlu rofsvæði í Skorradal 1990 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan SD II-1, SD II-2 og SD II-3. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 25. Photos of plots at site SD II on old, eroded heathland in Skorradalur, western Iceland in 1990 (left) and 2011 (right). From above SD II-1, SD II-2 and SD II-3.*

4.3.9 Hrísey – lúpína frá 1963

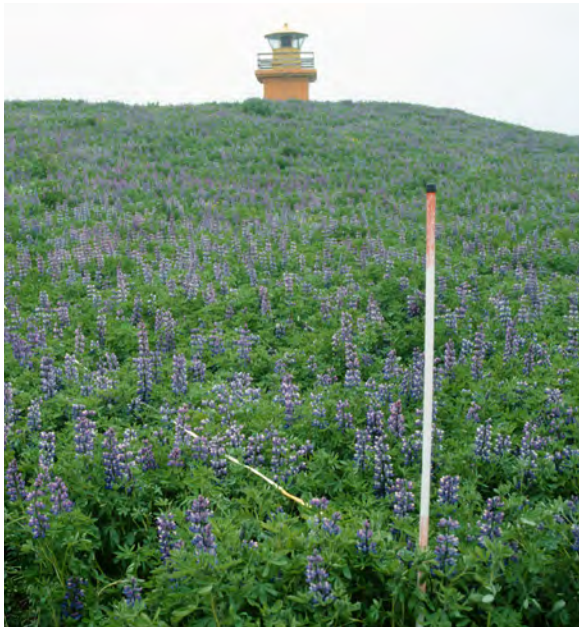
Í Hrísey fóru fram árið 1993 mælingar þar sem lúpína breiddist út á mel annars vegar (HR I) en lyngmóa hins vegar (HR II). Í Hrísey var mikill þróttur í lúpínunni og urðu miklar breytingar á gróðri miðað við það sem gerðist víðast hvar annars staðar á Norðurlandi á þeim tíma. Á melnum utan við breiðuna var gróðurþekja undir 5% en helstu tegundir þar voru túnvingull, blóðberg og blásveifgras. Inni í elsta hluta breiðunnar var lúpína mjög þétt og með fulla þekju. Aðeins ein æðplöntutegund, klóelfting, fannst þar undir lúpínunni. Engir mosar voru í sverði. Mólendið (HR II) sem lúpína var að breiðast út um í Hrísey 1993 var vel gróið. Ríkjandi tegundir þar voru krækilyng og holtasóley. Aðrar helstu tegundir voru blóðberg, kornsúra, bláberjalýng, túnvingull, vallhæra, grasvíðir, vallelfting, móasigð og fjallagrös (*Cetraria islandica*). Í mólendinu óx lúpína vel og varð mjög þétt. Dráputst flestar tegundir undir henni og í elsta hluta breiðunnar voru aðeins vallelfting og klóelfting í botngróðri, en mosar fundust þar ekki.

Árið 2011 var unnt að mæla annað sniðið (HR I) á sambærilegan hátt og fyrr. Þá hafði lúpína breiðst yfir viðmiðunarreit á melnum (HR I-1), náð fullri þekju sem hún hélt einnig í hinum reitunum (26.–27. mynd). Tegundum hafði fækkað í yngri og miðhluta breiðunnar en fjölgað örlítið í elsta hluta hennar. Enn voru tegundir mjög fáar sem uxu með lúpínunni. Aðalfylgitegund var túnfífill en einnig var þar ætihvönn og lítið eitt af blásveifgrasi, vallarsveifgrasi og túnvingli. Elfting var nú engin og ekki mosar sverði.

Hnitun sýnir að talsverð breyting hefur orðið á gróðri í reitum frá 1993 til 2011, þeir færast út eftir framvinduásnum og gróður þeirra er orðinn einsleitari. Á öðrum ási liggja þeir nálægt miðju, en þar skipast reitir sem hafa háa hlutdeild tvíkímblaða jurta, milli gras- og elftingarríkra reita (26. mynd).



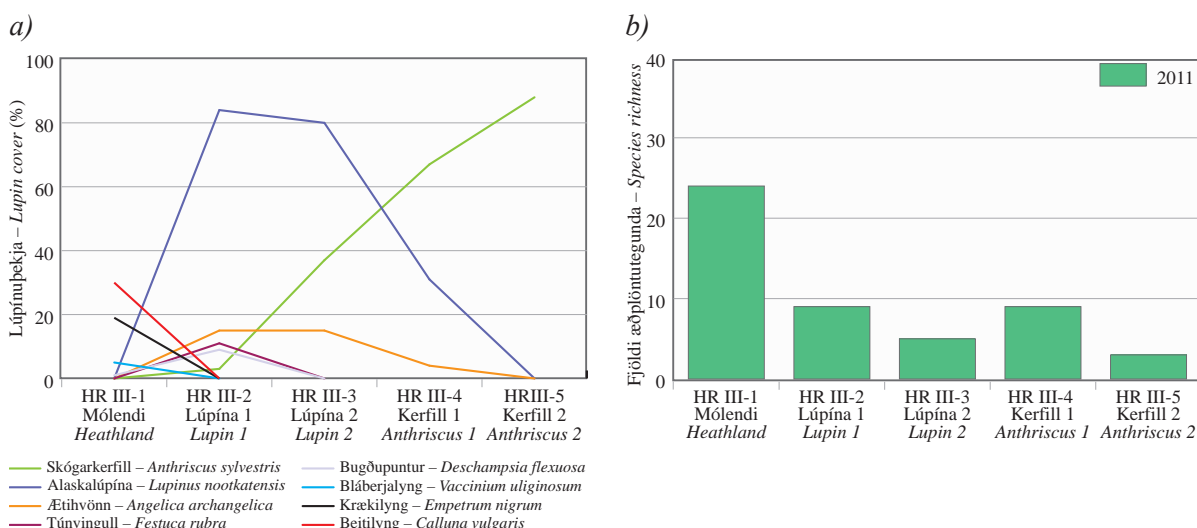
26. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á mælisvæði HR I í Hrísey 1993 og 2011. – Figure 26. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled at site HR I in Hrísey, northern Iceland in 1993 and 2011.



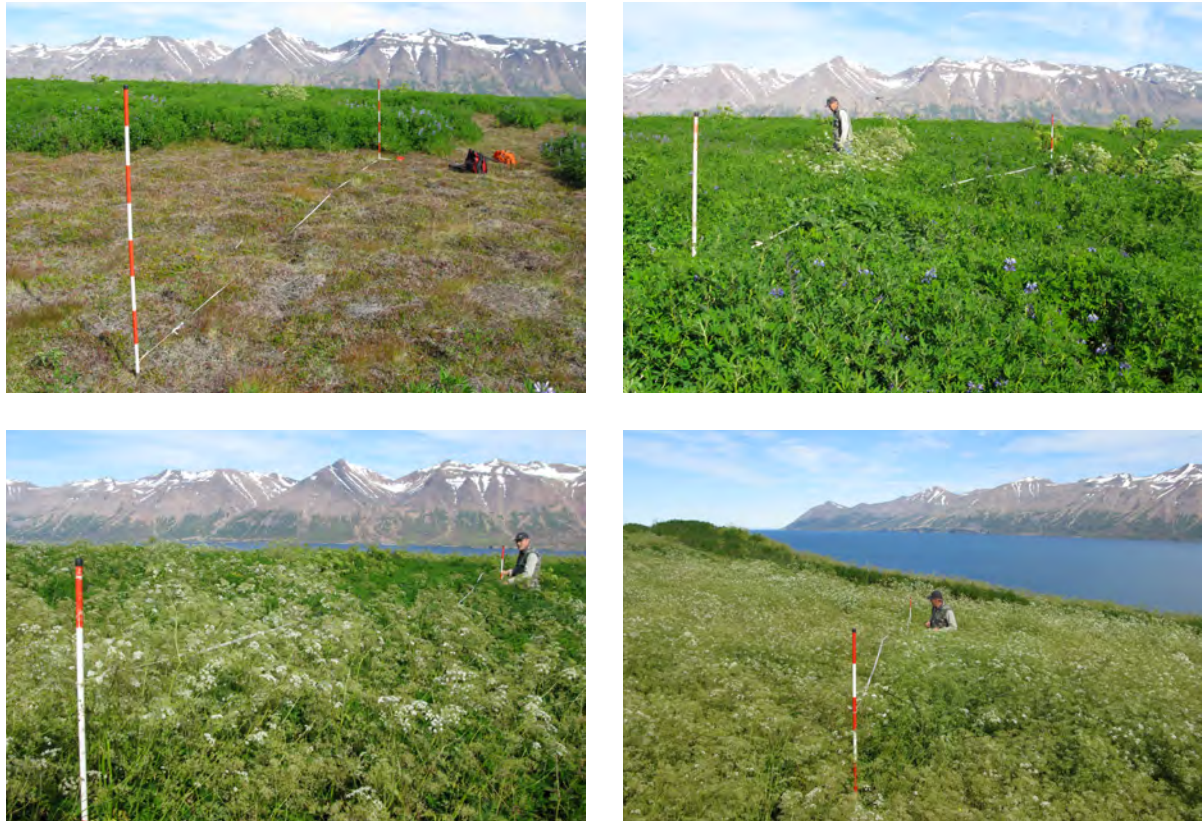
27. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði HR I á gömlum mel í land Ystabæjar í Hrísey 1993 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan HR I-1, HR I-2 (t.v.) og HR I-3(t.h.) Vegna rasks þurfti að hliðra reitum til árið 2011 og því eru niðurstöður ekki fullkomlega sambærilegar. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 27. Photos of plots at site HR I on old, gravel barrens in Hrísey, northern Iceland in 1993 (left) and 2011 (right). From above HR I-1, HR I-2 (left) and HR I-3 (right). Due to disturbance plots were moved slightly in 2011 from their original location.*

Í Hrísey var 2011 lagt út nýtt snið og reitir í mólendi (HR III) í stað þess sem hafði verið raskað við eyðingu lúpínu. Nýja sniðið var við jaðar lúpínubreiðu og lagt frá mólendi utan breiðunnar og inn í eldri hluta hennar. Einnig voru settir niður tveir reitir nálægt lúpínusvæði sem skógarkerfill var að leggja undir sig. Annar reiturinn þar sem kerfillinn óx í bland við lúpínu en hinn þar sem hann hafði myndað hreina breiðu og lúpína var horfin. Þessa reiti teljum við gefa góða vísbendingu um framvindu í Hrísey frá mólendi til lúpínu og síðan skógarkerfils (28.–29. mynd).

Mólendið í Hrísey sem lúpína leggur undir sig er fremur tegundaríkt (28. mynd) en í viðmiðunarreit (HR III-1) voru skráður 24 tegundir æðplantna. Beitilyng og krækilyng voru mjög ríkjandi (28. mynd) en talsvert var einnig af bláberjalyngi, blóðbergi, holtasóley, bugðupunti og brjóstagrasi. Aðrar tegundir náðu ekki 1% meðalþekju, þar á meðal var lúpína. Í yngri reitnum inni í breiðunni (HR III-2) hafði lúpína náð fullri þekju. Þar voru lyngtegundir allar horfnar og hafði tegundum fækkað um meira en helming. Grös höfðu hins vegar sótt í sig veðrið, einkum túnvingull, bugðupunktur og týtulíngresi, og ætihvönn óx einnig í breiðunni og gekk lúpínunni næst að þekju. Í reitnum var skógarkerfill tekinn að gera vart við sig (29. mynd). Í eldri reitnum inni í breiðunni (HR III-3) hafði heldur dregið úr þekju lúpínu og tegundum fækkað enn frekar. Skógarkerfill var orðinn næstur lúpínunni að þekju en einnig var nokkur ætihvönn og túnfífill. Í yngri hluta kerfilsbreiðunnar (HR III-4) hafði lúpína gisnað mikið en skógarkerfill náð yfirhönd en af öðrum tegundum var lítilsháttar þekja af ætihvönn og blásveifgrasi. Heildarfjöldi tegunda var innan við tíu. Inni í eldri hluta kerfilsbreiðunnar (HR III-5) var orðið fátt um fína drætti. Þar hafði skógarkerfill náð fullri þekju og var algjörlega einráður. Engin önnur tegund náði þar mælanlegri þekju og aðeins fannst vottur af lúpínu og vallelftingu. Heildarfjöldi tegunda þar var því kominn niður í þrjár (28. mynd). Þetta snið og reitir var ekki tekið með í hnitunarniðurstöðum sem hér eru birtar. Er það vegna þess að gróður í kerfilsbreiðunni er það frábrugðinn öðru í gangasafninu að heildarmyndin skekkist. Því verður erfiðara að draga fram meginlínur í framvindu af völdum lúpínunnar.



28. mynd. Þekja ríkjandi tegunda (a) og fjöldi æðplantna (b) á mælisvæði HR III í gömlu mólendi í landi Ystabæjar í Hrísey 2011. Framvinda frá mólendi til lúpínu og síðan skógarkerfils. Aðeins eru sýndar tegundir sem náðu a.m.k. 5% þekju í einum reit eða fleiri. Reitir voru mældir í fyrsta sinn 2011. Um sömu reiti og röð er að ræða á báðum línuritumgröfum. – Figure 28. Changes in cover of dominant species and in species richness at HR III on old heathland in Hrísey, northern Iceland in 2011. Example of succession from heathland to lupin, later overtaken by cow parsley (*Anthriscus sylvestris*). Same plots and sequence on both diagrams.



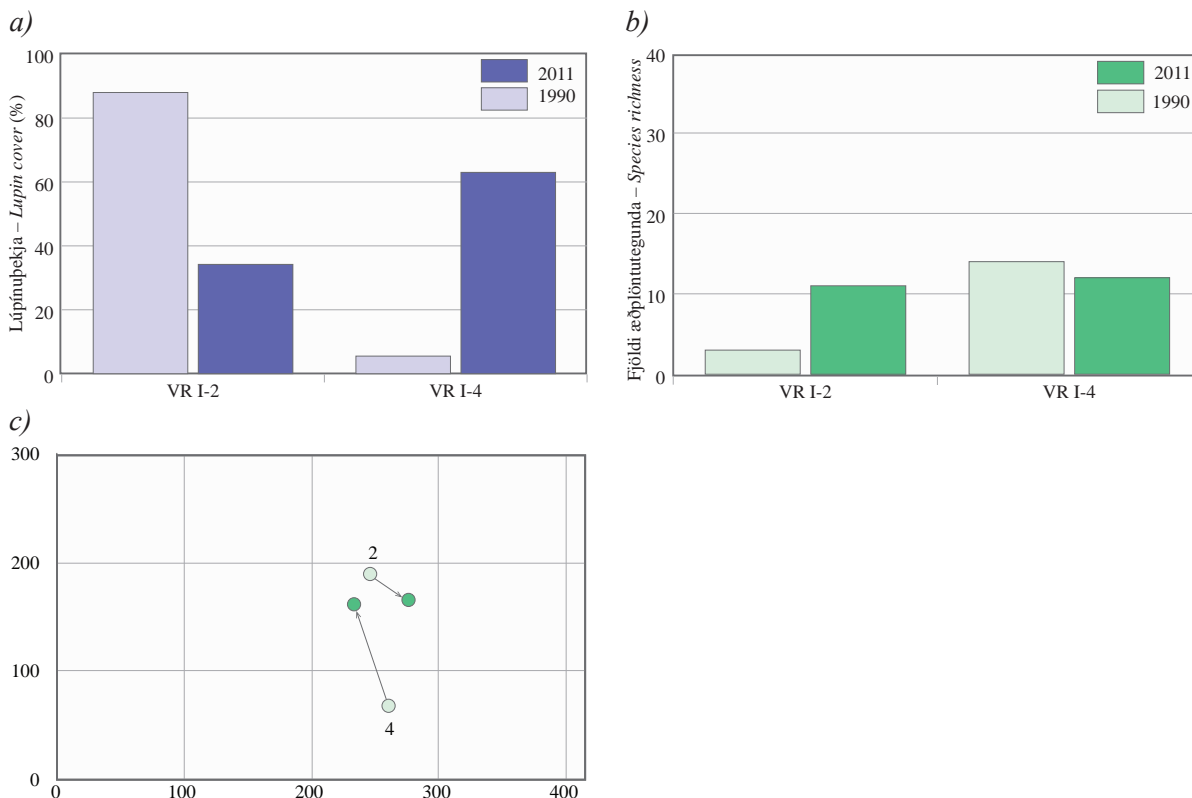
29. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði HR III í gömlu mólendi í Hrísey 2011. Reitir HR III-1 og HR III-3 að ofan en HR III-4 og HR III-5 að neðan. Reitirnir voru lagðir út 2011. Framvinda frá mólendi til lúpínu og síðan skógarkerfils. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 29. Photos of plots at site HR III in Hrísey, northern Iceland in 2011. Plots HR III-1 and HR III-3 above, HR III-4 and HR III-5 below. The plots were established in 2011. Example of succession from heathland to lupin overtaken by cow parsley (Anthriscus sylvestris).*

4.3.10 Vaðlareitur – lúpína frá um 1960

Í Vaðlareit voru lögð út tvö snið 1990, í lyngholt (VR I) og á mel (VR II). Árið 2011 hafði skógur aukist mjög á svæðinu og þétt sig. Snið VR II fannst ekki með vissu í skóginum og var ekki reynt að endurmæla það. Betur gekk að finna snið VR I og var þar unnt að endurmæla tvo reiti.

Viðmiðunarland án lúpínu fannst ekki á svæðinu þegar sniðin voru lögð út 1990. Í yngsta hluta breiðunnar í holtinu hafði lúpínan þá náð 20% þekju en ógróið yfirborð var enn tæp 25%. Ríkjandi æðplöntur, auk lúpínu, voru holtasóley og krækilyng. Er inn í breiðuna kom hafði lúpínan náð að loka landi en hún var til muna gisnari og lágvaxnari í elsta hlutum þar sem blásveifgras var ríkjandi og talsvert var einnig af snarrót og túnvingli. Lyngtegundir fundust lítið eða ekki í elsta hluta breiðunnar. Á sniðinu var mikið af ungbirki árið 1990. Stærstu birkiplönturnar teygðu sig upp úr lúpínunni og voru tæpur hálfur annar metri á hæð.

Árið 2011 var vaxinn upp birkiskógur á mælisvæðinu (VR I) og höfðu hæstu tré náð um 6 m hæð. Í öðrum reitnum sem mældur (VR I-2), var meðalhæð birkis 4,8 m og þekja þess 76% en í hinum (VR I-4) var birki hæð 3,4 m og þekja 59%. Hávaxin en gisin lúpína var undir birkinu og um tíu aðrar tegundir fundust í skógarbotninum (30. mynd), einkum hrútaberjalyng, túnfífill, túnvingull og vegarfi. Mosi var mjög litill í sverði. Hnitun sýnir að gróðurfar í reitunum sem mældir voru 2011 var orðið einsleitara en það var 1990 (31. mynd). Þrátt fyrir gisnun lúpínunnar færðust reitirnir í skógarbotninum ekki niður á við í hnituninni. Þarna hafði birkið tekið við af lúpínunni sem efra krónulag yfir öðrum gróðri en grös urðu ekki ríkjandi.



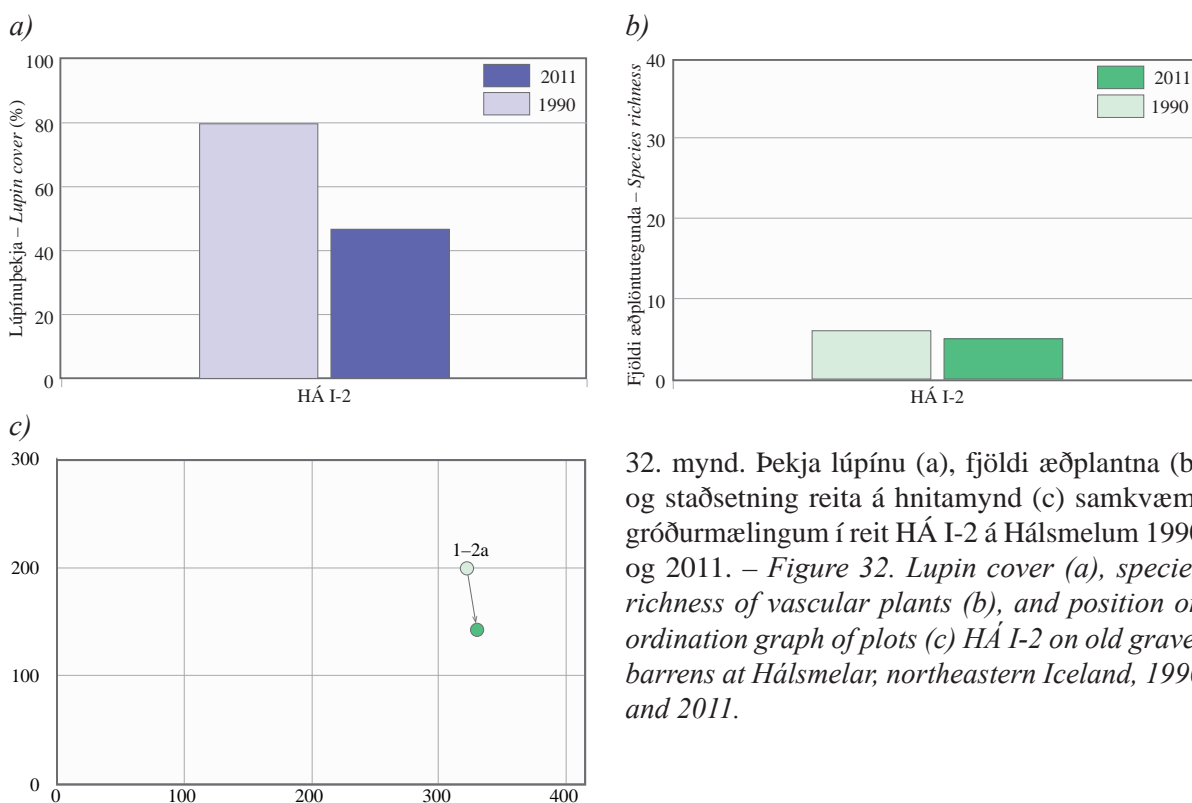
30. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á mælisvæði VR II á gömlu rofsvæði í Vaðlareit 1990 og 2011. – Figure 30. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled at site VR II on old, eroded heathland in Vaðlareitur, northern Iceland in 1990 and 2011.



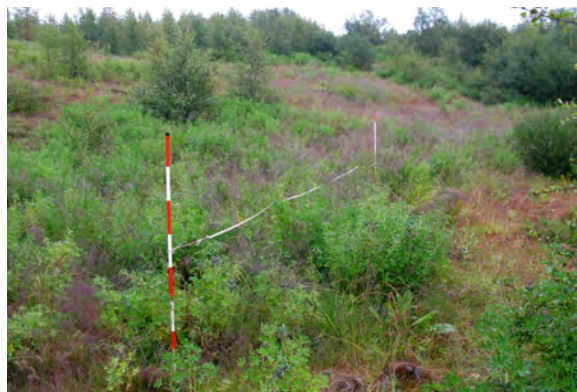
31. mynd. Ljósmynd af reit VR II-2 í Vaðlareit 1990 (t.v.) og 2011 (t.h.). Ljós. Borgþór Magnússon.
– *Figure 31. Photo of plot VR II-2 in Vaðlareitur, northern Iceland in 1990 (left) and 2011 (right).*

4.3.11 Hálsmelar í Fnjóskadal – lúpína frá um 1954

Árið 1990 voru lögð út tvö snið á Hálsmelum með alls fjórum reitum. Árið 2011 var þéttur lerkiskógur vaxinn upp þar sem annað sniðið (HÁ II) var og var útilokað að finna reitina aftur. Við hitt sniðið hafði landi verið raskað með haugsetningu á grisjunarvið og var þar því aðeins unnt að endurmæla annan reitinn af tveimur (HÁ I-2; 32.–33. mynd). Reiturinn var ofan í lægðardragi þar sem land er rakara og vaxtarskilyrði betri fyrir lúpínu en almennt gerist á Hálsmelum. Árið 1990 var lúpína með nær fulla þekju í reitnum en með henni uxu aðeins fimm tegundir (32. mynd). Af þeim var mest af vallelftingu en einnig var nokkuð af snarrót, blásveifgrasi og hundasúru. Árið 2011 var sú breyting orðin á að lúpína var tekin að hörfa og hafði verulega dregið úr þekju hennar. Snarrót var nú orðin ríkjandi í reitnum með liðlega 50% þekju. Einnig hafði þekja blásveifgrass aukist en dregið úr vallelftingu. Aðeins fjórar tegundir æðplantna voru í reitnum. Hnitun sýnir fremur litla breytingu en endurspeglar þó aukningu grasa og hnignun elftingar í reitnum með tilfærslu niður eftir 2. ási (32. mynd).



32. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmeðlingum í reit HÁ I-2 á Hálsmelum 1990 og 2011. – *Figure 32. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) HÁ I-2 on old gravel barrens at Hálsmelar, northeastern Iceland, 1990 and 2011.*



33. mynd. Ljósmynd af reit HÁ I-2 á Hálsmelum 1990 (t.v.) og 2011 (t.h.). – *Figure 33. Photo of plot HÁ I-2 at Hálsmelar, northeastern Iceland in 1990 (left) and 2011 (right).*

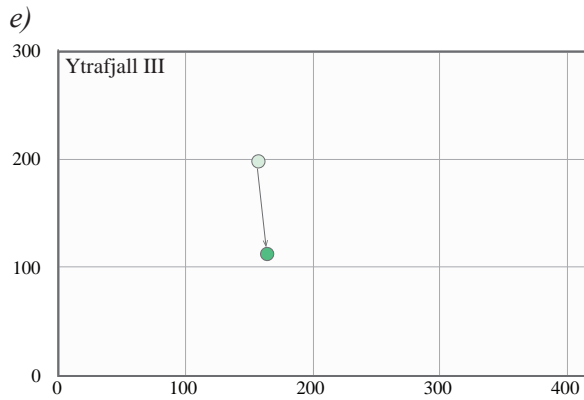
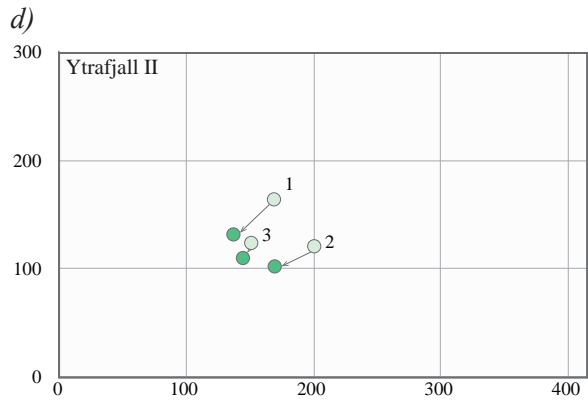
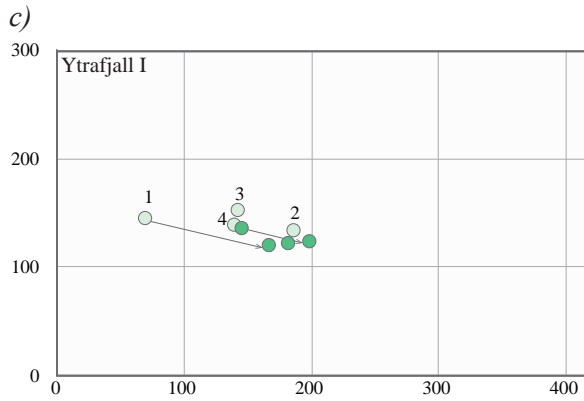
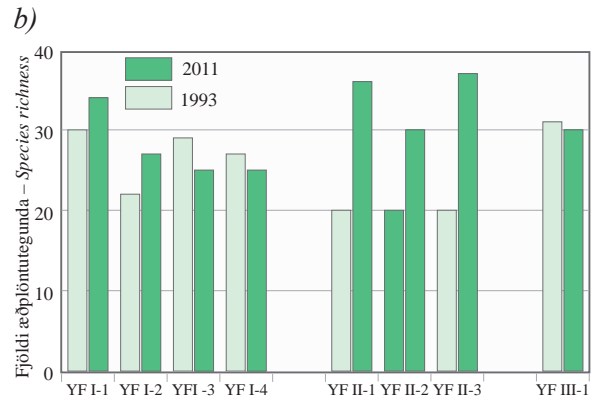
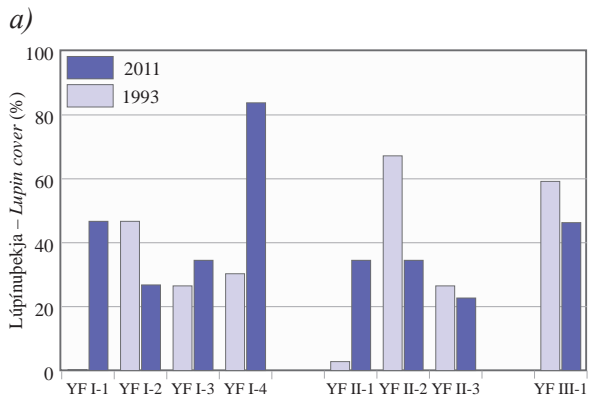
4.3.12 Ytrafjall í Aðaldal – lúpína frá um 1960

Á Ytrafjalli var mælt á þremur stöðum árið 1993. Fyrsta sniðið (YF I) var á bröttum urðarmel uppi í fjallinu, annað (YF II) í flagmóa og blásnu landi ofar í fjallinu en hið þriðja (YF III) í skriðu neðarlega í fjallinu þar sem lúpína hafði fyrst verið sett í landið. Unnt var að mæla öll þessi snið á nýjan leik 2011.

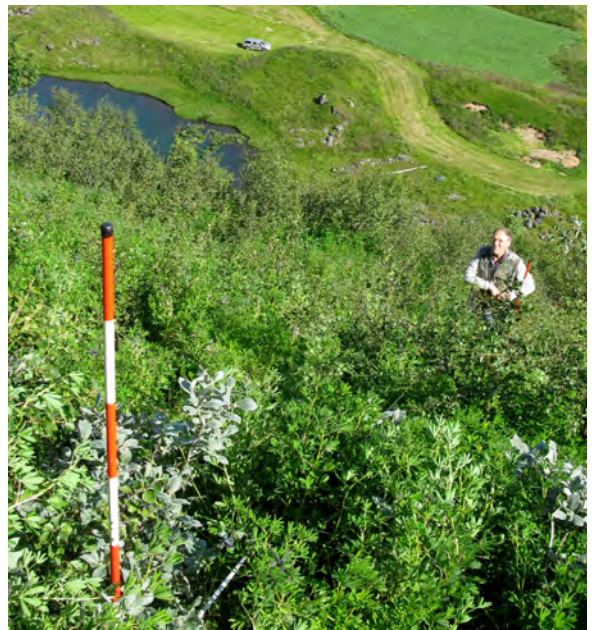
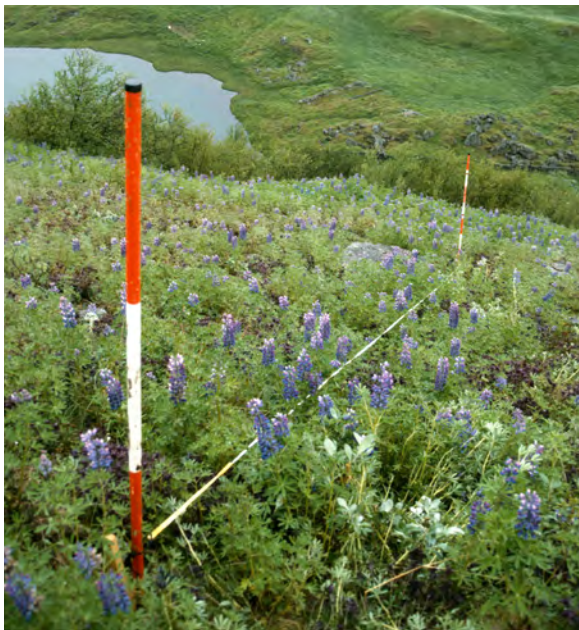
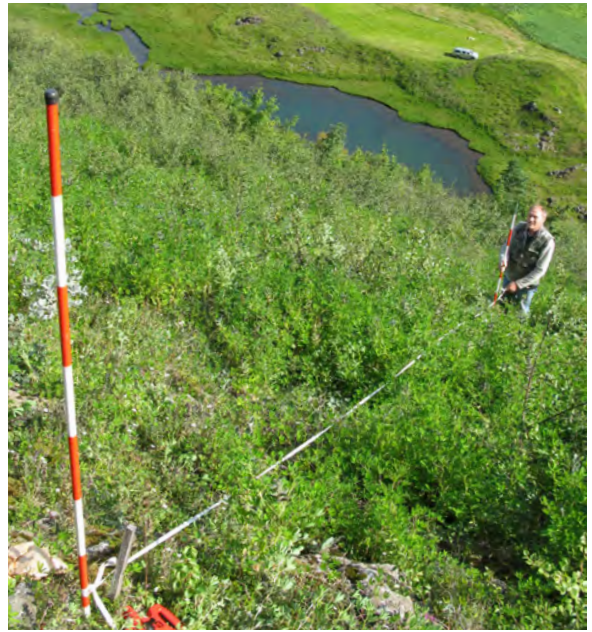
Mælingarnar á Ytrafjalli 1993 sýndu að fremur litlar breytingar urðu á tegundasamsetningu gróðurs þar sem lúpína breiddist um. Það var aðeins í ysta kraga breiða að lúpínan var nokkuð þétt en hún gisnaði mjög er inn fyrir hann kom. Mela- og mólendistegundir hurfu ekki úr landi sem lúpína fór yfir og litlar breytingar urðu á fjölda tegunda (34. mynd).

Lúpína var enn í öllum reitum árið 2011 og var þekja hennar, yfir það heila tekið, litlu minni en 1993. Í flestum reitum var hún gisin en ríkjandi og þekja hennar á bilinu 25–40% (34.–37. mynd). Lúpínuplöntur voru að sjá á misjöfnum aldri, frá unglöntum sem ekki voru teknar að blómstra upp í eldri fræmyndandi plöntur. Fjöldi tegunda í lúpínureitum á Ytrafjalli var mjög mikill miðað við flesta aðra staði, bæði 1993 og 2011. Í meirihluta reitanna hafði tegundum fjölgað til muna milli mælinga og var kominn vel yfir 30 þar sem mest var (34. mynd). Ríkjandi tegundir í lúpínulendi á Ytrafjalli 2011, auk lúpínu, voru birki, loðvíðir, sortulyng, krækilyng, bláberjalyng, smjörgras, blóðberg túnvingull og bugðupunktur. Þekja mosa hafði aukist umtalsvert milli mælinga og bar mest á móasigð, engjaskrauti og tildurmosi. Birki hafði víða aukist til muna á milli mælinga. Á fyrsta sniði hafði meðalþekja þess aukist úr 1% í 17%. Á öðru sniði sást ekki birki 1993 en það var tekið að sá sér inn á svæðið og náði 0,4% þekju 2011. Á þriðja sniði var þekjan hin sama, um 30%, í fyrri og seinni mælingu.

Hnitun sýndi mjög athyglisverðar niðurstöður fyrir reitina á Ytrafjalli (34. mynd), eins og flokkunin hafði gert. Tilfærslur á reitum milli tímabila urðu fremur litlar en gróðurfur varð einsleitara, þ.e. minni munur milli reita 2011 en 1993. Allir reitirnir héldu sér í mólendi/lúpínu fylkinu, þ.e. gróðurfur þeirra einkennist af mólendis- og kjarrlendistegundum. Stefna gróðurbreytinga milli tímabila er þó mismunandi milli sniða. Á fyrsta sniði, YF I, varð tilfærsla út til hægri, einkanlega á reit sem hafði verið utan við lúpínubreiðuna 1993. Á öðru sniði, YF II, varð hins vegar lítilsháttar tilfærsla í öfuga átt, sem gefur til kynna framvindu frá fremur tegundasnaudu lúpínulendi til tegundaríkari mólendis. Á sniðinu hafði tegundum fjölgað mikið milli tímabila, eins og fram hefur komið. Á þriðja sniðinu í birkikjarri (YF III, einn reitur) varð megintilfærsla niður eftir 2. ási sem endurspeglar einkum aukningu í grösum (bugðupunktur og blávingull) og mosum (engjaskraut og tildurmosi) milli tímabila.



34. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c–e) samkvæmt gróðurmælingum á Ytrafjalli 1993 og 2011. – *Figure 34. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c–e) sampled at Ytrafjall, northwestern Iceland in 1993 and 2011.*



35. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði YF I í skriðu á Ytrafjalli 1993 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan YF I-1, YF-2 og YF I-3. Ljósrm. Borgþór Magnússon. – *Figure 35. Photos of plots at site I on a scree at Ytrafjall, northeastern Iceland in 1993 (left) and 2011 (right). From above YF I-1, YF I-2 and YF I-3.*



36. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði YF II á gömlu rofsvæði á Ytrafjalli 1993 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan YF II-1, YF II-2 og YF II-3. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 36. Photos of plots at site YF II on eroded heathland at Ytrafjall, northeastern Iceland in 1993 (left) and 2011 (right). From above YF II-1, YF II-2 and YF II-3*



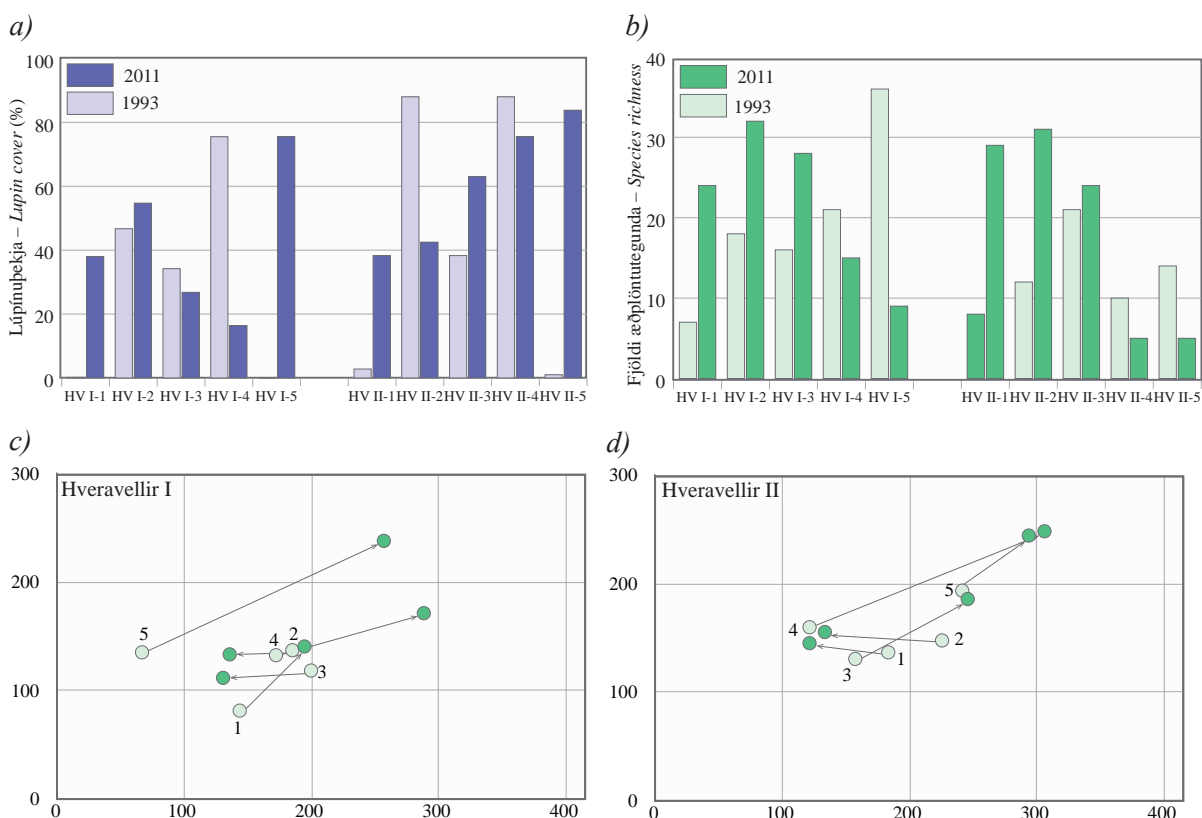
37. mynd. Ljósmynd af reit YF III-1 í skriðu á Ytrafjalli 1993 (t.v.) og 2011 (t.h.). Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 37. Photo of plot YF III-1 on a scree at Ytrafjall, northeastern Iceland in 1993 (left) and 2011 (right).*

4.3.13 Hveravellir í Reykjahverfi – lúpína frá því um 1973

Á Hveravöllum voru lögð út tvö snið í melkolla, HV I og HV II (reitir 1–3) sem lúpína hafði verið sett í, og áfram niður í mólendi þar neðan við sem hún var tekin að breiðast inn á og leggja undir sig (reitir 4–5).

Árið 1993 höfðu orðið fremur litlar gróðurbreytingar á melunum á Hveravöllum. Líkt og á Ytrafjalli myndaði lúpínan þéttan kraga rétt við jaðar breiðanna en gisnaði mjög þar innan við. Fjölgaði tegundum í gróðri undir gisinni lúpínunni. Mólendisreitirnir utan við breiðurnar á Hveravöllum skáru sig mjög frá öðrum reitum að gróðurfari en þar voru lyngtegundir ríkjandi. Í mólendinu varð lúpínan hins vegar miklu þéttari og hávaxnari, lyngtegundir drápu undir henni og tegundum snarfækkaði (38.–39.mynd).

Árið 2011 var lúpína enn í öllum reitum 2011 á Hveravöllum og þekja hennar á bilinu 15–85% (38. mynd). Lúpína hafði farið yfir viðmiðunareiti á melum og í mólendi en mest var þekjan í mólendisreitunum eins og fyrr. Í eldri melareitum (HV I-2 og HV I-3) var lúpína gisin en samanstóð bæði af eldri og ekki síður yngri plöntum, líkt og á Ytrafjalli. Í melareitum fjölgaði æðplöntutegundum mjög mikið frá 1993 til 2011 og voru þær komnar yfir 30 þar sem mest var í reitum. Í mólendisreitum snarfækkaði hins vegar tegundum við það að lúpína breiddist yfir þá eins og þegar kom fram 1993.



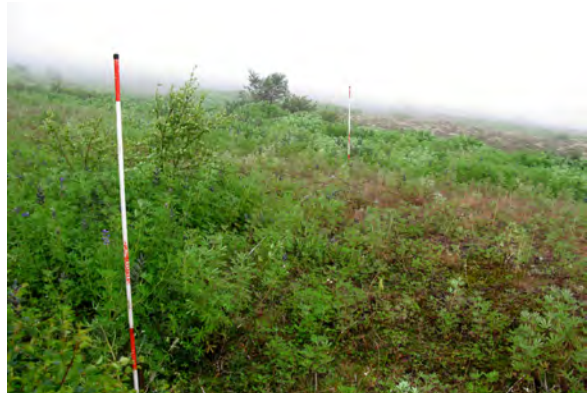
38. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á melkollum og í mólendi á Hveravöllum 1993 og 2011. – Figure 38. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled at Hveravellir, northeastern Iceland in 1993 and 2011. At each site plots 1–3 were on old, eroded gravel knolls but 4–5 on adjacent heathland below.

Yfir það heila tekið var lúpína ríkjandi í melareitum á Hveravöllum 2011 (44% meðalþekja), en með henni þreifst fjölbreyttur gróður. Tegundir sem mest var af, talið í eftir minnkandi þekju, voru krækilyng, mosinn móasigð, vallelfting, klóelfting, sortulyng, bugðupunktur, blávingull, holtasóley, túnfífill, blágresi, fjallavíðir, eski, birki, blóðberg og túnvingull (13,3–1,0% þekja). Af þessum tegundum fundust vallelfting, klóelfting, sortulyng, bugðupunktur, holtasóley, fjallavíðir, beitieski og birki ekki í reitunum árið 1993. Segja má að í melareitunum hafi verið kominn vísir að mólendi árið 2011.

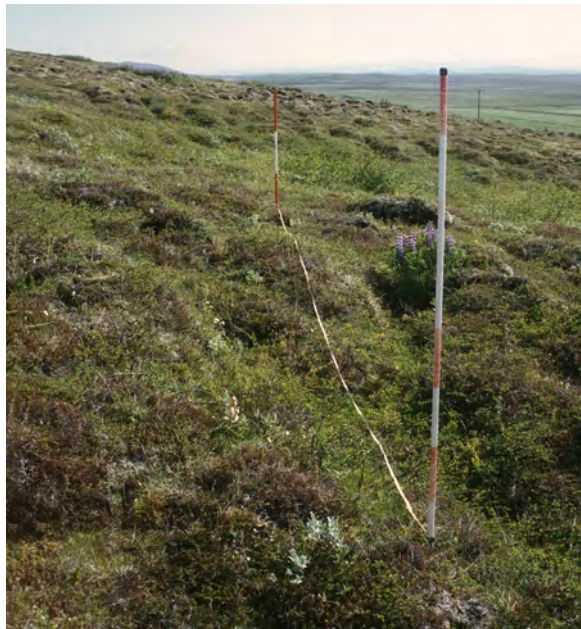
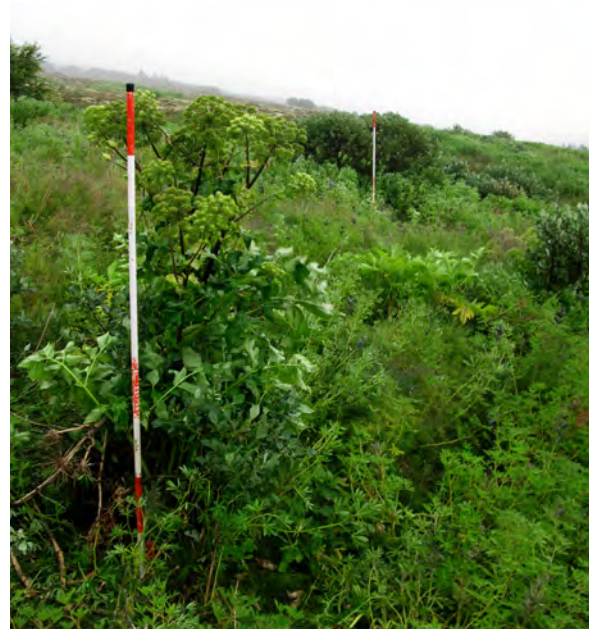
Í fyrrum mólendisreitum var meðalþekja lúpínu 63% árið 2011. Þar var hún mun hávaxnari og þéttari en í gömlu melareitunum. Tegundir sem uxu með lúpínunni þar sem áður var mólendi voru einkum blágresi og vallelfting (17–13% þekja) og í minni mæli ætihvönn, blásveifgras, klóelfting og bugðupunktur (4–3% þekja). Þar hafði því myndast tegundafátt, elftingaríkt blómlendi í lúpínunni en þar sem áður var tegundaríkt mólendi með aðalbláberjalyng, fjalldrapa, beitilyng, krækilyng, bláberjalyng og túnvingul sem ríkjandi tegundir. Allar lyngtegundirnar voru horfnar undir lúpínunni.

Þennan mikla mun í lúpínuframvindu á melum og mólendi á sama stað teljum við stafa af rakaskilyrðum. Inn til lands á Norðausturlandi er úrkomulítið. Á melum nær lúpínan ekki að mynda þéttar og hávaxnar breiður sökum þurrka. Í mólendi eru rakaskilyrði hins vegar betri en þar er þykkur, fínkorna, moldarjarðvegur sem varðveitir betur raka en grófur og grunnur melajarðvegur. Í innsveitum á Norðausturlandi eru vaxtarskilyrði fyrir lúpínu í mólendi því til muna betri en á melum.

Hnitunarniðurstöður sýna vel þennan mun í framvindu milli mela og mólendis. Í melareitum hefur framvinda gengið til baka, þ.e. frá lúpínulendi til mólendisáttar, frá 1993 til 2011, en í fyrrum mólendisreitum hefur framvindan gengið í þveröfuga átt, þ.e. frá mólendi til lúpínu/elftingarlendis (38. mynd).



39. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði HV I á Hveravöllum 1993 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan HV I-1, HV I-2, HV I-3 (þessi blaðsíða), HV I-4 og HV I-5 (bls. 57). Reitir HV I-1– HV I-3 eru á gömlum melkolti en HV I-4– HV I-5 í mólendi þar fast niður af. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 39. Photos of plots at site HV I at Hveravellir, northeastern Iceland in 1993 (left) and 2011 (right). From above HV I-1, HV I-2, HV I-3 (this page), HV I-4 and HV I-5 (page 57). Plots HV I-1– HV I-3 were on old gravel knolls, but HV I-4– HV I-5 on adjacent heathland below.*



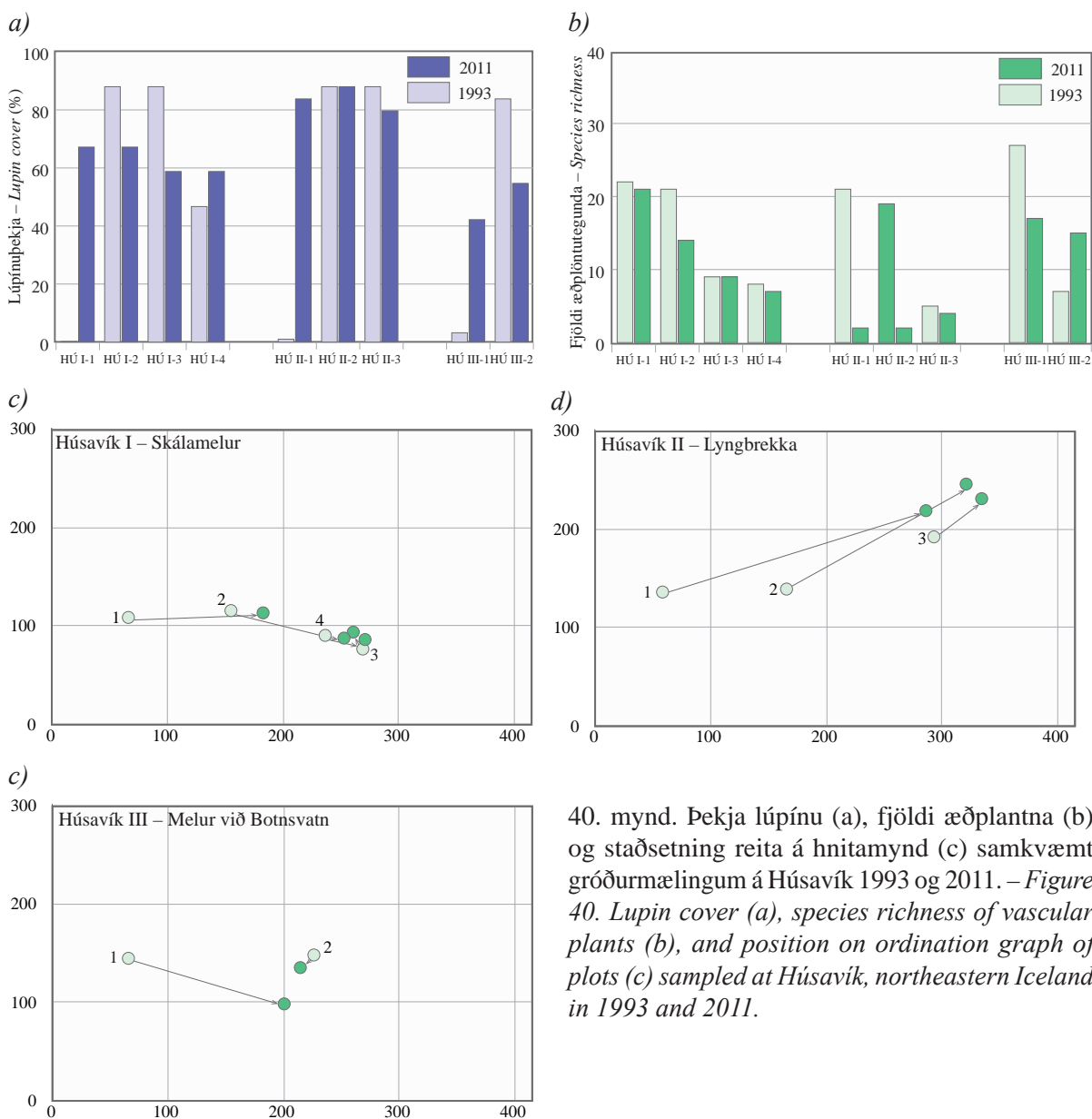
39. mynd. Framhald. – *Figure 39. Continued.*

4.3.14 Húsavík – lúpína frá því 1967

Á Húsavík voru lögð út þrjú snið 1993, hið fyrsta (HÚ I) uppi í Skálamel þar sem lúpínan var elst, annað (HÚ II) í mólendisbrekku neðan við melinn og hið þriðja (HÚ III) í melkol utan við skógræktargirðingu við Botnsvatn. Unnt var að mæla öll þessi snið að nýju 2011.

Árið 1993 höfðu orðið verulegar breytingar á gróðri í lúpínubreiðum á Húsavík og líkastar þeim í Hrísey á þeim tíma. Á melunum utan breiða var mjög gisinn mela- og holtagróður en í breiðunum náði lúpína fullri þekju og myndaðist fremur tegundarýrt graslendi af túnvingli og blávingli undir henni. Þar sem lúpínan var elst á Skálamel var hún tekin að gisna (40. mynd). Í mólendinu urðu enn meiri umskipti en þar drápuast lyngtegundir undir lúpínunni og snarfækkaði tegundum í gróðri. Mest var þar um hálíngresi og vallelftingu þar sem lúpínan hafði verið lengst.

Árið 2011 var lúpína var enn talsvert mikil (40–88%) í öllum reitum á Húsavík, en langmest í fyrrum mólendi (HÚ II) þar sem segja má að hún hafi viðhaldið fullri þekju (40.–43. mynd).



40. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmeðlingum á Húsavík 1993 og 2011. – Figure 40. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled at Húsavík, northeastern Iceland in 1993 and 2011.

Í flestum eldri melareitum hafði dregið talsvert úr þekju lúpínu en þó var hún yfir 50% í þeim öllum. Í melareitunum (snið HÚ I og HÚ III) hafði tegundum heldur fækkað í flestum reitum, eða fjöldinn staðið í stað. Í einum reit hafði þeim fjölgað umtalsvert. Í mólendi hafði tegundum hins vegar fækkað mjög mikið og var gróður mjög fábreyttur undir lúpínunni eins og vísbendingar voru um 1993 (40. mynd).

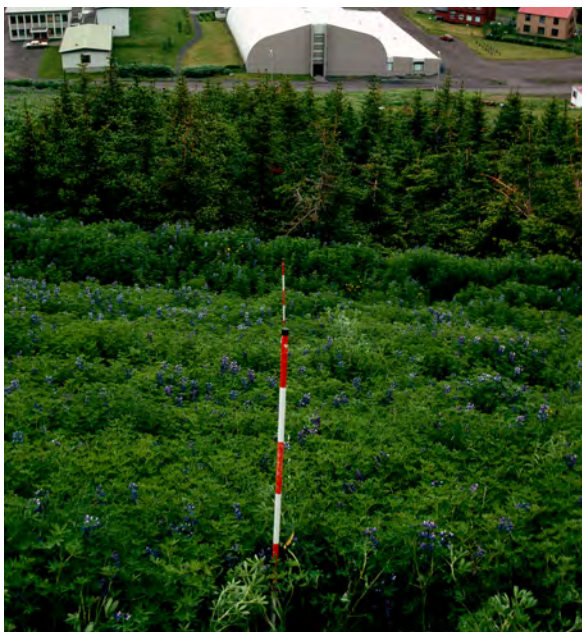
Í melareitum á Húsavík var mest gras með lúpínunni 2011, einkanlega á Skálamel þar sem túnvingull náði um 45% meðalþekju. Af öðrum tegundum var þar mest af túnfifli, hálingresi og vallarsveifgrasi. Á melnum við Botnsvatn var hins vegar mest af bugðupunti, túnvingli, blávingli, blásveifgrasi, blágresi, vallhumli og krækilyngi í lúpínunni. Allmikið var af mosanum móasigð í sverði (38% þekja). Í fyrrum mólendi neðan við Skálamel höfðu orðið mikil umskipti



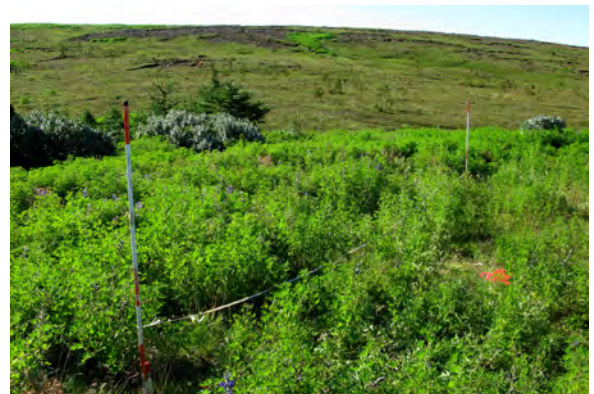
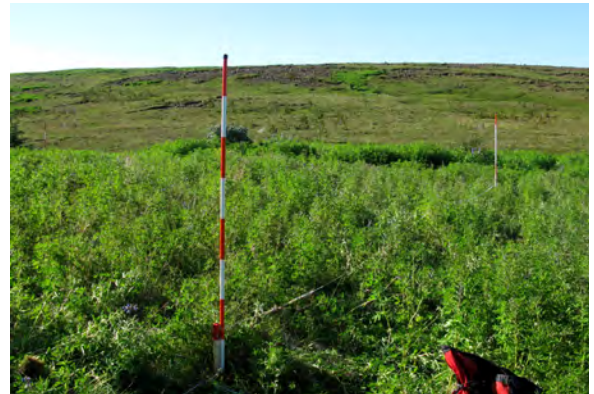
41. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði HÚ I á Skálamel á Húsavík 1993 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan HÚ I-1 og HÚ I-4. Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 41. Photos of plots at site HÚ I on old barrens at Húsavík, northeastern Iceland in 1993 (left) and 2011 (right). From above HÚ I-1 and HÚ I-4.*

milli mælinga. Þar voru lyngtegundir sem áður ríktu, beitilyng, krækilyng, bláberjalyng og holtasóley, horfnar ásamt fleiri tegundum en í stað komin þétt lúpína með um þriðjungspækju af vallelftingu og lítilræði af túnfífla og hálingresi. Aðrar tegundir voru þar ekki.

Hnitunarniðurstöður sýna annars vegar nokkuð dæmigerða tilfærslu reita út eftir 1. ási og niður eftir ási 2., frá melum til lúpínu/graslendis, og meiri einsleitni í gróðurfari reita eftir því sem líður á. Hins vegar enn meiri tilfærslu út eftir 1. ási og upp eftir 2. ási, frá mólendi til einsleits lúpínu/elftingarlendis (40. mynd).



42. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði HÚ II í gamalli lyngbrekku neðan við Skálamel á Húsavík 1993 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan HÚ II-1 og HÚ II-2, og HÚ II-3. Ljós. Borgþór Magnússon. – Figure 42. Photos of plots at site II on old heathland at Húsavík, northeastern Iceland in 1993 (left) and 2011 (right). From above HÚ II-1 and HÚ II-2, and HÚ II-3.



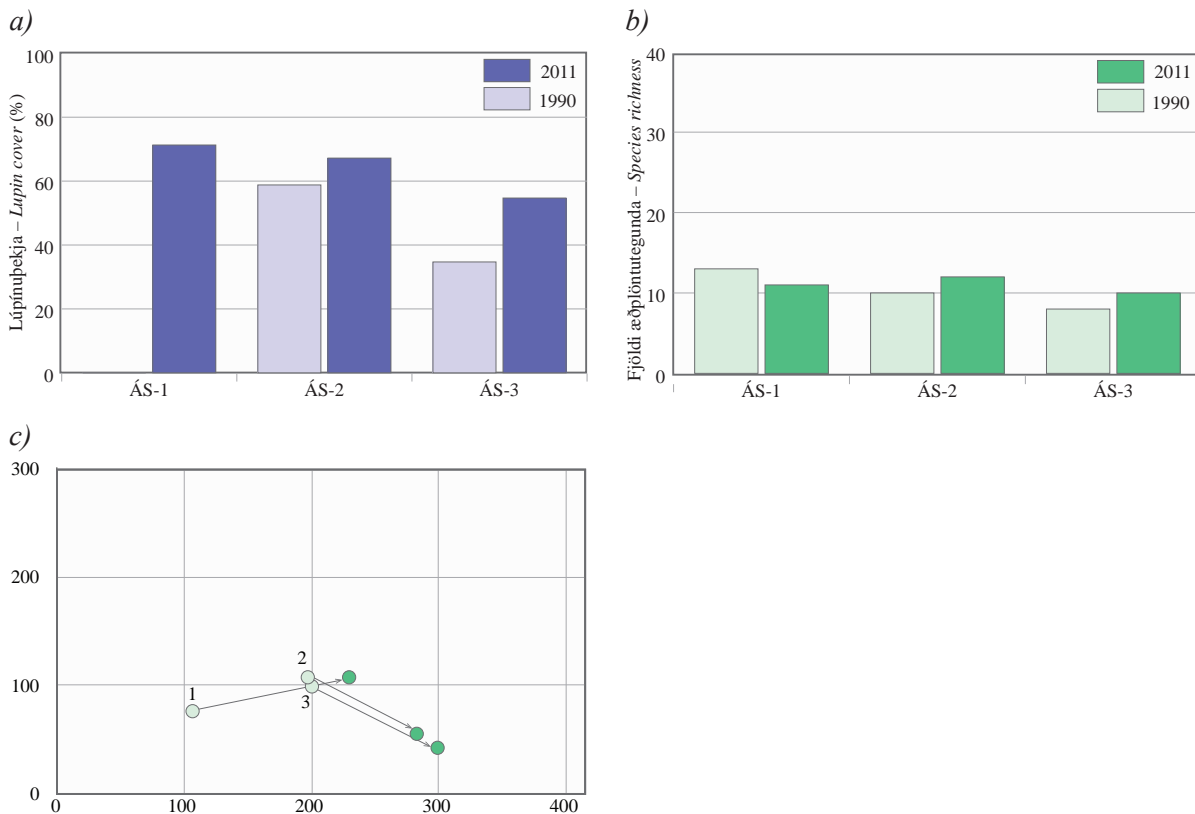
43. mynd. Ljósmyndir af reitum á mælisvæði HÚ III á melkoli við Botnsvatn á Húsavík 1993 (t.v.) og 2011 (t.h.). Talið að ofan yfirlit og HÚ III-1 og HÚ III-2. Ljós. Borgþór Magnússon. – Figure 43. Photos of plots at site HÚ III on an eroded gravel knoll at Húsavík, northeastern Iceland in 1993 (left) and 2011 (right). From above HÚ III-1 and HÚ III-2.

4.3.15 Ássandur í Kelduhverfi– lúpína frá því um 1977

Eitt snið var lagt út á Ássandi 1990 og var það endurmælt 2011 (44.–45. mynd). Þar hafði lúpína breiðst um mjög rýran, gamlan áraur og var gróðurþekja innan við 3% í viðmiðunarreit árið 1990. Þar var þá mest um blóðberg, lambagras og túnvingul. Lúpína náði ekki fullri þekju inni í breiðunni 1990 en var þéttust á mjóum kraga út við jaðarinn eins og víðar á þurrum melasvæðum í landshlutanum. Land var hins vegar orðið gróið að mestu inni í breiðunni og var komið þar gisið graslendi af túnvingli og í minna mæli skriðlíngrasi, týtulíngrasi, blásveifgrasi, blóðbergi og fleiri melaplöntum.

Árið 2011 hafði lúpína á Ássandi breiðst yfir viðmiðunarreit sem áður var utan við breiðuna (44. mynd). Lúpína var allmikil og ríkjandi í öllum reitum (55–70% þekja), mest í yngsta hlutanum en minnst í þeim elsta. Í öllum reitum hafði þekja aukist frá fyrri úttekt. Fjöldi æðplantna hafði ekki breyst að marki milli mælinga en tegundir voru fremur fáar. Þær breytingar urðu helstar á gróðri milli mælinga að vallarsveifgras hafði náð mestri þekju (18% meðalþekja) undir lúpínunni en það kom ekki fram í fyrri mælingu. Einnig hafði blásveifgras aukist til muna og hálingrasi gerði vart við sig. Túnvingull var líkur og fyrr en hann gekk vallarsveifgrasi næstur að þekju.

Hnitun sýnir áþekka tilfærslu reita og á melum á Húsavík og víðar, þ.e. til hægri 1. ási og niður eftir 2. ási, sem endurspeglar framvindu frá melum til lúpínu/graslendis (44. mynd).



44. mynd. Þekja lúpínu (a), fjöldi æðplantna (b) og staðsetning reita á hnitamynd (c) samkvæmt gróðurmælingum á gömlum áraur á Ássandi 1993 og 2011. – *Figure 44. Lupin cover (a), species richness of vascular plants (b), and position on ordination graph of plots (c) sampled on old, glacial river bed at Ássandur, northeastern Iceland in 1993 and 2011.*



45. mynd. Ljósmynd af reit ÁS-2 á gömlum áraur á Ássandi 1990 (t.v.) og 2011 (t.h.). Ljós. Borgþór Magnússon. – *Figure 45. Photo of plot ÁS-2 on an old, glacial river bed at Ássandur northeastern Iceland in 1990 (left) and 2011 (right).*

4.4 Megindrættir í framvindu

Þegar niðurstöður hnitunar eru skoðaðar fyrir öll svæði sem spanna samanburðarland og land sem lúpína hefur hörfað af má greina nokkuð skýra megindrætti. Ef borin er saman staða viðmiðunarreita í fyrri mælingum og staða elstu lúpínureita í seinni mælingum (46. mynd), þar sem það er hægt, og ör dregin á milli kemur eftirfarandi í ljós:

- Á flestum stöðum á Suðurlandi er stefna framvindu hin sama, þ.e. frá gróðri á gömlum áraurum, melum, vikrum og rofasvæðum, í átt til mosa- og blómriks graslendis. Þetta á við þar sem lúpína hefur gisnað eða hörfað. Breyting frá samanburðarlandi er mest í Örafum, Múlakoti og Heiðmörk. Á nokkrum stöðum á Norðurlandi, þ.e. á Ytrafjalli, á melum á Húsavík og á Ássandi er stefnan hin sama, en breytingar ganga ekki eins langt og sunnanlands. Á hnitamynd koma þessar breytingar fram sem hliðrun frá vinstri og niður á við til hægri (46. mynd, bláar örvar)
- Í mólendi á Norðurlandi, þ.e. á Hveravöllum og á Húsavík, verða miklar gróðurbreytingar sem leggjast í svipaða átt, þ.e. frá mólendi til elftingarríks lúpínulands. Áþekk stefna kom fram í Haukadal sunnanlands þótt breytingar yrðu minni. Í Skorradal varð land einnig elftingarríkt undir lúpínunni. Á hnitamynd koma þessar breytingar fram sem hliðrun frá vinstri og upp á við til hægri (46. mynd, rauðar örvar).
- Inn til lands í Suður-Þingeyjarsýslu, þ.e. á Ytrafjalli og á Hveravöllum, kom fram annað tilbrigði við framvindu á melum. Þar myndaði lúpínan einungis þéttan kraga við jaðar breiða en innar var hún mun gisnari og lágvaxnari. Á seinni stigum tók framvinda hér þveröfuga stefnu við það sem almennt var, þ.e. frá lúpínuríku landi í átt til viðmiðunarlands eða mólendis. Á hnitamynd koma þessar breytingar fram sem hliðrun frá hægri til vinstri. Þessar gróðurbreytingar eru hins vegar fremur litlar á rannsóknatímanum í samanburði við það sem greindist á lítt grónum svæðum sunnanlands og í lyngmóum á Norðausturlandi (46. mynd, grænar örvar).

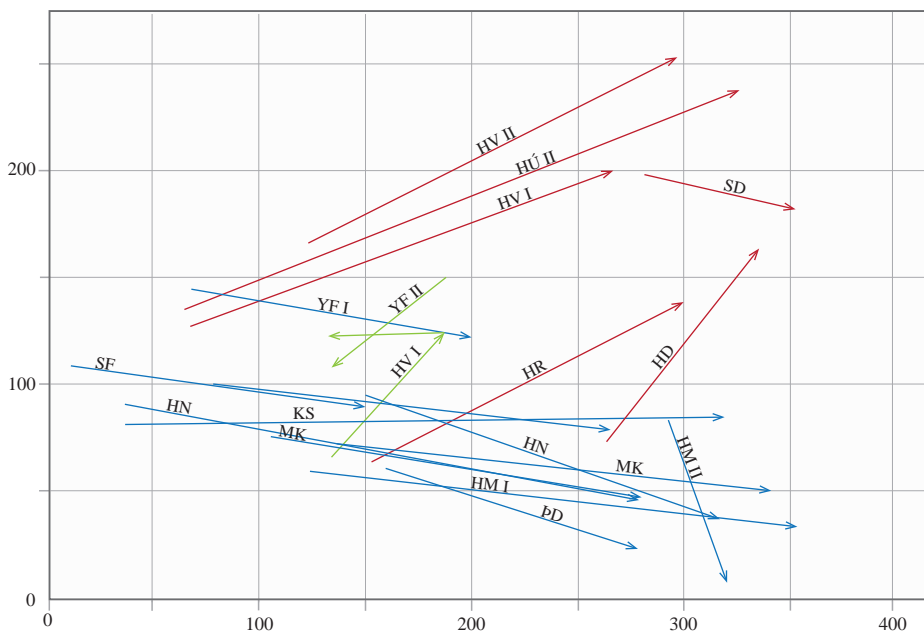
4.5 Samband lúpínuþekju og tegundafjölda æðplantna

Niðurstöður hnitunar sýndu að með vaxandi þekju lúpínu dró úr fjölda æðplöntutegunda og fjölbreytni gróðurs (5. mynd). Þegar þetta er skoðað nánar í gagnasafninu í heild (47. mynd) koma fram vísbendingar um að tegundum æðplantna fjölgi fyrst eftir að lúpína nemur land og meðan þekja hennar helst gisin (<25%). Tegundum fari síðan fækkandi með aukinni þekju lúpínu. Á lúpínulausu viðmiðunarlandi finnast að meðaltali um 15 tegundir æðplantna í reit, liðlega 20 við 25% þekju lúpínu en innan við 10 tegundir þar sem hún hefur náð samfelldri þekju. Tekið skal fram að lúpínan er meðal tegunda sem taldar eru.

Fjölbreytni æðplöntugróðurs (fjöldi og jafnræði tegunda) sýnir örlítið aðra mynd (47. mynd), en hún minnkar jafnt og þétt með vaxandi þekju lúpínu. Mest er fjölbreytni í landi sem er laust við lúpínu eða mjög lítið af henni en minnst er hún þar sem þekja lúpínu er samfelld. Þetta má túlka svo að við enga eða litla þekju lúpínu eru tegundir æðplantna fleiri og nokkurt jafnræði með þeim, þ.e. lítið er um að einstakar tegundir séu nánast ríkjandi í gróðri. Með vaxandi þekju lúpínu og framvindu af hennar völdum fækkar tegundum í gróðri og meira er um að einhverjar þeirra verði mjög ríkjandi, lúpína þar meðtalin.

4.6 Hörfun lúpínu

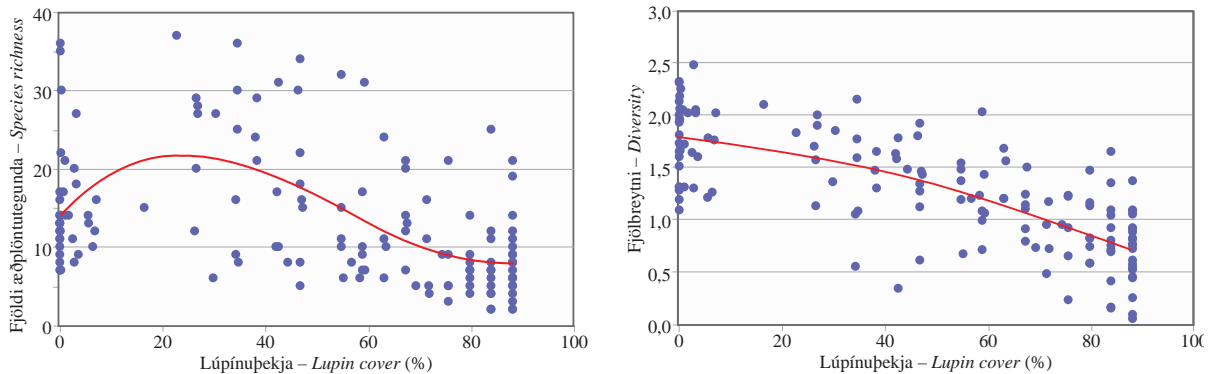
Við seinni mælingar okkar átti lúpínan orðið um 30 til yfir 60 ára sögu á flestum svæðanna. Því má ætla að gleggri merki væru komin fram um endingu hennar í landi en við fyrri mælingar sem fóru fram um 20 árum fyrr. Sú var raunin en ekki vísuðu öll merki í sömu átt. Hér verður þetta skoðað nánar, en beitt var ólínulegri aðhvarfsgreiningu og þannig dregnir ferlar sem varpa ljósi á hvaða stefnu þekja lúpínu tekur með árunum. Líta ber á þessa ferla sem vísbendingar en



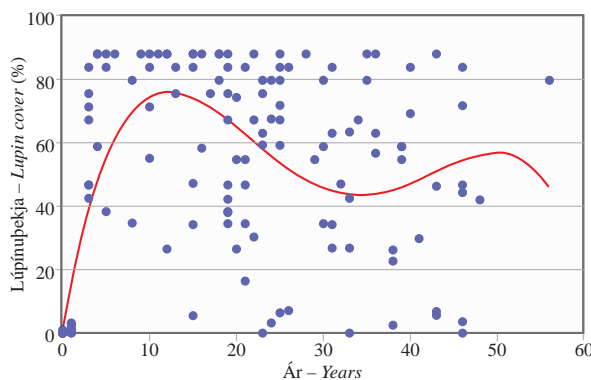
46. mynd. Meginstefna í gróðurframvindu á rannsóknasvæðum, samkvæmt hnitunarniðurstöðum, frá viðmiðunarlandi utan lúpínubreiða til elstu hluta lúpínubreiða þar sem lúpína var enn til staðar eða hafði hörfað án inngripa. Skammstafanir eru hinar sömu og á 3. mynd. – Figure 46. Main direction of plant succession in lupin areas, according to ordination results, from reference land outside lupin patches (gravels, tephra, eroded land, screes to heathlands) to oldest parts of lupin patches where lupin was still present or had degenerated without human interference. Site labelling is shown on Fig. 3.

ekki hinn stóra sannleik um endingu lúpínunnar. Í hverju tilviki var valinn margliðuferill sem þótti trúverðugur og gat það ýmist verið samkvæmt 2., 3. eða 4. gráðu jöfnu.

Lítum fyrst aftur á gagnasafnið í heild (48. mynd), sleppt er reitum frá seinni úttektinni þar sem lúpínu hafði verið eytt í Öraefum og einnig mólendisreitum í Hrísey þar sem skógarkerfill hafði breiðst yfir lúpínu. Fram kemur að þekja lúpínu rís hratt og nær hún hámarki á 10 til 15 árum en tekur þá að hníga. Hins vegar heldur hún að meðaltali um 40–50% þekju eftir það, en mikill munur er á milli reita, allt frá fullri þekju og niður í að lúpína er horfin úr reitum. Þegar þetta er aðgreint nánar kemur í ljós að áþekkir ferlar fást fyrir reitasafnið af sunnanverðu (49. mynd) og norðanverðu landinu (50. mynd), nema hvað þekja lúpínu, þegar hún er í hámarki, rís hærra sunnanlands en norðan að meðaltali. Einnig er athyglisvert að á Norðurlandi hafði lúpína hvergi horfið algjörlega úr nokkrum reit, en nokkur dæmi voru hins vegar um það á Suðurlandi (49. og 50. mynd). Til að skoða þetta nánar er áhugavert að líta nánar á breytingar á þekju lúpínu á nokkrum stöðum.



47. mynd. Samband þekju lúpínu og a) fjölda æðplantna í reitum (t.v.) og b) fjölbreytni æðplöntugróðurs (t.h.) (Shannon's H fjölbreytnivísir). Gögn úr fyrri og seinni mælingum, $n=144$. Ferill er dreginn eftir 3. gráðu margliðu. Vegna aðferðar við mælingar á þekju reiknast hún aldrei hærri en 88% sem jafngildir fullri þekju. – *Figure 47. Lupin cover in plots v.s. a) richness of vascular plants (left), b) Shannon's H diversity index (right). Data from first and second sampling, $n=144$. A 3rd degree polynomial trendline is shown. Cover was estimated according to Braun-Blanquet scale and calculated from coverclass midpoints, accordingly maximum or full cover is 88%.*



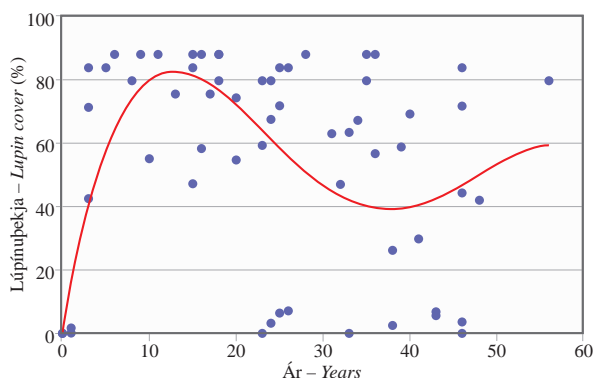
48. mynd. Þekja og áætlaður aldur lúpínu í reitum. Allt gagnasafnið að undanteknum reitum þar sem lúpínu var eytt með úðun eða beit. Ferill er dreginn eftir 4. gráðu margliðu. Vegna aðferðar við mælingar á þekju reiknast hún aldrei hærri en 88% sem jafngildir fullri þekju. – *Figure 48. Lupin cover in plots and estimated age of lupin patches. A 4th degree polynomial trendline is shown. Whole dataset, except plots where lupin was sprayed with herbicides or grazed by sheep. Cover was estimated according to Braun-Blanquet scale and calculated from coverclass midpoints, accordingly maximum or full cover is 88%.*

Í Heiðmörk komu fram skýr merki um hörfun lúpínu í reitum eftir 25–45 ár (51. mynd) og virðist okkur ferillinn lýsa vel því sambandi. Eindregin merki um hörfun komu einnig fram í Haukadal og Þjórárdal og teiknast áþekkur ferill þegar þessum svæðum er slegið saman við gögnin frá Heiðmörk (52. mynd).

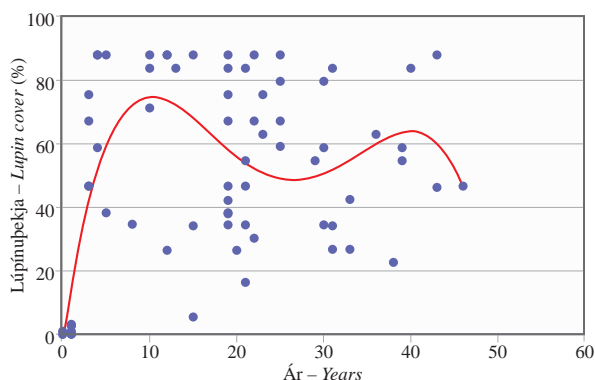
Í Múlakoti og á svæðunum þremur í Örafum komu ekki fram jafn skýr merki um hörfun lúpínu, þótt úr þekjunni drægi nokkuð eftir um tvo áratugi. Þremur áratugum eftir að lúpína myndaði breiður viðhélt hún enn yfir 60% þekju í reitum sem við höfum gögn frá (53. mynd). Á Kvískerjum og á Svínafelli var lúpínu eytt með aðgerðum og voru þeir reitir því ekki teknir með í þessari greiningu. Þess má geta að við fyrri mælingar á Kvískerjum var elsta lúpínan orðin um 35 ára, viðhélt nær fullri þekju og sýndi ekki merki um hörfun.

Á Norðurlandi kom fram verulegur munur á framvindu þar sem lúpína breiddist um mela eða önnur lítt gróin svæði annars vegar og mólendi hins vegar. Við hvorugar aðstæðurnar koma fram skýr merki um að lúpína hafi horfið úr landi eftir þrjá til fjóra áratugi. Á lítt grónum svæðum nær hún að meðaltali um 65% þekju á fyrsta áratugi, gisnar nokkuð eftir það en viðheldur áfram um 50–60% þekju að meðaltali næstu þrjá til fjóra áratugin (54. mynd). Í mólendi rís þekjan mun skarpar og nær meiri hæðum á fyrsta áratugnum, gisnar síðan en viðhelst áfram mjög há eða um 70–80% (55. mynd).

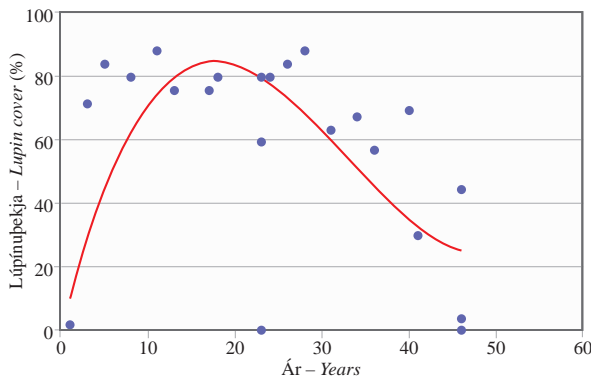
Samandregið er niðurstaðan af þessu sú að lúpína sýnir eindregnust merki um hörfun á nokkrum svæðum á Suðvesturlandi og Mið-Suðurlandi (Heiðmörk, Haukadalur, Þjórárdalur), eftir 25–45 ár. Í Skorradal og austur í Fljótshlíð og Örafum voru þessi merki hins vegar ekki komin fram. Í öllum reitum þar sem lúpína hafði verið til staðar um svipað árabíll á þessum stöðum var þekja hennar 60% eða meira. Á Norðurlandi komu hvergi fram skýr merki um algjöra hörfun lúpínu á 40–50 árum, nema í Hrísey þar sem skógarkerfill hafði breiðst yfir hana.



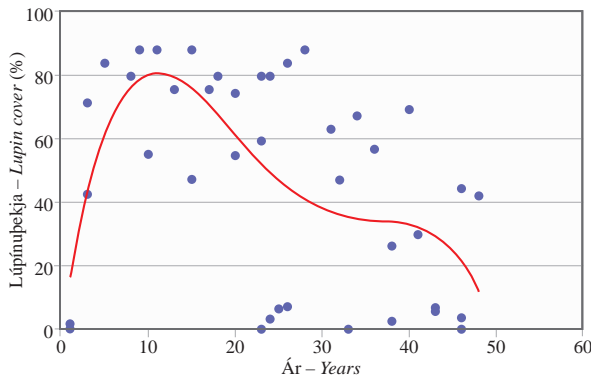
49. mynd. Þekja og áætlaður aldur lúpínu í reitum frá sunnanverðu landinu. Allt gagnasafnið að undanteknum reitum frá Kvískerjum og Svínafelli þar sem lúpínu var eytt með úðun eða beit. Ferill er dreginn með 4. gráðu margliðu. – Figure 49. Lupin cover in plots and estimated age of lupin patches in southern Iceland. A 4th degree polynomial trendline is shown. Whole dataset, except plots where lupin was sprayed with herbicides or grazed by sheep



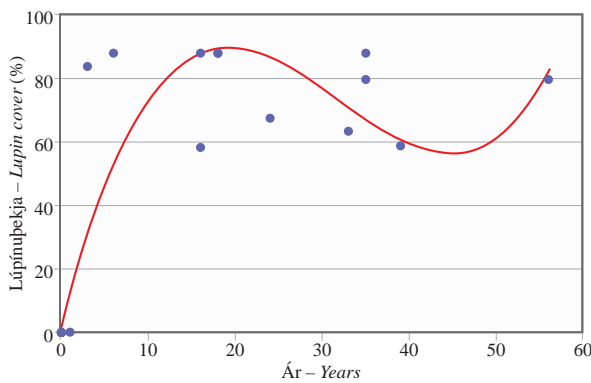
50. mynd. Þekja og áætlaður aldur lúpínu í reitum frá norðanverðu landinu. Ferill er dreginn með 4. gráðu polynomial jöfnu. – Figure 50. Lupin cover in plots and estimated age of lupin patches in northern Iceland. A 4th degree polynomial trendline is shown.



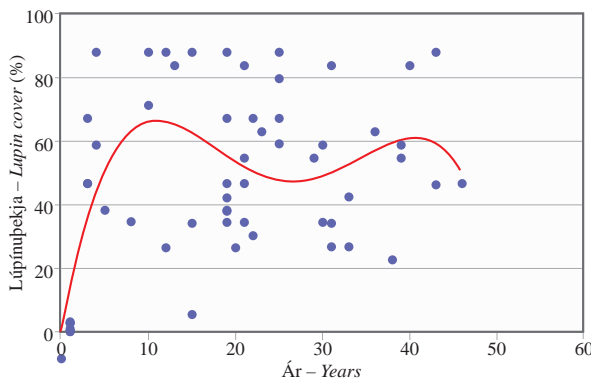
51. mynd. Þekja og áætlaður aldur lúpínu í reitum í Heiðmörk. Ferill er dreginn með 3. gráðu margliðu. – Figure 51. Lupin cover in plots and estimated age of lupin patches from Heiðmörk, southwestern Iceland. A 4th degree polynomial trendline is shown.



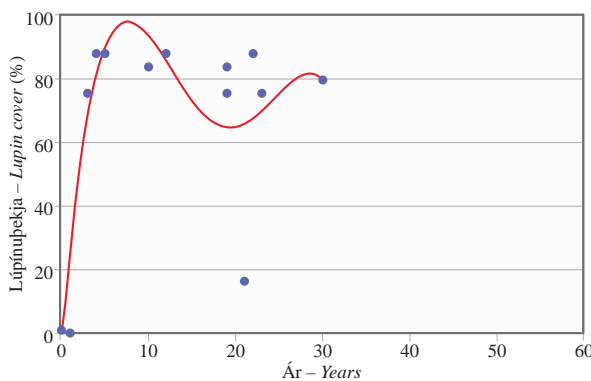
52. mynd. Þekja og áætlaður aldur lúpínu í reitum í Heiðmörk, Þjórárdalur og Haukadalur, southern Iceland. A 4th degree polynomial trendline is shown



53. mynd. Þekja og áætlaður aldur lúpínu í reitum frá Múlakoti, Svínafelli, Hofsnesi og Kvískerjum. Ferill er dreginn með 3. gráðu margliðu. – Figure 53. Lupin cover in plots and estimated age of lupin patches from Múlakoti, Svínafelli, Hofsnesi and Kvísker southern and southeastern Iceland. A 3rd degree polynomial trendline is shown.



54. mynd. Þekja og áætlaður aldur lúpínu í reitum þar sem hún hefur breiðst yfir bersvæði á Norðurlandi. Ferill er dreginn með 4. gráðu margliðu. – Figure 54. Lupin cover in plots and estimated age of lupin patches in former barren and eroded areas. A 4th degree polynomial trendline is shown.



55. mynd. Þekja og áætlaður aldur lúpínu í reitum þar sem hún hefur breiðst yfir mólendi á Norðurlandi, þ.e. á Húsavík og Hveravöllum í Reykjahverfi. – Figure 55. Lupin cover in plots and estimated age of lupin patches on former heathlands in northeastern Iceland. A 4th degree polynomial trendline is shown.

4.7 Jarðvegur

Hér verður ekki gerð ýtarleg grein fyrir niðurstöðum jarðvegsmælinga en lítið verður á hvað gagnasafnið í heild, eftir landssvæðum og landgerðum, gefur til kynna og um breytingar með tíma. Jarðvegssýni voru aðeins tekin úr efstu 10 cm jarðvegs og fékkst því ekki heildarmynd af þeim efnaförða sem byggist upp við framvindu. Meðalgildi fyrir efnapætti eru dregin saman í 3. töflu.

Sýrustig jarðvegs var að meðaltali 6,2. Það var nokkru lægra í sýnum frá sunnan- en norðanverðu landinu, þegar lítið er til mela og sanda (3. tafla). Sýrustig mólendis á Norðurlandi var hins vegar svipað og í sýnum af Suðurlandi. Fyrir gagnasafnið í heild og mela af Norðurlandi lækkar sýrustig marktækt með hækkandi aldri lúpínu. Tilhneiging í sömu átt kom fram á Suðurlandi en hún var ekki marktæk. Á jarðvegsþykkara mólendi á Norðurlandi varð engin tilhneiging til breytinga á sýrustigi með aldri lúpínu (56. mynd).

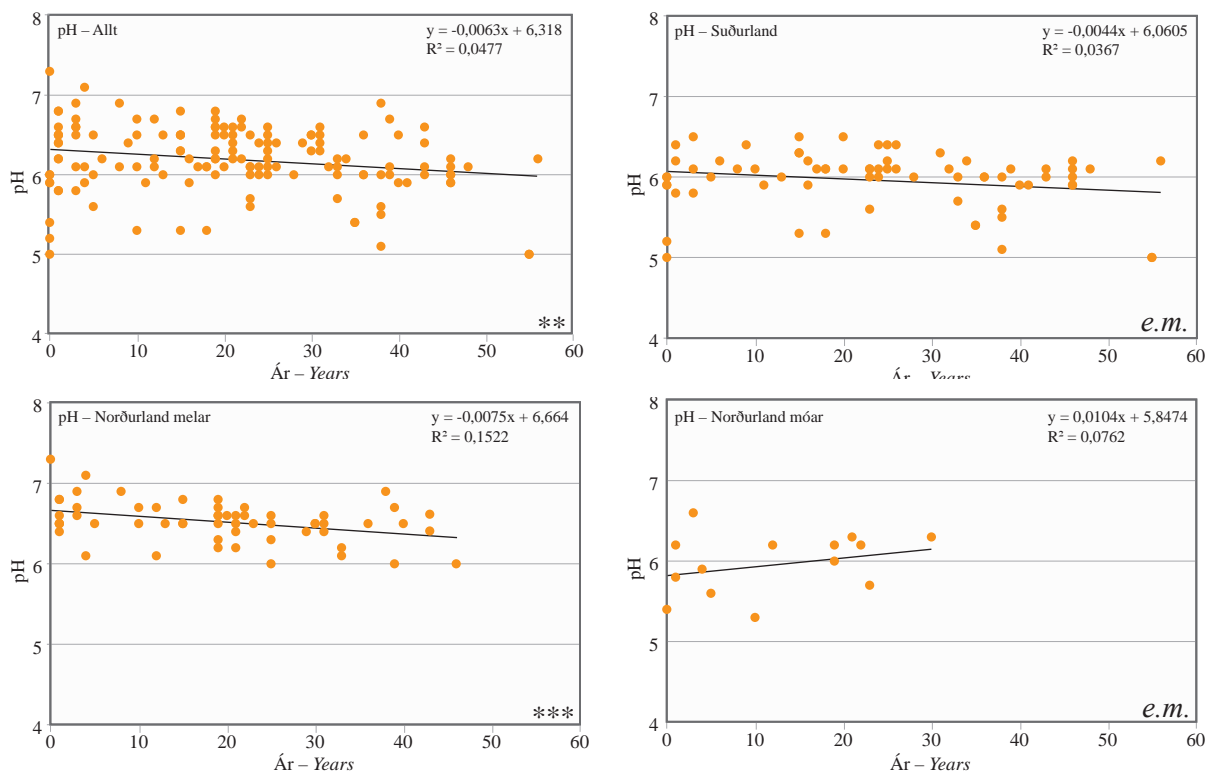
Styrkur kolefnis í efstu 10 cm jarðvegs var að meðaltali 3,3% þegar á heildina er lítið. Það var langhæst í mólendi á Norðurlandi en lægst í melum norðanlands (3. tafla). Marktæk aukning varð á styrk kolefnis með vaxandi aldri lúpínu fyrir gagnasafnið í heild og línuleg aðhvarfsgreining gaf til kynna að jafnaði hækki kolefnisprósenta um 0,8% í efstu 10 cm jarðvegs á hverjum áratug í allt að 55 ár eftir að lúpína fer að vaxa í landi. Ef mögulegar breytingar á hlutfalli fín- og grófjarðar eru ekki teknar með í reikninginn, og meðalrúmþyngd jarðvegs á svæðunum er áætluð sem $0,8 \text{ g/cm}^3$, þá svarar þessi aukning til árlegrar kolefnisbindingar upp á $0,064 \text{ kg C}$ á hvern m^2 í efstu 10 cm jarðvegs eða 638 kg C/ha á ári (57. mynd). Ennfremur að í melajörð og sandjörð á Suðurlandi hafi heildarkolefnisprósenta hækkað um 1,1 á hverjum áratug en um 0,8 á Norðurlandi (57. mynd). Þegar gögnin voru skoðuð nánar eftir landshlutum kom í ljós að aukningin í styrk C með aldri lúpínu var hámarktæk á sunnanverðu landinu og melum á Norðurlandi. Í móum á Norðurlandi varð hins vegar ekki marktæk breyting á styrk kolefnis á 30 árum (57. mynd).

Styrkur köfnunarefnis í efstu 10 cm jarðvegs var að meðaltali 0,24% í sýnum af landinu öllu og var munurinn sambærilegur milli landshluta, jarðvegsgerða og með tíma eins og kom fram fyrir kolefni (3. tafla, 58. mynd). Köfnunarefnisstyrkur var mestur í mólendisjarðvegi á Norðurlandi en lægstur í melajörð og sandjörð á sama svæði. Ef sömu forsendur um rúmþyngd jarðvegs og hlutfall fínjarðar eru notaðar og áður, þá samsvara breytingarnar með aldri lúpínu (marktæk aukning um að jafnaði 0,06% N á áratug í allt að 55 ár) sem köfnunarefnisbindingu upp á 45 kg N/ha á ári í efstu 10 cm jarðvegs. Á sunnanverðu landinu var árlega köfnunarefnisbindingin að jafnaði $58,4 \text{ kg N/ha}$ í allt að 55 ár, í melajörð á Norðurlandi var hún að jafnaði $38,4 \text{ kg N/ha}$ í allt að 45 ár og í mólendisjarðveginum á Norðurlandi voru vísbendingar um $31,2 \text{ kg N/ha}$ árlega köfnunarefnisbindingu í allt að 30 ár, en línulega aðhvarfið var bara marktækt fyrir fyrir rýrari jarðvegsgerðirnar

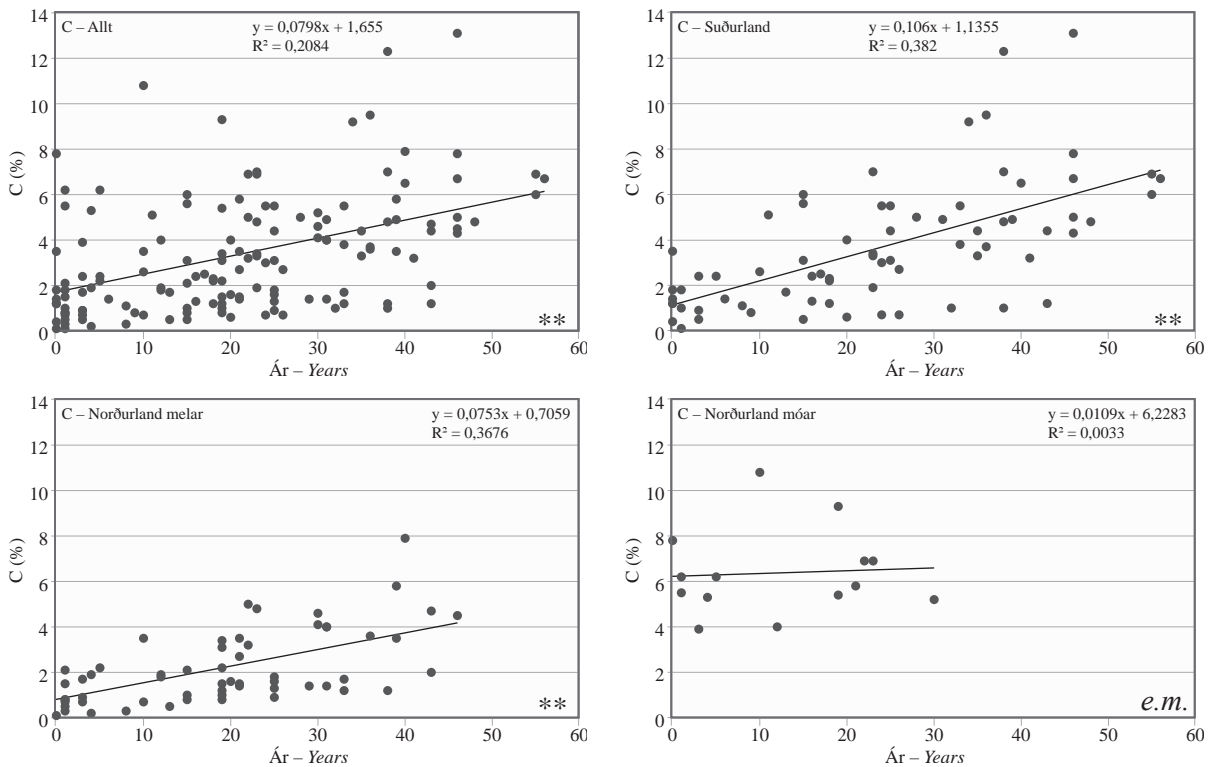
C/N hlutfall jarðvegs var að meðaltali 14,5, lægst á Suðurlandi en hæst í mólendi á Norðurlandi (3. tafla, 59. mynd). Fyrir gagnasafnið í heild og fyrir mólendi á Norðurlandi lækkaði hlutfallið marktækt með tíma, sem bendir hraðari uppsöfnunar (bindingar) á köfnunarefni miðað við breytingarnar á kolefni í jarðvegi. Þar eð C/N hlutfallið breyttist ekki marktækt á sunnanverðu landinu eða í melum og sandjörð á Norðurlandi má ætla að köfnunarefnisbinding og kolefnisbinding í jarðvegi hafi tekið svipuðum breytingum með tíma eftir að lúpína þakti reitina (59. mynd).

3. tafla. Sýrustig, heildarinnihald kolefnis og köfnunarefnis og C/N hlutfall í efstu 10 cm jarðvegs, í og við lúpínubreiður, meðaltal \pm staðalskekka. Sýnum af Norðurlandi er skipt upp í melasvæði og mólendi. Á Suðurlandi var jarðvegsgerð einsleitari á söfnunarstöðum. – Table 3. Soil pH, total carbon and nitrogen concentration and C/N ratio in 0–10 cm of soil within and *control land adjacent to lupin patches* sampled in the first (1990s) and the second (2011–2015) inventory in southern and northern Iceland. Values are means \pm SE. Samples from northern Iceland are divided between barren areas and heathlands, but in southern Iceland the sites were generally in barren areas or on old glacial riverbeds.

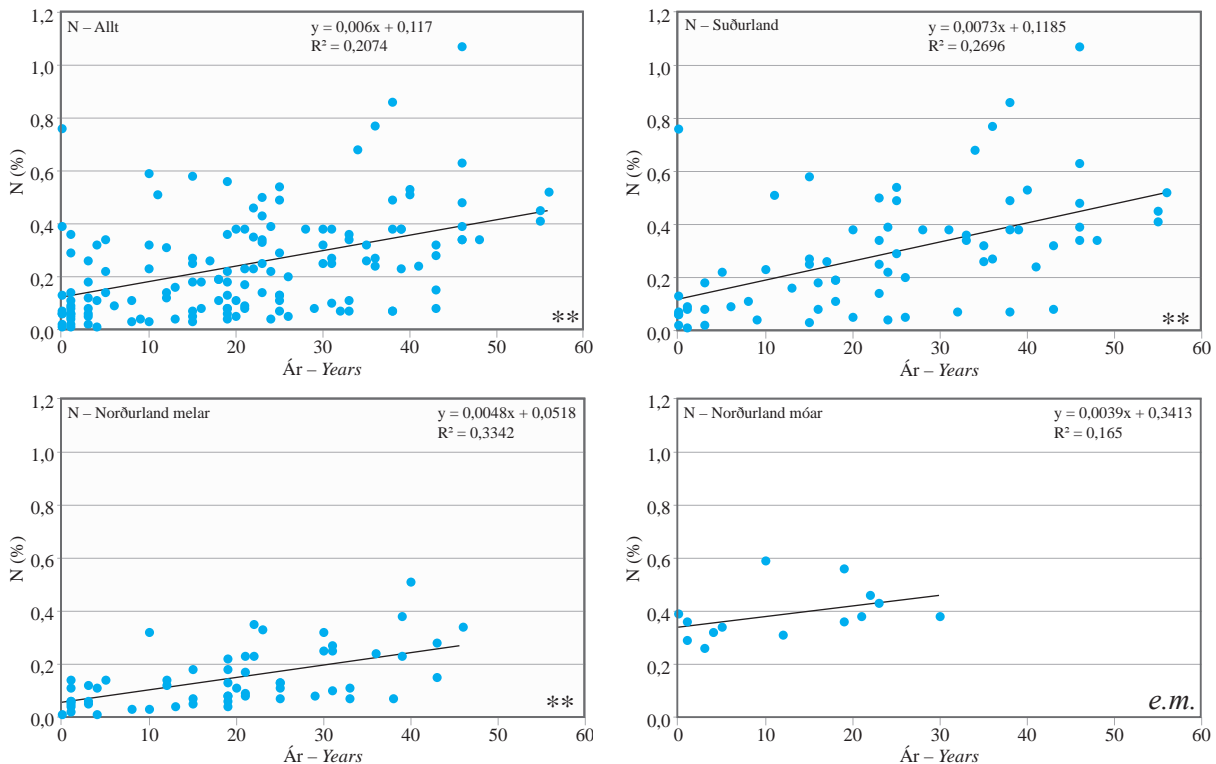
	n	pH	C%	N%	C/N
Suður- og Vesturland – Southern sites	71	5,96 \pm 0,04	3,68 \pm 0,32	0,29 \pm 0,03	13,80 \pm 0,51
Norðurland melar – Northern sites on gravel	71	6,52 \pm 0,03	2,15 \pm 0,21	0,14 \pm 0,01	14,97 \pm 0,29
Norðurland mólendi – Northern heathland sites	14	5,97 \pm 0,10	6,36 \pm 0,49	0,39 \pm 0,02	16,31 \pm 0,54
Öll svæði – All sites	143	6,19 \pm 0,04	3,32 \pm 0,21	0,24 \pm 0,02	14,52 \pm 0,29



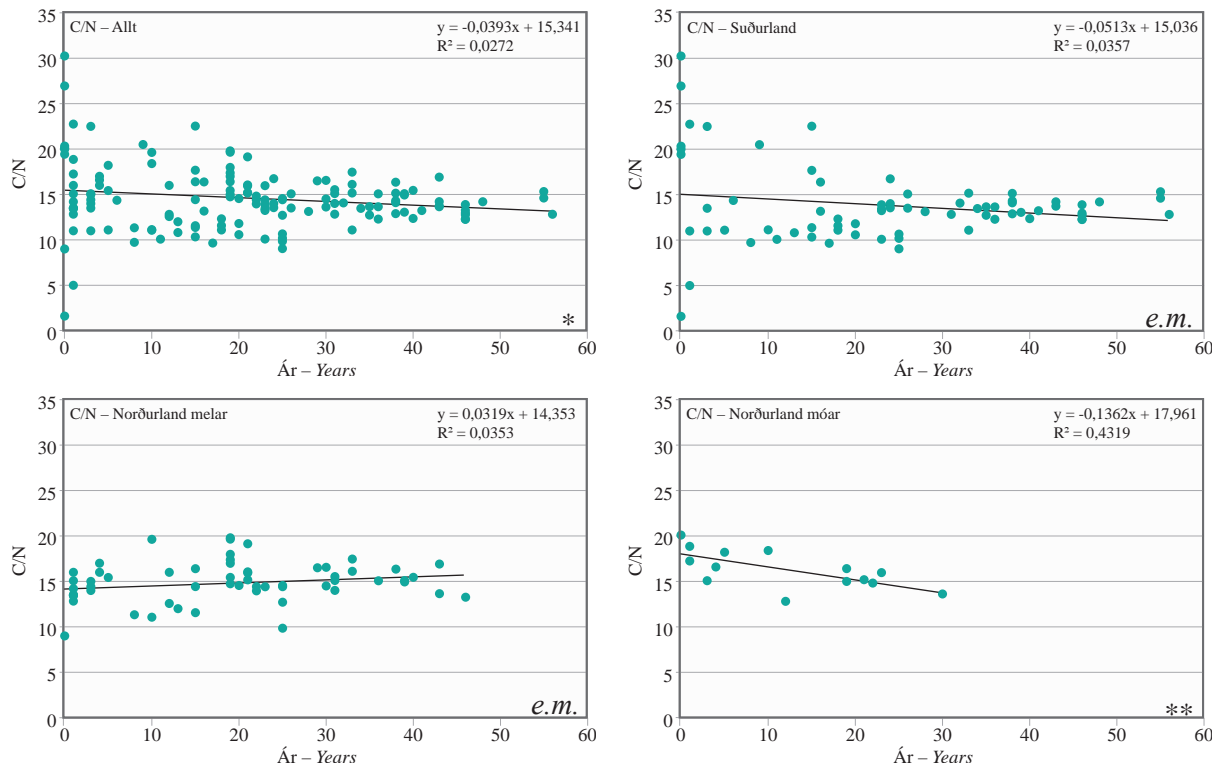
56. mynd. Sýrustig í efstu 10 cm jarðvegs og aldur lúpínu. Reiknað er línulegt aðhvarf og sýnd er aðhvarfslína, jafna og marktækni *** <0,01, ** <0,05, * <0,1, e.m. = ekki marktækt. – Figure 56. Soil pH and lupin age. A linear trendline, with equation, R2 and level of significance *** <0.01, ** <0.05, * <0.1, e.m. = not significant. Soil was sampled down to 10 cm depth. Whole data set (upper left), southern Iceland (upper right), barren areas in northern Iceland (lower left), heathlands in northern Iceland (lower right).



57. mynd. Kolefnisinnihald jarðvegs (C%) og aldur lúpínu. Reiknað er línulegt aðhvarf og sýnd er aðhvarfslína, jafna, fylgni í öðru veldi (R2) og marktækni *** <0,01, **<0,05, * <0,1, e.m. = ekki marktækt. – Figure 57. Soil carbon content (C%) and lupin age. A linear trendline, with equation, R2 and level of significance *** <0.01, **<0.05, * <0.1, e.m. = not significant. Whole data set (upper left), southern Iceland (upper right), barren areas in northern Iceland (lower left), heathlands in northern Iceland (lower right).



58. mynd. Köfnunarefnisinnihald jarðvegs (N%) og aldur lúpínu. Reiknað er línulegt aðhvarf og sýnd er aðhvarfslína, jafna, fylgni í öðru veldi (R2) og marktækni *** <0,01, **<0,05, * <0,1, e.m. = ekki marktækt. – Figure 58. Soil nitrogen content (N%) and lupin age. A linear trendline, with equation, R2 and level of significance *** <0.01, **<0.05, * <0.1, e.m. = not significant. Whole data set (upper left), southern Iceland (upper right), barren areas in northern Iceland (lower left), heathlands in northern Iceland (lower right).



59. mynd. C/N hlutfall jarðvegs og aldur lúpínu. Reiknað er línulegt aðhvarf og sýnd er aðhvarfslína, jafna, fylgni í öðru veldi (R^2) og marktækni *** <0,01, **<0,05, * <0,1, e.m. = ekki marktækt. – Figure 59. C/N ratio and lupin age. A linear trendline, with equation, R^2 and level of significance *** <0.01, **<0.05, * <0.1, e.m. = not significant. Whole data set (upper left), southern Iceland (upper right), barren areas in northern Iceland (lower left), heathlands in northern Iceland (lower right).

5 UMRÆÐA

Í seinni mælingum á gróðri á gömlum lúpínusvæðum 2011–2014 var farið á 14 af 15 stöðum sunnanlands og norðan sem fyrst voru rannsakaðir 1988–1993. Að auki var nú einu nýju svæði bætt við sunnanlands. Svæðin eiga það flest sammerkt þau eru með elstu stöðum í hverjum landshluta þar sem lúpína hefur breiðst út við mismunandi aðstæður. Því má ætla að þau gefi allgóða mynd af þeim breytingum sem verða á gróðri og jarðvegi þar sem lúpína nemur land og breiðist um héraendis. Víðast hvar var hægt að finna mælireiti á nýjan leik eða fara nærri um staðsetningu þeirra og endurtaka mælingar. Í þremur tilvikum var það ekki vegna þess að upp var vaxinn þéttur, ræktaður skógur og fundust reitir þar ekki. Í öðrum tilvikum hafði lúpínu verið eytt með aðgerðum og því gripið inn í framvindu. Alls var unnt að endurtaka mælingar í 69 mælireitum af 93 sem upphaflega voru lagðir út. Til viðbótar voru fimm reitir lagðir út á einu nýju svæði. Merkihælar voru endurnýjaðir í öllum reitum og GPS-staðsetningar þeirra skráðar sem ekki var gert í fyrri mælingum. Því ætti að vera unnt að endurtaka mælingarnar á sömu stöðum og í reitum að nokkrum tíma liðnum þyki ástæða til.

5.1 Áhrif veðurfars

Eins og fram hefur komið í þessum rannsóknum okkar nú og í þeim fyrri (Borgþór Magnússon o.fl. 2001) bendir allt til þess að sá mikli munur sem er í veðurfari, einkum úrkomu, milli suður- og norðurhluta landsins skýri að stórum hluta þau tilbrigði sem fram komu í framvindu og áhrifum lúpínu á rannsóknasvæðum okkar. Alaskalúpína er stórvaxin jurt og komin af svæði við Kyrrahafsströnd Alaska þar sem úrkoma er mjög ríkuleg og víðast hvar langt yfir 1000 mm

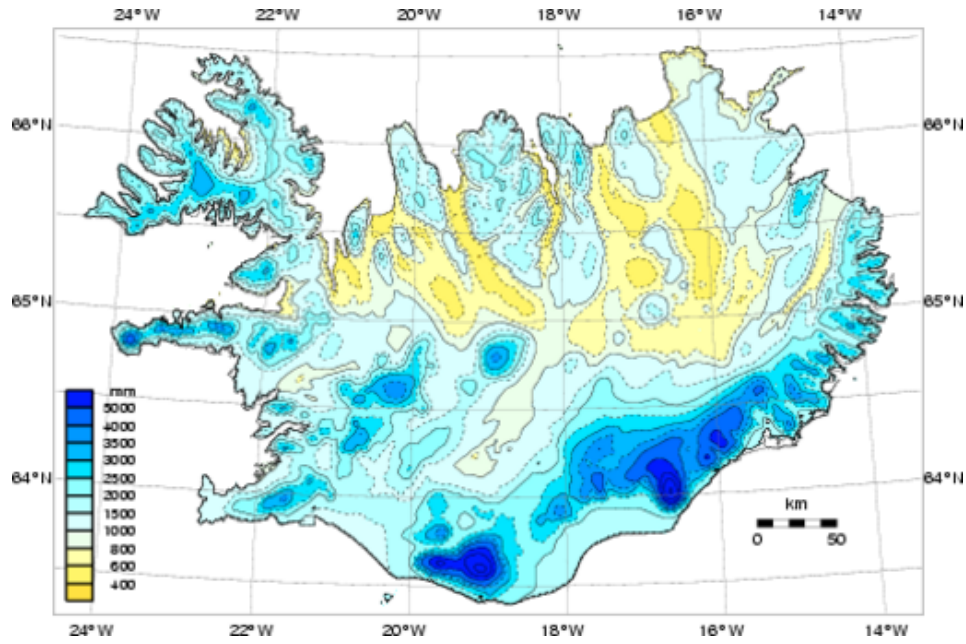
á ári og meðalárshiti svipaður eða nokkru hærri en með suðurströnd Íslands (Stafford, Wendler og Curtis 2000, Hákon Bjarnason 1946). Því má ætla að kjöraðstæður fyrir tegundina hér á landi séu þar sem úrkomusamast og hlýjast er um sunnanvert landið. Vaxtarskilyrði séu hins vegar síðri á þurrviðrasamari og svalari svæðum í dölum og inn til lands á norðanverðu landinu. Þessi munur kemur vel fram á úrkomu- og hitakortum Veðurstofu Íslands (60.–61. mynd). Að okkar mati er það munur í úrkomu milli landshluta sem ríður baggamuninn varðandi vaxtarskilyrði lúpínunnar. Í innsveitum á Norðausturlandi birtist þetta m.a. í því að þar nær lúpína ekki að mynda þéttar, hávaxnar breiður á sléttum melum, áraurum og hryggjum þar sem jarðvegur er gropinn og djúpt á jarðraka. Það er helst í lægðum sem lúpína dafnar vel við slíkar aðstæður. Hins vegar vex hún á sömu svæðum mjög vel í grónu mólendi með þykkari, fínkorna jarðvegi sem býr yfir betri raka- og vaxtarskilyrðum.

5.2 Gróðurframvinda og hörfun lúpínu

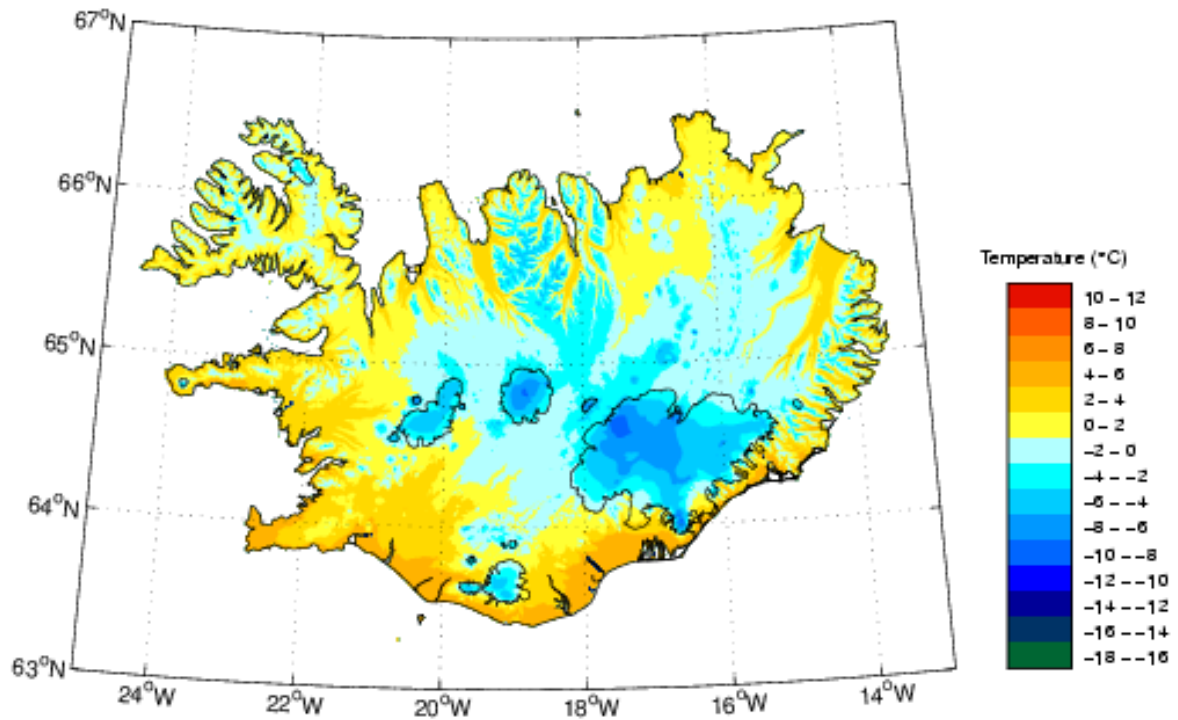
Eins og kom fram eftir fyrri mælingar okkar verða miklar breytingar á gróðri þar sem lúpína myndar þéttar breiður. Framvinda af völdum lúpínu sveigist í sömu átt, hvort sem um er að ræða lítt gróið land, mosaheiði eða gróna lyngmóa. Í lúpínubreiðum þróast gróður í átt að gras- og blómlendi sem sums staðar er elftingablandið. Að jafnaði fækkar plöntutegundum verulega í landi sem lúpína breiðist yfir en á því eru þó undantekningar (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Seinni mælingar okkar staðfesta þetta enn frekar.

Um sunnanvert landið, þar sem úrkoma er ríkuleg, er framvindan sú að eftir að lúpína hefur breiðst yfir land og myndað samfellda breiðu hverfa flestar lágvaxnar mela- og móategundir í skugganum undir lúpínubakinu. Á jarðvegsyfirborði myndast mikið sinulag af stönglum lúpínunnar sem rotna hægt (Hólfríður Sigurðardóttir 2004). Þar eru góð vaxtarskilyrði fyrir skuggþolna, breiðumosa sem mynda er árin líða nær samfellt, þykkt teppi undir lúpínunni. Algengast er að engjaskraut (*Rhytidiadelphus squarrosus*) sé þar ríkjandi en einnig sjást mósasigð (*Drepanocladus uncinatus*), tildurmosi (*Hylocomium splendens*) og lokkmosar (*Brachythecium*) víða í þeim flóka. Frjósemi jarðvegs eykst skjótt undir lúpínunni og það kunna grastegundir eins og vallarsveifgras, túnvingull og fleiri vel að meta og hleypur mikill grasvöxtur í lúpínubreiðurnar. Í þetta umhverfi sækja einnig nokkrar breiðblaða jurtir sem algengar eru í fremur frjósömum jarðvegi, en algengastar í breiðunum eru ætihvönn, blágresi, túnfífill og brennisóley. Allt eru þetta tegundir sem þurfa sæmilega ríkan jarðveg til að ná góðu vexti af gögnum frá Bretlandi að dæma (Hill o.fl. 1999). Í lúpínubreiðunum bregður einnig fyrir, misjafnt eftir svæðum, njóla, biskupshatti og vætudúnurt sem allt eru stórvaxnar tegundir sem geta haldið velli í sæmilega þéttum lúpínubreiðum. Nýlegar rannsóknir á gróðri í lúpínubreiðum og utan þeirra í Þórsmörk (Middleton 2015) og Morsárdal (Vetter o.fl. 2018) sýna áþekkar niðurstöður.

Á þeim svæðum sunnanlands þar sem lúpína hafði gisnað mikið eða hörfað í gömlum breiðum, svo sem í Heiðmörk, Haukadal og Þjórsárdal, var mjög þétt og þykkt mosalag í sverði (engjaskraut o.fl. tegundir) með gisnari þekju af grösum, breiðblaða jurtum eða elftingu (62. mynd). Það er tilgáta okkar að þetta mosalag sem myndast víðast hvar með árunum í lúpínubreiðum sunnanlands sé höfuðorsök þess að lúpínan hörfar þar. Mosinn sem á tíðum er 5–10 cm þykkur, liggur ofan á mikið rotnuðum sinuleyfum af lúpínunni. Í þessu lagi teljum við að spírunar- og uppvaxtarskilyrði fyrir kímplöntur af lúpínunni séu erfið og að það taki fyrir endurnýjun hennar af fræi, hvort sem er af fræregni eða langlífum fræforða í jarðvegi (Bjarni Diðrik Sigurðsson og Borgþór Magnússon 2004). Gamlar lúpínuplöntur ganga smám saman úr sér en þær verða vart eldri en 20–30 ára (Borgþór Magnússon o.fl. 1995). Þannig hörfar lúpínan úr landi við slíkar aðstæður þegar gömlu plönturnar týna tölunni og skilja þær eftir sig mjög mosaríkt graslendi



60. mynd. Kort er sýnir meðalársúrkoma á Íslandi 1961–1990. Tekið af vef Veðurstofu Íslands 19. janúar 2018 (Veðurstofa Íslands a). – *Figure 60. Iceland climatic map, mean annual precipitation 1961–1990. Data from Icelandic Met Office.*



61. mynd. Kort er sýnir meðalárshita á Íslandi 1961–1990. Tekið af vef Veðurstofu Íslands 19. janúar 2018 (Veðurstofa Íslands b). – *Figure 61. Iceland climatic map, mean annual temperature 1961–1990. Data from Icelandic Met Office.*

og blómlendi sem sumstaðar er elftingarríkt. Á gömlu mælisvæðunum í Örafum, á Kvískerjum og í Svínafelli, hafði lúpínu verið eytt þegar kom að seinni mælingunum. Því var ekki unnt að staðfesta að hörfun lúpínu sé með svipuðum hætti og lýst er að ofan. Á nýja mælisvæðinu á Hofsnesi komu hins vegar fram merki um að framvinda í lúpínunni þar stefndi í sömu átt (63. mynd).

Af einstökum svæðum sunnanlands eru mest gögn frá Heiðmörk. Þar kemur skýrt fram þróun í þekju lúpínu, grösnum, tvíkímblaða jurtum og mosum í sverði eftir því sem lengra líður frá að lúpína nemur land og gróðurbreytingum vindur fram (64. mynd). Aðrir plöntuhópar koma þar lítið eða ekki við sögu. Mosi hefur aukist þar jafnt og þétt með árunum og er ríkjandi þegar lúpínan lætur undan. Samanlögð þekja grasa og tvíkímblaða jurta, annarra en lúpínu, er allmiklu minni en mosa. Þessir hópar jukust að þekju fyrstu 20–30 árin en lítið eftir það (64. mynd).



62. mynd. Mosateppi af engjaskrauti (*Rhytidiadelphus squarrosus*) í landi sem lúpína hefur hörfað af í Haukadal í Biskupstungum, reitur HD-2b, rammi 3 (t.v.). Mosateppið hér minnir á rúbagga af kind (t.h.). Ljós. Borgþór Magnússon og Sigurður H. Magnússon, 24. ágúst 2011. – *Figure 62. A thick carpet of moss (*Rhytidiadelphus squarrosus*) has developed under lupin canopy at the Haukadalur site in southern Iceland. The moss carpet and associated vascular plant cover may prevent lupin regeneration from seed and cause gradual degeneration of lupin, as seen here. Lupin colonized the site ca. 40 years ago.*

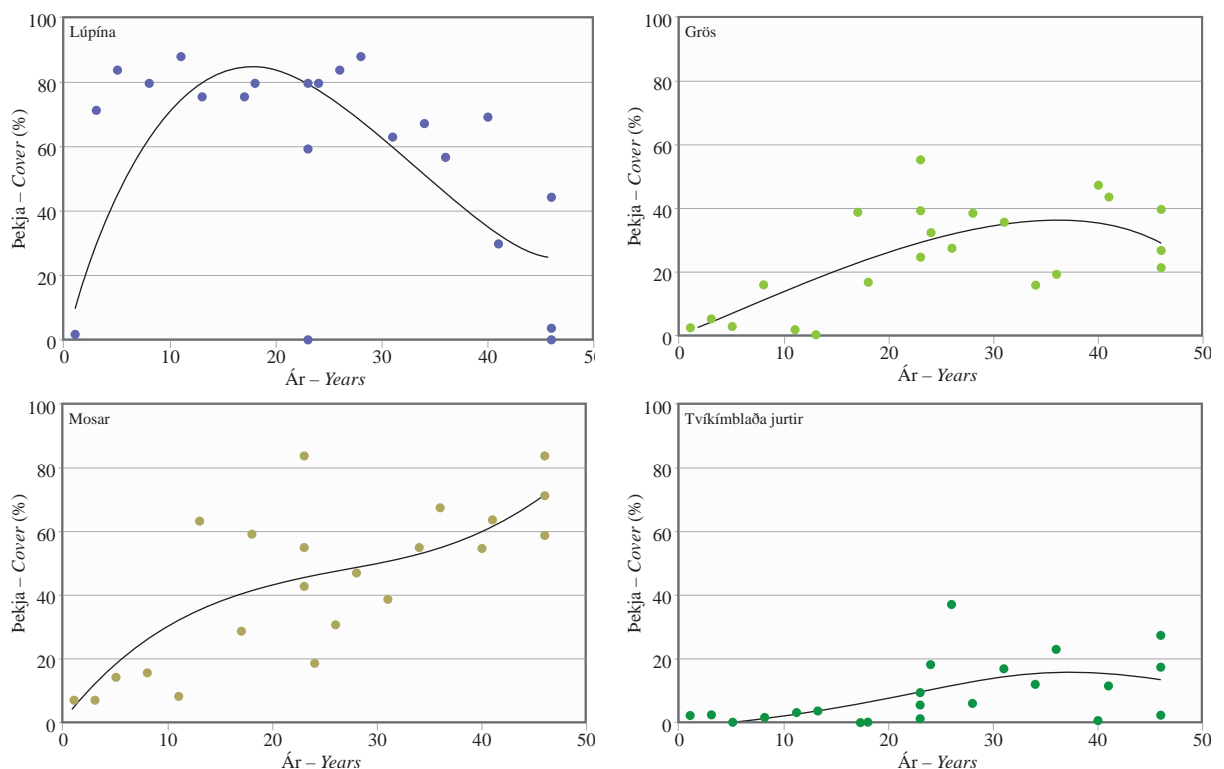


63. mynd. Lúpínubreiða frá árinu 1994 á Hofsnesi í Örafum, reitur HN-4a (t.v.). Grasvöxtur er kominn í lúpínuna sem er aðeins tekin að gisna. Mosinn engjaskraut hefur myndað nær samfellt svarðlag ofan á lúpínusinu (t.h.). Ljós. Borgþór Magnússon, 9. september 2011. – *Figure 63. Lupin at Hofsnæs site southern Iceland in 2011, colonized in 1994. A moss carpet (*Rhytidiadelphus squarrosus*) has started to develop under lupin canopy.*

Í Heiðmörk árið 2011 mátti sjá, á svæðum utan mælisniða, merki um að graslendi hefði rýrnað verulega á landi sem lúpína hafði hörfað af nokkrum árum fyrr. Þar voru mólendistegundir teknar að nema land. Líklegt er að tré- og runnategundir vaxi þar upp og að skógur myndist er tímar líða. Áhugaverð spurning er hins vegar hvort lúpína eigi þar afturkvæmt meðan landið er svo opið (65. mynd). Það gæti gerst ef eitthvert rask myndi opna svörðinn þannig að lúpínan gæti vaxið upp af laglífum fræforða sem er þarna í jarðvegi (Bjarni Diðrik Sigurðsson og Borgþór Magnússon 2004). Dæmi er um að slíkt hafi gerst á svæði þar sem lúpínu hafði verið eytt um 15 árum áður á Seljavöllum undir Eyjafjöllum. Þar óx lúpína upp af fræforða eftir að þykkt óskufall frá gosinu í Eyjafjallajökli 2010 drap graslendisgróður (óbirt gögn).

Í fyrri rannsóknum okkar voru komin fram greinileg merki um að lúpína væri tekin að hörfa af elstu lúpínublettunum í Heiðmörk og í Haukadal (Borgþór Magnússon o.fl. 2001) sem einnig var staðfest með samanburði misgamalla loftmynda frá Heiðmörk (Daði Björnsson 1997, 2011).

Á Norðurlandi var framvinda í lúpínubreiðum sem rannsakadar voru önnur en á sunnanverðu landinu. Höfuðástæðu þess teljum við vera að mun þurrara er fyrir norðan og vaxtarskilyrði gróðurs önnur. Þannig urðum við ekki varir við að jafn þétt og þykk mosabreiða myndaðist þar undir lúpínu með árunum eins og sunnanlands. Í Hrísey var til að mynda engin mosamyndun undir lúpínunni, lítil sem engin í Vaðlareit og lítil á Hálsmelum. Á Ytrafjalli, Hveravöllum, Húsavík og á Ássandi var þó, í seinni mælingum okkar, kominn nokkur mosi í eldri hluta breiða, mestur á Ytrafjalli þar sem þekja fór yfir 50% í þremur reitum (55–71%). Hvergi annarsstaðar norðanlands náði mosapekja því marki (0–43%). Það er mat okkar að á Norðurlandi sé mosamyndun í sverði í lúpínubreiðum ekki það mikil að taki fyrir endurnýjun lúpínu af fræi



64. mynd. Þekja lúpínu, mosa, grasa og tvíkímblaða jurta og aldur lúpínu í reitum í Heiðmörk sem mældir voru 1988 og 2011. Ferlar eru dregnir með 3. gráðu margliðum nema fyrir mosa þar sem notuð er 2. gráðu margliða. – Figure 64. Development in lupin cover in plots of estimated age at Heiðmörk, southeastern Iceland. A 3rd degree polynomial trendline is shown, except for moss which is 2nd degree.



65. mynd. Land í Heiðmörk sem lúpína hafði hörfað af fyrir nokkrum árum, skammt frá sniði HM III. Fremur rýrt graslandi sem krækilyng, beitilyng og fleiri mólendistegundir hafa numið landi í. Blávingull var hér ríkjandi af grösum. Ljós. Borgþór Magnússon, 3. ágúst 2011. – *Figure 65. A site in Heiðmörk, southern Iceland in 2011, with poor grassland and heathland flora (e.g. Festuca vivipara, Empetrum nigrum, Calluna vulgaris). The site was eroded and had scattered vegetation cover about 50 years ago when it was colonized by lupin. In 2000 most of the lupin had degenerated at the site.*

með árunum. Það hefur a.m.k. ekki gerst enn í 30–45 ára gömlum breiðum. Líklegt er því að víðast hvar á Norðurlandi geti lúpína viðhaldið stofni sínum með endurnýjun með fræregni eða af fræforða í jarðvegi eftir að fyrsta kynslóð plantna hverfur. Þar er hún hinsvegar oft rýrari inn til landsins á jarðvegsþynnra landi og því eru þar meiri líkur á að trjá- og runnagróður geti numið land. Það leiði að líkindum til þess að hún lætur með tíð og tíma undan síga á beitarfriðuðum svæðum. Lúpínan er, líkt og flestar aðrar köfnunarefnisbindandi tegundir, fremur ljóselsk (Hiltbrunner o.fl. 2014) og því er landnám hávaxnari (skuggþolnari) tegunda líklegt til að leiða til þess að hún hverfi úr landi. Þó veltur það á hversu þétt slíkt efra laufþak verður. Það á sérstaklega við birkið sem er ljóselskasta trjátegundin sem hér vex og myndar því almennt bjartari skógarbotn (með lægri grunnfleti trjáa) en aðrar skógargerðir þegar það vex upp og eldist (Rollinson 1988).

Hvergi á mælisvæðum okkar Norðurlandi sáum við skýr merki um að lúpína hefði algjörlega hörfað af landi nema í Hrísey þar sem skógarkerfill hafði breiðst yfir hana. Hins vegar komu fram greinileg merki um nokkra gisnun lúpínu, einkanlega á melum, en ekki var það allsstaðar. Á athugunarsvæði á gömlum mel í Hrísey, sem laust var við skógarkerfil, hélt lúpínan enn fullri þekju í yfir 40 ára gamalli breiðu. Víðast hvar annarsstaðar hafði orðið einhver gisnun lúpínu á melum, án þess að um hreina hörfun væri að ræða. Það sem vakti hvað mesta athygli okkar eftir seinni mælingar okkar var hin mikla aukning æðplöntutegunda í gömlum, gisnum breiðum á melkollum og í skriðum á Hveravöllum og Ytrafjalli. Staðfestir það enn frekar ályktun okkar eftir fyrri mælingar. Í innsveitum á Norðurlandi er of þurrt til að lúpína nái að mynda hávaxnar, þéttar breiður á lítt grónum svæðum. Þar verða því skuggaáhrif af lúpínu minni og sinufall og breytingar á umhverfi ekki jafn afdrifaríkar. Sá gróður sem fyrir er lifir miklu frekar og sumstaðar fjölgar tegundum inni í breiðunum. Ætla verður að fjölgun tegunda stafi af bættu næringarástandi jarðvegs, en einnig er líklegt að skjól í gisinni lúpínunni, stöðvun fjúkandi fræs og betri spírúnarskilyrði eigi hlut að máli (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Á Hveravöllum og Ytrafjalli er mjög stutt í gamalgróið mólendi



66. mynd. Mólendi (t.v.) sem lúpína leggur undir sig (t.h.) á Hveravöllum í Reykjahverfi, Suður-Pingeyjarsýslu. Lúpína dreifist greiðlega niður skorninga með leysingavatni og breiðist út frá þeim til beggja handa. Ljósmyndir Borgþór Magnússon, 13. ágúst 2011. – *Figure 66. Lupin invading heathland in NE-Iceland. The lupin spreads rapidly along meltwater courses and streams.*

og fræuppsprettur sem gæti skýrt líflegt landnám mólendistegunda á gömlum lúpínuelum þar á seinni árum. Til samanburðar má nefna athugunarsvæðið á Ássandi þar sem lengra er í gamalgróið land. Þar varð, í seinni mælingum, ekki vart við landnám mólendistegunda í lúpínunni.

Þar sem lúpína hafði breiðst yfir mela norðanlands var gróðurframvinda að öðru leyti keimlík því sem var sunnanlands. Grasvöxtur jókst í landinu, einkum túnvingull og blásveifgras, og breiðblaða jurtir sóttu í sig veðrið. Meira var um að birki í breiðum fyrir norðan, einkum í Vaðlareit og á Ytrafjalli þar sem skógrækt hafði verið stunduð í áratugi og birki fyrir í landi. Rannsóknir Ásu L. Aradóttur (2004) með sáningu og plöntun birkis í lúpínubreiður leiddu í ljós að ungbirki átti erfitt uppdráttar í hávöxnum, þéttum lúpínubreiðum sunnanlands en lífslíkur voru betri í gisinni lúpínu á Norðausturlandi. Niðurstöður okkar nú benda í sömu átt en á flestum rannsóknasvæðum okkar sunnanlands var mjög lítið eða ekkert um birki í gömlum lúpínubreiðum, þrátt fyrir að víða væri stutt í birkilundi. Niðurstöður fjölbreytugreiningar sýndu einnig að, í það heila tekið, jókst birki ekki og jafnframt ekki víðir (gulvíðir og loðvíðir) með aukinni þekju og aldri lúpínu í reitum (5. mynd).

Vaxtarskilyrði fyrir lúpínu eru mjög góð í mólendi norðanlands, samanber framvindu á rannsóknasvæðum í Eyjafirði og Suður-Pingeyjarsýslu. Þar er fínkorna moldarjarðvegur sem er rakaheldnari en melar og urðir og gerir hann lúpínunni kleift að spjara sig þótt úrkoma kunni að vera lítil. Í mólendi í þessum landshluta er mosi og grasvöxtur lítill. Svörður er opinn, spírunar- og uppvaxtarskilyrði fyrir lúpínu góð. Þar sem lúpína breiðist yfir mólendi norðanlands myndir hún mun þéttari og hávaxnari breiður en á melum, virðist viðhalda fullri þekju, í a.m.k. tvo til þrjá áratugi, og framvinda er allt önnur. Þar eyðist allur lynggróður og myndast mjög fábreytt, gróskumikið samfélag af lúpínu, vallelftingu, blágresi, túnfli, ætihvönn og fleiri tegundum. Grasvöxtur í breiðum er lítill og mosamyndun nær engin, eins og mælingar í í Hrísey, á Hveravöllum og Húsavík sýna. Mörg dæmi eru um mikla sókn lúpínu inn á beitarríðað mólendi á Norðurlandi og Austurlandi á undanförunum árum sem hefur sums staðar leitt til viðbragða (sjá t.d. Rannveig Thoroddsen o.fl. 2009, Sigríður Björgvinsdóttir 2012, Elín Guðmundsdóttir o.fl. 2016, Aagot Vigdís Óskarsdóttir 2017). Upphaflega hefur lúpínu verið plantað þar eða sáð í mela og illa gróin svæði til uppgræðslu en hún hefur ekki látið þar staðar numið og breiðst auðveldlega inn á gróið land. Það mun hún gera áfram þar sem land er friðað fyrir beit (66. mynd). Höfundum virðist sem þetta gerist síður í mosa- og grasríkara mólendi sunnanlands. Þar eigi lúpínan erfðara með landnám og útbreiðslu.

Skógarkerfill var lítillaga tekinn að gera vart við sig í Heiðmörk og Hrísey við fyrri mælingar okkar þótt ekki kæmi hann fyrir í mælireitum (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Í Hrísey hafði við seinni mælingar árið 2011 orðið sprenging í útbreiðslu skógarkerfils og hafði hann lagt undir sig lúpínubreiður og gömul tún norður á eyinni. Við gróðurkortlagningu í Hrísey árið 2007 var heildarútbreiðsla hans um 10 ha en var um 3 ha árið 1998 (Rannveig Thoroddsen o.fl. 2009). Gróðurmælingar þær sem við gerðum 2011 í Hrísey í mólendi sem lúpína hefur breiðst yfir og skógarkerfill síðan lagt undir sig gefa til kynna að kerfilsbreiður séu með eindæmum fábreyttar að gróðurfari. Þær taka lúpínunni langt fram í þeim efnum. Nýlegar rannsóknir í Eyjafirði sýna sömuleiðis að ungar kerfilsbreiður sem breiðast út yfir frjósamt graslendi á fyrrum ræktalandi mynda nánast tegundahreinar breiður (Brynhildur Bjarnadóttir o.fl. 2018). Skógarkerfill er stórvaxin, nitursækin (Hill o.fl. 1999) og skuggaþolin sveipjurt sem leggur undir sig frjótt land og myndar samfelldar breiður. Hann er stórvaxnari en lúpínan og vex henni yfir höfuð. Skógarkerfill er skilgreindur sem ágeng, framandi tegund hér á landi (Sigurður H. Magnússon o.fl. 2006, Sigurður H. Magnússon 2011, Brynhildur Bjarnadóttir o.fl. 2018). Víða um land hefur hann breiðst út í gróskumikið graslendi og lúpínubreiður á undanförunum árum, þar sem land er friðað fyrir beit. Kerfillinn nýtur góðs af lúpínunni sem eykur mjög frjósemi jarðvegs og býr í haginn fyrir hann. Dæmi eru um það erlendis frá að lúpínur greiði götu annarra framandi, nitursækinna tegunda (del Moral og Bliss 1993, Warren 1995, Marron og Connors 1996, Pickart o.fl. 1998). Í Noregi hefur skógarkerfill einnig aukið mjög útbreiðslu sína undanfarna áratugi og sótt í frjósamt land sem fyrrum var nytjað í jarðrækt eða til beitar (Rosef og Bele 2007, 2008, Bioforsk 2012). Hinsvegar vantar enn frekari rannsóknir til að vita hver framvinda verður í kerfilsbreiðunum þegar hægir hugsanlega á hringrás N eftir að lúpínan hefur hörfað af landi (Brynhildur Bjarnadóttir o.fl. 2018), líkt og okkur virðist vera að byrjað að gerast í Heiðmörk.

Vísbendingar eru um að beit fiðrildalirfa geti haft umtalsverð áhrif á lúpínu og framvindu í breiðum. Árið 1991 varð fyrst vart við faraldur af ertuyglu (*Melanchra pisi*) í lúpínu í Morsárdal og á næstu árum var hins sama vart í lúpínubreiðum undir Eyjafjöllum, í Mýrdal og víðar um land. Jafnframt sótti yglan á og fór illa með trjágróður í nágrenni lúpínubreiða (Bjarni Diðrik Sigurðsson o.fl. 2003). Aukin tíðni faraldra ertuygla hér á landi hefur verið tengd vaxandi útbreiðslu lúpínu og standa yfir rannsóknir á þessu samspili (Brynja Hrafnkelsdóttir o.fl. 2011, 2016), en yglan er nú útbreidd og myndar faraldra frá Lónssveit og suður og vestur um að Sælingsdal. Ekki er að undra að hraðvaxandi framboð af köfnunarefnisríkum plöntuvef freisti grasbíta meðal skordýra og geti haft áhrif á stofna þeirra. Í rannsóknum okkar urðum við ekki varir við faraldra af ertuyglu eða öðrum skordýrum á svæðum okkar þau ár sem við heimsóttum þau. Þar með er ekki útilokað að þeir hafi orðið og haft áhrif. Þekkt er að fiðrildalirfur og fleiri hópar skordýra, herja á lúpínur í náttúrulegum og nýjum heimkynnum, valda miklum sveiflum í stofnum þeirra og greiða götu annarra plantna sem taka sér bólfestu í gömlum lúpínubreiðum (Gadgil 1971, Strong o.fl. 1995, Bishop 2002, del Moral og Rozzel 2005, del Moral o.fl. 2012).

Hvergi hefur verið fylgst jafn náíð með landnámi og framvindu gróðurs og á St. Helens eldfjallinu í Washington-ríki í Bandaríkjunum eftir stórgos sem þar varð árið 1980. Smávaxin lúpínutegund (*Lupinus lepidus*) lék þar lykilllutverk í landnámi og framvindu gróðurs á vikrum í hlíðum og við rætur fjallsins. Á hverju ári frá 1989 til 2010 fóru fram mælingar á þekju lúpínu og annarra plöntutegunda í föstum reitum. Í ljós koma að lúpína smájókst í reitum fram undir árið 2000 er henni hnignaði mjög vegna skordýrabeitar. Lúpínan rétti hins vegar úr kútnum og náði nýjum hæðum 2003 er nýjar plöntur uxu upp af fræforða. Aftur varð hrun 2005 en nýjum og enn meiri hæðum náð 2007. Framhald varð á þessum sveiflum meðan rannsóknin stóð og eru þær einkum raktar til skordýrabeitar. Yfir tímabilið fjölgaði öðrum tegundum, mest fyrsta áratuginn og gróður þétti sig (del Moral o.fl. 2012). Fróðlegt verður að sjá hvor aukin útbreiðsla og faraldrar ertuyglu

á landinu sunnan- og vestanverðu á síðustu og komandi árum eigi eftir að hafa áhrif á framvindu lúpínu þar þegar til lengri tíma er litið.

Flauelslúpína (*Lupinus leucophyllus*) er algeng í gras- og runnlendi í norðvesturhluta Bandaríkjanna. Hún er eitruð fyrir nautgripi og getur orsakað vanhöld þeirra þegar mikið er um lúpínu í högum. Í ljós hefur komið að flauelslúpinan dafnar vel í úrkomusömum árum og eykst í gróðri en á hana slær í þurrkaárum (Ralphs o.fl. 2011). Þetta minnir um margt á hvernig alaskalúpína hagar sér á melajörð á úrkomuminni svæðum á norðan- og austanverðu landinu. Athugulir heimamenn hafa ítrekað nefnt að þar sé lúpína gróskumeiri í úrkomusömum sumrum.

Hér á landi hefur í rannsóknum ekki verið fylgst lúpínubreiðum yfir lengri tímabil frá ári til árs. Mælingar á sömu breiðum á um það bil 20 ára fresti, eins og í þessari rannsókn, geta ekki sagt alla söguna um vöxt lúpíunnar og gróðurframvindu. Hefur ertuygla herjað eða þurrkaár sett strik í reikninginn? Á Hrunamannafrétti var lúpínu plantað í blásið land árið 1994. Þar hefur verið fylgst með breytingum með ljósmyndatöku hin seinni ár (67. mynd). Lúpinan myndaði smám saman þetta breiðu og dafnaði vel. Árið 2011 kom hins vegar afturkippur og sölnaði lúpinan, sennilega vegna þurrka og yglufaraldurs. Líklegt þótti að þar með væru dagar hennar á svæðinu að mestu taldir og að hún mundi hörfa. Annað kom þó á daginn. Lúpína óx upp aftur, mest af fræforða. Árið 2017 var breiðan hávaxnari og þéttari en nokkru sinni fyrr. Þetta bendir til að stofnar lúpínu á tilteknu svæði geti risið og hnigið á víxl hér á landi og viðhaldist meðan ekki tekur fyrir spírun og endurvöxt nýrra plantna af fræi. Þekkt er að fræ lúpínutegunda lifa lengi í jörðu og myndast forði þar sem þær hafa vaxið um árabil. Á það einnig við um alaskalúpínu eins og rannsóknir hér á landi hafa sýnt (Bjarni Diðrik Sigurðsson og Borgþór Magnússon 2004).

5.3 Áhrif lúpínu á jarðveg

Lúpínur er þekktar fyrir mikla bindingu á köfnunarefni úr andrúmslofti í samvinnu við gerla sem mynda hnýði á rótum þeirra (Hildbrunner o.fl. 2014). Þær vaxa vel í rýrum jarðvegi án áburðargjafar og hafa um árþúsundir verið nytjaplöntur í jarðrækt og á seinni tímum í landgræðslu og skógrækt. Óvenjuleg hæfni lúpína til að vinna og taka upp fosfór úr rýrum jarðvegi hefur einnig komið í ljós á undanförunum áratugum og er hún ekki síður talinn lykill að góðum vexti þeirra á mjög rýru landi. Úr rótum losa þær carboxylat-sambönd út í jarðveg sem leysa úr læðingi fastbundinn fosfór er þær taka upp. Þessir eiginleikar, ásamt því að villtar lúpínur eru vegna efnainnihalds (eitradra alkalóíða) lítt lostætar fyrir marga grasbíta, gera það að verkum að þær geta fremur auðveldlega orðið ágengar á rýru landi (Lambers o.fl. 2013). Í vistkerfum þar sem ákoma köfnunarefnis vegna mengunar er lítil og afkastamiklar plöntur sem binda köfnunarefni ekki að finna getur innkoma slíkra plantna haft miklar afleiðingar og gjörbreytt vistfræðilegum ferlum (Funk 2013, Hiltbrunner o.fl. 2014, Stinca o.fl. 2015, Sardans o.fl. 2016). Sú er að okkar mati raunin hér á landi hvað varðar alaskalúpínu.

Mælingar okkar nú á kolefni, köfnunarefni og sýrustigi í efstu 10 cm jarðvegs í lúpínubreiðum sýndu að áþekkar breytingar urðu með tíma og komu fram í fyrri rannsóknum (Borgþór Magnússon o.fl. 2001). Við endurteknar mælingar á jarðvegskolefni kom í ljós að það sem í fyrri úttekt virtist mögulega vera neikvætt samband á milli aldurs lúpínu og kolefnisforða í jarðvegi í mólendi norðanlands (Borgþór Magnússon o.fl. 2001), stafaði fremur af upphaflegum breytileika milli reita en áhrifum lúpínu á kolefnisforðann. Eins og áður kom fram munur milli landshluta. Jarðvegsmælingarnar sýna að uppsöfnun kolefnis og köfnunarefnis á rýru landi var að meðaltali meiri sunnanlands en norðan svo nemur um 40% fyrir kolefni en 50% fyrir köfnunarefni. Þennan mun má líklegast rekja til betri vaxtarskilyrða og framleiðni lúpínu sunnanlands. Þar nemur

aukning kolefnisprósentu í jarðvegi um 1,1 á hverjum áratug, en á hálfri öld hafði hún hækkað úr um 1% í 7%. Köfnunarefnisprósenta jarðvegs í breiðum sunnanlands hækkar hins vegar úr um 0,1% í 0,5% á sama tíma. Nýlegar rannsóknir á jarðvegi í mismunandi landvistgerðum hér á landi sýna að í gróskumiklu graslendi eins og í vistgerðum bugðupunts, snarrótar, língresis- og vinguls og blómgresis er kolefnisprósenta í efstu 10 cm jarðvegs að meðaltali á bilinu 6–12%, en þar er um gamalgróið land að ræða (Sigurður H. Magnússon o.fl. 2016). Rannsóknir okkar á lúpínu sýna að á aðeins hálfri öld nær kolefnisprósenta, og væntanlega köfnunarefnis einnig,



67. myndir. Þróun lúpínubreiðu suðvestan við Þorsteinshöfða á Hrunamannafrétti. Bakkaplöntur voru gróðursettar á svæðinu árið 1994. Lúpínan sáði sér út og myndaði samfellda breiðu á nokkrum árum. Sumurin 2010 og 2011 hnignaði lúpínunni og drápu flestar eldri plönturnar. Lúpínan endurnýjaði sig af fræforða og komin var þétt breiða á svæðinu að nýju árið 2017. Ljósmyndir Sigurður H. Magnússon, 1994 og 2010 efst, 2011 miðja, 2016 og 2017 neðst. – *Figure 67. Lupin development in a reclamation area in southern highlands, from planting in 1994 to 2017. The lupin degenerated in 2010–2011 probably due to drought or insect outbreak, but had regained full cover in 2017. Photos are from 1994 and 2010 (top, l and r), 2011 (middle), 2016 and 2017 (bottom).*

upp í þessi mörk við góðar aðstæður. Sýnir það hversu afkastamikil lúpínan er. Þegar notuð var rúmþyngd sem er mitt á milli þess sem er í ógrónum auðnum og þroskuðum mólendisjarðvegi ($0,80 \text{ g/cm}^3$; Hlynur Óskarsson o.fl. 2004) og ekki gert ráð fyrir neinni grórfjörð í efstu 10 cm jarðvegs, þá nam köfnunarefnisbinding allra rannsóknasvæðanna að jafnaði 48 kg N/ha á ári í allt að 55 ár. Þetta er tiltölulega mikið magn þegar það er haft í huga að einungis tæplega $1 \text{ kg N-NO}_3/\text{ha}$ berst árlega inn í vistkerfin hérlendis með úrkomu (Gíslason o.fl. 1996). Magnið er sambærilegt og árleg ákoma köfnunarefnis í frjósömum graslendum í þéttum sjófuglabyggðum Elliðaeyjar og Surtseyjar (Leblans o.fl. 2104, 2017).

Magn kolefnis í jarðvegi í lúpínubreiðum jókst að jafnaði um $0,064 \text{ kg C/m}^2$ á ári. Þetta er um helmingi hraðari kolefnisbinding en meðaltal ýmiskonar landgræðsluaðgerða á rýru landi hafa sýnt (Ólafur Arnalds o.fl. 2000). Sama heimild sýndi hinsvegar að þar sem bein áburðargjöf og/ eða lúpínusáningar voru hluti aðgerða þá var uppsöfnun kolefnis í jarðvegi mjög sambærileg og áætlað var í þessari rannsókn, eða $0,052$ og $0,063 \text{ g C/m}^2$ á ári (Ólafur Arnalds o.fl. 2000). Það skal þó tekið fram að mælingar Ólafs og félaga voru gerðar niður á 30 cm dýpi í jarðvegi og þeir mældu einnig rúmþyngd og hlutfall grófjarðar. Niðurstöðunum ber einnig vel saman við mælingar á aukningu kolefnis í jarðvegi í tilraunareitum vöxnum lúpínu á Geitasandi á Rangárvöllum (Ólafur Arnalds o.fl. 2013, Tanner o.fl. 2015). Eins og rakið var í fyrri rannsóknum okkar (Borgþór Magnússon o.fl. 2001, 2003, 2004) þá eru þessar niðurstöður í takt við það sem aðrar rannsóknir hafa leitt í ljós um uppsöfnun lífrænna við lúpínuframvindu og annarra líkra niturbindandi plantna erlendis (Gadgil 1971, Pananiappan o.fl. 1979, Walker 1993).

Gamall jarðvegur í viðmiðunareitum í mólendi á Norðurlandi var ríkur af kolefni og köfnunarefni miðað við lítt gróna mela. Í mólendinu greindist hins vegar ekki marktæk aukning á þessum efnunum á þremur áratugum sem liðu frá því lúpínan breiddist yfir þá. Þar sem jarðvegur er ríkur af kolefni eða köfnunarefni verður hlutfallsleg aukning minni en á rýru landi við það að sama magn efna bætist inn í vistkerfið. Þetta getur valdið því að erfiðara verður að greina marktækar breytingar í gömlum mólendisjarðvegi. Marktæk lækking greindist hins vegar á C:N hlutfalli hans, sem styrkir það að köfnunarefnisbindingin hafi raunverulega átt sér stað þar. Engin marktæk breyting sást í styrkleika kolefnis í gömlum mólendisjarðvegi með aldri, en þegar tekinn var mismunurinn í kolefnisprósentu sömu reita milli úttekta sást að þar hafði jarðvegskolefni aukist á tímabilinu (gögn ekki sýnd). Þetta bendir eindregið til þess að kolefnisprósentan hafi ekki verið samanburðarhæf milli reita á ólíkum aldri. Slík „þynningaráhrif“ eru vel þekkt hérlendis þar sem virkur uppblástur hleðst upp í jarðvegi gróins lands í nágrenni rofsvæða eða á uppgræddu landi (Ólafur Arnalds o.fl. 2000, Hlynur Óskarsson o.fl. 2004).

Sýrustig jarðvegs hafði tilhneigingu til að lækka lítillaga með aldri lúpínu. Um marktækar breytingar var þó ekki að ræða nema fyrir mela norðanlands og gagnasafnið í heild. Slíkar breytingar á sýrustigi verða að jafnaði þar sem framleiðni vistkerfa eykst (Bjarni Diðrik Sigurðsson o.fl. 2005, Leblans o.fl. 2014)

Á svæðum þar sem lúpínan hörfar með tímanum eins og dæmi eru um sunnanlands hlýtur að draga úr bindingu köfnunarefnis og framboði af lausbundnum formum þess sem plöntur nýta sér til vaxtar. Því má ætla að heldur dragi úr frjósemi jarðvegs frá því sem er þegar lúpínan er í mestum hæðum. Gróðurfur á svæðum sem lúpína hefur hörfað af í Heiðmörk bendir til þessa en þar má sjá að nægjusamar gras- og lyngtegundir, eins og blávingull og krækilyng (Hill o.fl. 1999), koma inn. Hins vegar virðist draga úr vægi nitursæknari tegunda, eins og vallarsveifgrass sem var ríkjandi grastegund er lúpínan var þéttust. Ástæða er til að rannsaka þetta betur á komandi árum og sjá hvort rétt reynist. Þetta getur haft mikil áhrif hvernig gróðurframvindan

verður til lengri tíma lítið, eins og rætt var hér að framan varðandi hvað gerist með skógarkerfil sem nemur land í gömlum lúpínubreiðum.

Hér á landi hefur því lítill gaumur verið gefinn hvort skolun köfnunarefnis með yfirborðsvatni út í læk, ár og vötn eða um jarðveg niður í grunnvatn eigi sér stað frá lúpínusvæðum. Vötn hér á landi eru alla jafna næringarefnasnauð (N og P) líkt og önnur vötn á norðlægum slóðum (Marianne Jensdóttir Fjeld o.fl. 2016). Næringarefnauki frá lúpínu gæti haft áhrif á lífríki og virkni vatnavistkerfa. Ástæða er til að rannsaka þetta nánar en það getur m.a. skipt máli þar sem lúpína hefur myndað víðáttumiklar breiður á eða við vatnsverndarsvæði. Grænelri (*Alnus viridis*) er niturbindandi runni sem vex villtur í kaldtempraða beltinu austan hafs og vestan. Með breytingum á búskaparháttum og minnkandi beit hefur hann breiðst mjög út í Ölpunum á undanförunum áratugum og lagt undir sig víðáttumikil svæði og hamlað annarri skógarframvindu. Rannsóknir sýna að í elrikjarrinu eykst mjög binding köfnunarefnis líkt og í lúpínu hérlendis, jarðvegur mettast af köfnunarefni sem leiðir til útskolunar. Í lækjarsytrum frá elrisvæðum hefur mælst hækkun á nitrati (NO_3^-) því meiri sem elrið er þéttara (Bühlmann, Hiltbrunner og Körner 2014, Hiltbrunner o.fl. 2014, Bühlmann, Körner og Hiltbrunner 2016). Á meginlandi Evrópu er árleg ákoma köfnunarefnis með úrkomu víðast mun hærri en hérlendis, og vistkerfi þar víða nálægt því að vera köfnunarefnismettuð. Þau láta því frekar frá sér nítrat ef ákoma eða köfnunarefnisbinding eykst (Gundersen o.fl. 2010). Ekki er samt hægt að fullyrða um að slíkt geti ekki gerst hérlendis til lengri tíma lítið, nema fram fari frekari rannsóknir. Þó má benda á að miðlungs frjósömum áfoksjarðvegi á Suðurlandi leiddi 350 kg N/ha áburðargjöf af hreinu köfnunarefni yfir þrjú ár ekki til þess að magn NO_3^- hækkaði sem neinu næmi í jarðvegsvatni neðan rótarlags, og var langt neðan gæðamarka sem sett eru um drykkjarvatn (Bjarni Diðrik Sigurðsson 2004, Bjarni Diðrik Sigurðsson o.fl. 2004).

5.4 Áhrif lúpínu á dýralíf

Þar sem lúpína breiðist um lítt gróið land glæðist mjög dýralíf með árunum. Af lúpínunni er mikið sinufall sem rotverur taka að vinna á. Ánamaðkar og skordýr hafa þar úr nægu að móða og eykst fjölbreytni þeirra (Hólmfríður Sigurðardóttir 2004, Brynja Davíðsdóttir 2013). Fuglalíf getur orðið mikið í gömlum lúpínubreiðum og varpþéttleiki hár en algengustu tegundir eru hrossagaukur og þúfuttlingur sem verpa ekki á lítt grónu landi (Gunnarsson og Indridadóttir 2009, Brynja Davíðsdóttir 2013, Brynja Davíðsdóttir o.fl. 2016). Samkvæmt okkar reynslu er einnig töluvert um að skógarpróstur og stelkur verpi í lúpínu. Þetta sýnir að á nokkrum áratugum nær lúpínan því að byggja upp öflugt vistkerfi með fjölbreytilegri starfsemi á lítt grónum svæðum.

Annað er uppi á teningnum þar sem lúpína breiðist yfir gróið land, svo sem lyngmóa á Norðausturlandi. Þar eyðist sá gróður sem fyrir er og smádýra- og fuglalíf tekur miklum breytingum. Fuglum sem fylgja lúpínu fjölgar væntanlega en þeim er kjósa sér opið land fækkar, svo sem rjúpu, heiðlóu og spóa. Í lyngmóum í Hrísey er eitthvert þéttasta varp rjúpna sem þekkt er (Ólafur K. Nielsen 1999) en á undanförunum áratugum hefur lúpína sótt út í móana og ógnað þessu kjörlendi rjúpunnar (Rannveig Thoroddsen o.fl. 2009). Nýlegar rannsóknir hér á landi benda til að þar sem lúpína breiðist yfir gróin eða hálfgróin svæði valdi hún verulegum breytingum á skordýrafánu og frævnarferlum (Willow 2016, Willow o.fl. 2017). Áþekkar eru niðurstöður rannsókna á áhrifum garðalúpínu (*Lupinus polyphyllus*) á skordýralíf í graslendi og blómlendi sem hún hefur breiðst inn á í Finnlandi (Valtonen o.fl. 2006, Ramula og Sorvai 2017).

5.5 Hvert stefnir um útbreiðslu lúpínu?

Útbreiðsla lúpínu hefur aukist mjög hér á landi á undanförunum árum, einkum í nágrenni þéttbýlissvæða og á landgræðslusvæðum þar sem land hefur verið friðað fyrir sauðfjárbreit. Einnig hefur skógarkerfill víðar látið á sér kræla í kjölfar lúpínunnar (Brynhildur Bjarnadóttir o.fl. 2018). Þessi aukna útbreiðsla lúpínu og kerfils hefur ekki verið öllum fagnaðarefni og hafa bæði stjórnvöld og sveitarfélög gripið til aðgerða til að stemma stigu við henni, vernda tiltekin svæði og náttúrufar þeirra (Náttúrufræðistofnun Íslands og Landgræðsla ríkisins 2010, Kristín Svavarsdóttir o.fl. 2016). Allvíða hefur útbreiðsla lúpínu, og í nokkrum tilvikum skógarkerfils, verið kortlögð, svo sem í Heiðmörk (Daði Björnsson 1997, 2011, Arna Björk Þorsteinsdóttir 2011), Þjóðgarðinum Skaftafelli (Kristín Svavarsdóttir o.fl. 2004), Stykkishólmi (Menja von Schmalensee og Róbert Arnar Stefánsson 2009), Hrísey á Eyjafirði (Rannveig Thoroddsen o.fl. 2009), Örafum (Ívar Guðlaugur Ingvarsson 2011), á Húsavík (Sigríður Björgvinsdóttir 2012), í Fjarðarbyggð (Elín Guðmundsdóttir o.fl. 2016) og Mosfellsbæ (Arna Björk Þorsteinsdóttir og Magnús H. Jóhannsson 2015). Víðast hvar hefur niðurstaðan verið hin sama þar sem lúpína hefur vaxið óhindrað og breiðst út. Fyrstu árin fer hún rólega af stað en hraði útbreiðslu eykst og nær veldisvexti er fram líður (Kristín Svavarsdóttir o.fl. 2004, Rannveig Thoroddsen o.fl. 2009). Slíkur veldisvöxtur í útbreiðslu þýðir að jafnvel þó að lúpína taki að hörfa á sums staðar á gömlum svæðum þá verður hraði landnáms á nýjum svæðum margfaldur um langan tíma, svo lengi sem land sem lúpínan getur numið óhindrað er til staðar.

Á Hólasandi í Suður-Þingeyjarsýslu hefur staðið yfir stórfelld uppgræðsla með lúpínu frá árinu 1994 en ætlunin var að klæða þar um 140 km² svæði á þremur áratugum (Þröstur Eysteinnsson og Sveinn Runólfsson 1994, Aagot Vigdís Óskarsdóttir 2017). Á sandinum eru í dag einhverjar mestu lúpínubreiður á landinu en enn er langt í land að uppgræðslunni sé lokið. Lúpína af sandinum hefur nú borist niður til Sandvatns og tekið sér þar bólfestu á grónum bökkum (Aagot Vigdís Óskarsdóttir 2017). Líklegt er að lúpínan muni einnig breiðast út í mólendi beggja vegna Hólasands er fram líða stundir, en merki sáum við um það sumarið 2011 og 2016 (68. mynd). Á nokkrum stöðum við jaðar sandsins hefur lúpínu verið sáð fast upp að mólendisbökkum sem léttir henni að taka stökkið af sandinum.

Árið 2016 birti Náttúrufræðistofnun Íslands kort af útbreiðslu lúpínu á landinu öllu. Lúpína var teiknuð og hnitúð eftir loftmyndum frá árunum 1998–2015. Samkvæmt kortlagningunni var heildarflatarmál lúpínu á landinu 2016 að lágmarki 314 km². Mest var hún á landgræðslusvæðum á Suðurlandi og Norðausturlandi og á höfuðborgarsvæðinu og Reykjanesi. Minnst var lúpína á Vestfjörðum og Austfjörðum um 5 km² á hvoru svæði. Staðir þar sem lúpínu er að finna skiptu hundruðum. Á kortinu má sjá að lúpína hefur víða dreifst langar leiðir niður með vatnsföllum (69. mynd), svo sem með Leirvogsa í Mosfellsbæ, Laxá í Leirársveit, Andakílsá, Norðurá í Borgarfirði, Langá á Mýrum, Fnjóská, Norðfjarðará, Morsá og Skeiðará, Eystri- og Ytri-Rangá, Þjórsá, Hvítá og Tungufljóti í Árnessýslu (Náttúrufræðistofnun Íslands 2016). Með ánum nemur lúpína land í hólum og á eyrum, bindur mól og hleður undir sig (Sigurður H. Magnússon og Hörður Kristinnsson 2018).

Lúpína hefur aðeins numið brot af því landi sem henni stendur opið og fyrirsjáanlegt er að útbreiðsla hennar mun margfaldast á þessari öld, einnig skógarkerfils og annars gróðurs er fylgir lúpínunni. Hluti af þessu landi er lítt eða hálfgróið, en einnig mun víðáttumikið gróið land fara undir lúpínubreiður með þeim breytingum sem við höfum lýst. Sauðfé heldur lúpínu niðri og getur komið í veg fyrir að hún breiðist inn á ný svæði. Segja má að sauðfjárbreit sé það eina sem setur útbreiðslunni mörk á láglandi og inn til heiða þar sem uppvaðarskilyrði



68. mynd. Til vinstri: Lúpínubreiður norðan Sandvatnsbrekku á Hólasandi. Til hægri: Nokkurra ára gamlar lúpínuplöntur inni á mólendi við austurjaðar Hólasands, norðan Sandvatnsbrekku. Góð vaxtar- og útbreiðsluskilyrði eru fyrir lúpínu í mólendinu. Ljós. Borgþór Magnússon, 30. júní 2016. – *Figure 68. Lupin is used for reclamation of the barren sand plains of Hólasandur, NE-Iceland, starting in 1994 (left). Lupins from the area have started to invade the adjacent heathland (right).*



69. mynd. Til vinstri: Lúpína breiðist greiðlega niður með straumvötnum og nemur land í hólum, á eyrum og með bökkum. Á myndinni eru Kópsvatnseyrar í Hvítá við Kópsvatn í Hrunamannahreppi, þar sem lúpína tók að nema land upp úr árinu 2000 en fræ barst með ánni frá uppgræðslusvæðum ofar á vatnasviðinu. Ljós. Sigurður H. Magnússon 9. júlí 2015. Til hægri: Áreyri þakin lúpínu við Andakílsá í landi Mið-Fossa í Borgarfirði. Fræ hefur borist frá lúpínusvæðum ofar með ánni. Ljós. Borgþór Magnússon, 19. júní 2017. – *Figure 69. Lupin colonizing gravel bars along rivers in southern and western Iceland.*

eru fyrir lúpínu. Verði frekari samdráttur í sauðfjárþúskap á næstu áratugum opnast lúpínunni nýjar lendur til landnáms. Hlýnandi veðurfar mun einnig ýta undir og færa mörk lúpínunnar ofar í landið (Wasowicz 2015, Vetter o.fl. 2018). Úttekt á vegum Landverndar sem gerð var 2016 sýnir að lúpínu er allvíða að finna við fjölfarna staði og mannvirki á miðhálandinu og dæmi eru um að hún beri fræ í 700–800 m hæð yfir sjó (Jauch 2017). Vilji menn koma í veg fyrir að lúpína sækji inn á tiltekin svæði er nærtækast að viðhalda á þeim einhverri sauðfjárbeit en stilla henni í það hóf að land grói og kjarrgróður og skógur aukist. Lítið gagn er í að beita fé á víðáttumiklar lúpínubreiður (Þröstur Eysteinnsson 2011) þótt dæmi sé um að minni breiður hafi látið undan við mikla beit eins og í Svínafelli í Örafum.

Það er víðar en á Íslandi sem lúpínur og aðrar niturbindandi plöntur hafa sýnt af sér mikla vaxtar- og útbreiðslugetu í nýjum heimkynnum. Hafa þær eins og hér sótt inn á land sem

eftirsjá hefur þótt í og valdið breytingum á gróðurfari og vistfræðilegum ferlum sem líkjast þeim er hér hafa komið fram. Lúpínur hafa víða myndað gróskumikil, fremur einsleit og tegundafábreytt samfélög, auðgað mjög jarðveg af köfnunarefni og aðgengilegum fosfór og greitt götu fyrir aðrar framandi og nitursæknar tegundir. Við hörfun eða eyðingu lúpína skilja þær eftir sig frjórri jarðveg en áður. Tíðum verður ekki aftur snúið við að endurheimta fyrri gróður og dýralíf (Lambers o.fl. 2013, Corbin og D'Antonio 2011). Dæmi um þetta eru m.a. frá Noregi þar sem alaskalúpína hefur breiðst út um sandhóla við strönd (Hanslin og Kollmann 2016), Finnlandi og Svíþjóð þar sem garðalúpína (*L. polyphyllus*) vex í vegköntum (Valtonen o.fl. 2006, Brobäck 2015), frá norðurhluta Kaliforníu, Nýja Sjálandi og Tasmaníu þar sem trjalúpína (*L. arboreus*), hefur breiðst inn á sandhólasvæði (Pickart o.fl. 1998, Konlechner o.fl. 2015, Goulson og Rotheray 2012) og sandlúpína (*L. cosentinii*) á sandsléttum Vestur-Ástralíu (Lambers o.fl. 2013).

Mest líkindi eru líklega með útbreiðslu og áhrifum alaskalúpínu hér á landi og garðalúpínu (*L. polyphyllus*), einnig nefnd Russel-lúpína, á Nýja-Sjálandi. Garðalúpína var þar fyrst ræktuð til skrauts í gördum en tók að breiðast út og var orðin algeng sjón í vegköntum um miðja síðustu öld (Healy 1958). Útbreiðslan hefur síðan aukist stig af stigi en þekktastar eru sennilega litfagrar lúpínubreiður í Mt. Cook þjóðgarðinum á suðureynni. Lúpínan hefur breiðst hratt niður með ám og fljótum og hefur ásamt fleiri ágengum tegundum, lagt undir sig áraura, breytt mjög náttúrafari þeirra, rennsli straumvatns og setflutningum (Holdaway og Sparrow 2006, Sullivan o.fl. 2009, Small 2012). Á náttúruverndarsvæðum hefur verið gripið til aðgerða til að stemma stigu við útbreiðslu lúpínu og fleiri ágengra tegunda (Colin o.fl. 2016). Á síðustu árum hefur lúpínunni verið sáð í auknum mæli í sauðfjárhaga inn til lands sem ekki hefur dregið úr deilum um ágæti tegundarinnar í nýjum heimkynnum þar syðra (New Zealand Geographic 2016).

Í Patagóníu í Síle (Chile) hefur garðalúpína (*L. polyphyllus*) einnig tekið að breiðast út með farvegum vatnsfalla á undanförunum árum, á landsvæðum þar sem köfnunarefnisácoma er mjög lítil og vötn næringarsnauð og tær. Líklegt þykir að lúpínan muni hafa mikil áhrif á náttúrufar með ánum þar sem hún breiðist út um eyrar og aura, bindur mól og set og beinir framvindu inn á nýjar brautir sem ekki þykja eftirsóknarverðar (Meier o.fl. 2013).

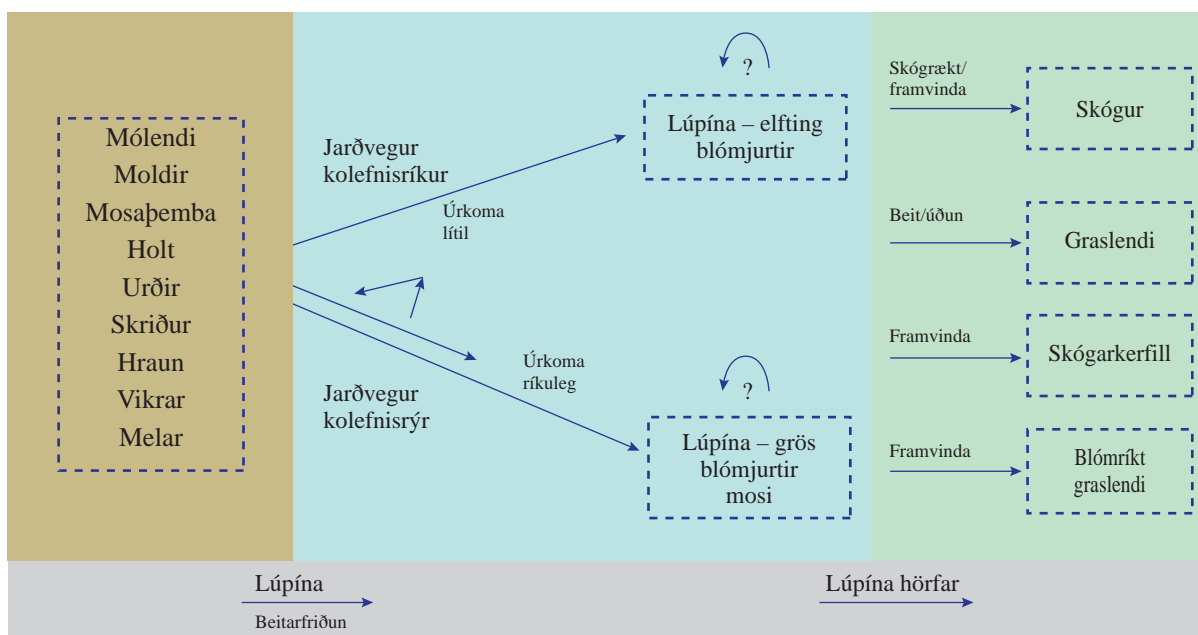
Hér á landi eru vaxtar- og útbreiðsluskilyrði fyrir alaskalúpínu sennilega hvergi betri en á söndum og aurum sunnan jökla. Þegar hefur lúpína tekið að breiðast um slík svæði þar sem sauðfjárbætur gætir ekki, svo sem á Sólheimasandi, Mýrdalssandi og í Skaftafelli. Þótt rýr séu er hér um óvenjuleg búsvæði að ræða með einkennandi flóru og fínu (Sigurður H. Magnússon o.fl. 2016) sem teljast fágæt í Evrópu og þótt víðar væri leitað. Þar stendur náttúran heldur ekki í stað eins og komið hefur fram í rannsóknum á framvindu við Breiðamerkurjökul (Vilmundardóttir o.fl. 2015) á Skeiðarársandi (Marteinsdóttir o.fl. 2018).

6 ÁLYKTANIR

Nokkurt vatn hefur runnið til sjávar frá því við birtum niðurstöður fyrri mælinga á gróðri og jarðvegi í lúpínubreiðum (Borgþór Magnússon o.fl. 2001, 2004). Niðurstöður okkar nú eftir þessar seinni mælingar breyta í meginatriðum ekki þeim fyrri en skerpa á nokkrum þáttum sem vísbendingar voru um áður. Skýrari mynd hefur fengist af framvindu í breiðum, hörfun lúpínu og áhrifum veðurfars. Jafnframt um sókn skógarkerfils inn á lúpínusvæði og hvers þar er að vænta. Þetta höfum við dregið saman í einfalda mynd til skýringar (69. mynd). Lúpína breiðist yfir fjölbreytilegt land sem er allt frá því að vera nær ógróið, hálfgróið til gróið. Á úrkomusömum svæðum sunnan heiða myndar lúpína, á rýru landi, með tímanum blómrikt graslendi með miklum mosa í sverði. Þar á lúpína erfitt með að endurnýja sig af fræi og hörfar víða með tímanum og skilur eftir sig blómrikt graslendi. Þar sem úrkoma er lítil norðan heiða verður lítil mosavöxtur og næst þetta framvindustig hörfunar ekki á þeim 50 árum sem rannsóknir okkar ná til. Lúpína viðhelst meðan spírúnarskilyrði fyrir hana eru til staðar. Norðanlands breiðist lúpína inn á gróið mólendi með fremur ríkum jarðvegi. Þar myndast með tímanum elftingaríkt land með lúpínu og blómjurtum. Lúpína virðist lítið hörfa af því landi enn sem komið er. Hörfun lúpínu getur orðið við það að skógur vex upp í breiðum eftir að plantað er í þær, eða við sjálfsáningu í gisnum breiðum. Þá getur lúpína látið undan við sauðfjárbreit eða úðun með illgresiseyði. Síðan eru dæmi um að skógarkerfill leggi undir sig lúpínubreiður og verði einráður, en hversu lengi hann viðhelst í landi er óljóst. Á rannsóknasvæðum okkar sáum við dæmi um þetta.

Megináherslur og ályktanir eftir þessar rannsóknir okkar og annarra eru eftirfarandi

- Alaskalúpína er afkastamikil, niturbindandi tegund sem á sér ekki sinn líka hér á landi. Heimkynni hennar eru strandsvæði Alaska og Bresku-Kólumbíu í Kanada. Þar vex hún einkum í malarlandi með fljótum og á fjörkömbum og út um eyjar, einnig í blómriku graslendi.



70. mynd. Megindrættir í framvindu alaskalúpínu, frá landnámi á lítt grónu til grónu landi, til þróunar lúpínusamfélaga við mismunandi skilyrði, og síðan eftir atvikum til hörfunar lúpínu. – Figure 70. Main pathways in lupin succession from barren land and heathlands (brown), to lupin dominated vegetation along different trajectories (blue), and to lupin degeneration in some cases (green). (Further explanation in Appendix 5).

- Vaxtarskilyrði fyrir tegundina eru mjög góð á úrkomusömum eða snjóþungum láglendissvæðum hér á landi, einkanlega sunnanlands og í öðrum strandhéruðum landsins. Skilyrðin eru síðri í innsveitum norðanlands þar sem líttar úrkomu gætir.
- Lúpínan fjölgar sér með sjálfsáningu, frá fellur skammt frá móðurplöntum og myndast með tímanum samfelldar breiður. Fræ getur hins vegar borist um langan veg með leysingavatni, lækjum, ám, yfir vötn, undan vindi í stórviðrum og með fuglum sem leita ætis í lúpínubreiðum og lúpína þannig numið ný lönd. Lúpína myndar langlífán fræforða í jörðu.
- Lúpína breiðist um lítt gróið, hálfgróið og gróið þurrlandi þar sem svarðlag er fremur gisið og grasvöxtur líttill. Dæmi um það eru melar, moldir, árauraur, skriður, mosapembur, holt og mólendi. Útbreiðsla er hægt í fyrstu en er tímar líða eykst hraði hennar og nær veldisvexti. Lúpínuplöntur eru langlífár en æviskeið þeirra er líklega 20–30 ár.
- Þar sem lúpína myndar þéttar breiður hverfa flestar plöntur sem fyrir voru í landi og fækkar tegundum að jafnaði. Í staðinn myndast fremur fábreytt, gróskumikið samfélag lúpínu, grasa og blómjurta. Birki og víðir koma lítið inn í það land. Á þurrum landsvæðum eru lúpínubreiður gisnari og geta þær orðið tegundaríkari en land var fyrir. Birki og víðir eiga þar auðveldar um landnám.
- Lúpína hefur hörfað af nokkrum svæðum sunnanlands eftir um 30–50 ár. Þar hefur myndast mjög mosa- og blómrikt graslandi sem tekur við af lúpínunni. Er frá líður virðist draga úr frjósemi jarðvegs og nægjusamar grastegundir og smárunnar aukast í gróðri. Það er mat okkar að hið þetta mosa- og graslag sem myndast í breiðum sunnanlands komi í veg fyrir að unglöntur lúpínu komist upp af fræi, þannig taki fyrir endurnýjun hennar og hún hörfi. Rask í gróðurhulu getur valdið því að lúpína vex aftur upp í landi sem hún hefur hörfað af eða verið eytt.
- Skýr merki um hörfun lúpínu norðanlands komu vart fram á svæðum okkar eftir 30–45 ár. Þar er lítil mosamyndun í breiðum og virðist ekki taka fyrir endurnýjun og uppvöxt lúpínu af fræi. Líklegt er að lúpína viðhaldist meðan svo er en þéttleiki hennar sveiflist eitthvað eftir veðurfari og kynslóðum hennar.
- Í Hrísey á Eyjafirði hefur skógarkerfill sótt inn í og lagt undir sig lúpínubreiður og gamalt ræktarland. Kerfill vex þar lúpínu yfir höfuð, hverfur hún með tímanum og verður kerfill einráður. Breiður af skógarkefli eru með eindæmum fábreyttar að gróðurfari en í þeim vex lítið annað. Skógarkerfill hefur víðar um land sótt í lúpínubreiður undanfarið ár og er líklegur til að stórauka útbreiðslu sína á næstu áratugum.
- Framvinda gróðurs og jarðvegs á lítt grónum svæðum getur verið mjög ör þar sem lúpína vex. Mikil niturbinding lúpínu og fosfórnam úr jarðvegi er lykill að góðum vexti hennar á rýru landi. Sinufall í breiðum er mikið að hausti og leggur lúpína drjúgt til jarðvegs bæði ofanjarðar og neðan. Með árunum kviknar öflugt líf rotvera, skordýra, ánamaðka og fleiri smádýra. Fuglar sækja í lúpínubreiður og þar getur orðið þétt varp, einkum af hrossagauk og þúfutittlingi. Á nokkrum áratugum getur lúpína við góðar aðstæður myndað öflugt vistkerfi sem að framleiðslu, forða af kolefni og köfnunarefni í jarðvegi og ferlum jafnast á við gamalgróin gras- og blómlendi.

- Þar sem lúpína leggur undir sig gróið land hverfa flestar þær plöntutegundir sem fyrir voru og búsvæði smádyra og fugla sem á þeim grundvallast eyðast. Alvarlegust að okkar dómi er sókn lúpínu inn á lyngmóa, einkum norðanlands, sem eru fjölbreyttir að gróðri og dýralífi. Mólendi eru mikilvægt búsvæði fyrir rjúpu, heiðlóu, spóa og fleiri tegundir fugla. Jafnframt veita móarnir mannum eftirsóknarverða vistþjónustu sem beitolönd, útvistarsvæði, berja- og veiðilönd svo dæmi séu tekin.
- Sauðfjárbætur er eina aflið sem takmarkar útbreiðslu lúpínu svo einhverju nemi. Með alfriðun svæða fyrir sauðfjárbætur er opnað fyrir útbreiðslu lúpínu þar sem vaxtarskilyrði eru fyrir hana. Vilji menn koma í veg fyrir að lúpína leggi undir sig tiltekin svæði er mikilvæg að viðhalda á þeim einhverri sauðfjárbætur en stilla henni í það hóf að land grói og kjarr- og trjágróður aukist.
- Alaskalúpína hefur breiðst mjög út á friðuðum svæðum um allt land á undanförunum áratugum. Víða hefur verið gripið til aðgerða til að hefta útbreiðslu hennar, með misjöfnum árangri. Lúpína hefur aðeins numið brot af því landi sem hún er fær um. Líklegt er að sandar og aurar sunnan jökla og mólendi á Norðausturlandi séu stærstu flæmin sem lúpína mun breiðast um, dragi þar úr eða taki fyrir sauðfjárbætur.
- Alaskalúpína hefur verið skilgreind sem ágeng, framandi tegund hér á landi og er dreifing hennar bönnuð á svæðum yfir 400 m hæðar. Með hlýnandi veðurfari og samdrætti í sauðfjárbætur má búast við að útbreiðsla lúpínu og gróðurs sem fylgir í kjölfar hennar, svo sem skógarkerfils, margfaldist á næstu áratugum. Miklar breytingar verða á gróðurfari og búsvæðum dýra vegna þessa.

7 ÞAKKARORÐ

Landgræðsla ríkisins veitti framlag sem gerði kleift að endurtaka gróðurmælingar á gömlum lúpínusvæðum sumarið 2011. Sveini Runólfssyni, fyrrverandi landgræðslustjóra, eru færðar sérstakar þakkir en hann var mjög áfram um að mælingarnar færu fram. Í Örafum nutum við liðsinnis Hálfðans Björnssonar á Kvískerjum, Gísla Jónssonar á Hnappavöllum og Erlings Ólafssonar, í Hrísey þeirra Jóns Birgis Gunnlaugssonar og Þorgeirs Jónssonar, en á Húsavík Ara Páls Pálssonar. Leitað var ráða hjá Þresti Þorsteinssyni um tölfraeðilega úrvinnslu og framsetningu línurita. Roger del Moral gerði athugasemdir við enskan texta.

8 HEIMILDIR

- Aagot Vigdís Óskarsdóttir 2017. Útbreiðsla Alaskalúpínu á norðurhluta verndarsvæðis Mývatns og Laxár. *Náttúrufræðingurinn* 87: 132–147.
- Arna Björk Þorsteinsdóttir 2011. *Mapping Lupinus nootkatensis in Iceland using SPOT 5 images*. Student thesis series INES nr. 229. Meistaraprófsritgerð við Lund University, Physical Geography Department of Earth and Ecosystem Sciences, Physical Geography and Ecosystems Analysis, Svíþjóð.
- Arna Björk Þorsteinsdóttir og Magnús H. Jóhannsson 2015. *Útbreiðsla alaskalúpínu og skógarkerfils í Mosfellsbæ*. Landgræðsla ríkisins, Lr 2015/12. Unnið fyrir Mosfellsbæ. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Ása Aradóttir 2004. Does the Nootka lupin facilitate or impede colonization and growth of native birch in Iceland? Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Í Santen, E. van og G.D. Hill ritstj. *Wild and cultivated lupins from the tropics to the poles: proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002*, bls. 184–190. Auburn, USA: International Lupin Association.
- Benediktsson, K. 2015. Floral hazards Nootka lupin in Iceland and the complex politics of invasive life. Geografiska Annaler Series B, *Human Geography* 97: 139–154.
- Bioforsk 2012. *Hundekjeks – Biologi og tilak*. http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/hovedtema?p_dimension_id=22372&p_menu_id=22387&p_sub_id=22373&p_dim2=22374 [skoðað 2.2.2018]
- Bishop, J.G. 2002. Early primary succession on Mount St. Helens. Impact of insect herbivores on colonizing lupines. *Ecology* 83: 191–202.
- Bjarni D. Sigurðsson. 2004. Hafa skal það sem sannara reynist. Viðbót við greinina Tilraunaskógurinn í Gunnarsholti II: vatnið í skóginum. *Skógræktarritið* 2004(2): 123.
- Bjarni D. Sigurðsson 2005. Einföld aðferð til að koma aspar- eða víðiskógi í lúpínubreiður. *Skógræktarritið* (1): 27–35.
- Bjarni Diðrik Sigurðsson og Borgþór Magnússon 2004. Frævistfræði alaskalúpínu. *Náttúrufræðingurinn* 72: 110–116.
- Bjarni Diðrik Sigurðsson, Guðmundur Halldórsson og Lárus Heiðarsson 2003. Ertuygla: „nýr“ vágstur í skógrækt í nánd við lúpínubreiður. *Skógræktarritið* 2003: 87–92.
- Bjarni Diðrik Sigurðsson, Ásrún Elmarsdóttir og Borgþór Magnússon 2005. Áhrif skógræktar á sýrustig jarðvegs og gróðurfar. *Rit Fræðaping landbúnaðarins* 2005: 303–306.
- Bjarni D. Sigurðsson, Brynhildur Bjarnadóttir, Ian B. Strachan og Friðrik Pálmason 2004. Tilraunaskógurinn í Gunnarsholti II. Vatnið í skóginum. *Skógræktarritið* 2004 (1): 51 – 60.

- Borgþór Magnússon ritstj. 1995. *Líffræði alaskalúpínu* (*Lupinus nootkatensis*). *Vöxtur, fræmyndun, efnainnihald og áhrif sláttar*. Fjölrit Rala nr. 178. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og Bjarni Diðrik Sigurðsson 2001. *Gróðurframvinda í lúpínubreiðum*. Fjölrit Rala nr. 207. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og Bjarni Diðrik Sigurðsson 2003. Áhrif alaskalúpínu á gróðurfar. *Náttúrufræðingurinn* 71: 98–111.
- Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon og Bjarni Diðrik Sigurðsson 2004. Plant succession in areas colonized by the introduced Nootka lupin in Iceland. Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Í Santen, E. van og G.D. Hill ritstj. *Wild and cultivated lupins from the tropics to the poles: proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002*, bls. 170–177. Auburn, USA: International Lupin Association.
- Borgþór Magnússon, Bjarni Diðrik Sigurðsson, Sigurður H. Magnússon og Snorri Baldursson 1995. Vöxtur og uppskera alaskalúpínu. Í Borgþór Magnússon ritstj. 1995. *Líffræði alaskalúpínu* (*Lupinus nootkatensis*). *Vöxtur, fræmyndun, efnainnihald og áhrif sláttar*, bls. 9–27. Fjölrit Rala nr. 178. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Brobäck, D. 2015. *Preventing the spread of the invasive plant Lupinus polyphyllus*. Meistaraprófsritgerð við Biology Education Centre, Uppsala University and the Swedish Transport Administration.
- Brynhildur Bjarnadóttir, Bjarni Diðrik Sigurðsson og Bjarni E. Guðleifsson. 2018. Áhrif eitrunar á útbreiðslu skógarkerfils. *Náttúrufræðingurinn* 88(1–2): 37–48.
- Brynja Davíðsdóttir 2013. The effect of vegetation reclamation on birds and invertebrates in Iceland. Meistaraprófsritgerð við Landbúnaðarháskóla Íslands. <http://hdl.handle.net/1946/14943> [skoðað 10.9.2018]
- Brynja Hrafnkelsdóttir, Edda S. Oddsdóttir, Halldór Sverrisson og Guðmundur Halldórsson 2011. Varnir gegn ertuyglu. Í Ester Ösp Gunnarsdóttir ritstj., *Ársrit Skógræktar ríkisins 2011*, bls. 13–15. Reykjavík: Skógrækt ríkisins.
- Brynja Hrafnkelsdóttir, Edda S. Oddsdóttir, Halldór Sverrisson og Guðmundur Halldórsson 2016. Rannsóknir á ertuyglu. Í Pétur Halldórsson ritstj. *Ársrit Skógræktar ríkisins 2016*, bls. 12–14. Reykjavík: Skógrækt ríkisins.
- Bühlmann, T., C. Körner og E. Hiltbrunner 2016. Shrub expansion of *Alnus viridis* drives former montane grassland into nitrogen saturation. *Ecosystems* 19: 968–985.
- Chengzhang, L., R. Peng, Y. Luo, X. Zhou, X. Wu, C. Fang, J. Chen og B. Li 2008. Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: a meta-analysis. *New Phytologist* 177(3): 706–714. doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02290.x

- Corbin, J.D. og C.M. D'Antonio 2011. Gone but not forgotten? Invasive plants' legacies on community and ecosystem properties. *Invasive Plant Science and Management* 5(1):117–124.
- Crooks, J.A. 2002. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. *Oikos* 97: 153–166.
- Daði Björnsson 1997. *Útbreiðsluþættir alaskalúpínu í Heiðmörk raktir eftir loftmyndum*. Fjölrit Rala nr. 192. Reykjavík: Rannsóknastofnun landbúnaðarins.
- Daði Björnsson 2011. Hörfar lúpínan? Dæmi úr Heiðmörk. *Skógræktarritið* 2011: 12–17.
- Davidson, B., T.G. Gunnarsson, G. Halldorsson og B.D. Sigurdsson 2016. Avian abundance and communities in areas revegetated with exotic versus native plant species. *Icel. Agric. Sci.* 29: 21–37.
- del Moral, R. og L.C. Bliss 1993. Mechanisms of primary succession. Insight resulting from the eruption of Mount St. Helens. *Advances in Ecological Research* 24: 1–66.
- del Moral, R. og L.R. Rozzell 2005. Long-term effects of *Lupinus lepidus* on vegetation dynamics of Mount St. Helens. *Plant Ecology* 181: 203–215.
- del Moral, R. L.A. Thomason, A.C. Wenke, N. Lozano og M.D. Abata 2012. Primary succession trajectories on pumice at Mount St. Helens, Washington. *Journal of Vegetation Science* 23: 73–85.
- Elín Guðmundsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Guðrún Óskarsdóttir 2016. Vöxtur lúpínu í Fjarðarbyggð. *Glettingur* 26(1–2): 31–35.
- Funk, J.L. 2013. The physiology of invasive plants in low-resource environments. *Conservation Physiology* 1: 1–17.
- Gadgil, R.L. 1971. The nutritional role of *Lupinus arboreus* in coastal sand dune forestry II. The potential influence of damaged lupin plants on nitrogen uptake by *Pinus radiata*. *Plant and Soil* 34: 575–593.
- Gíslason, S.R., S. Arnórsson og H. Ármannsson 1996. Chemical weathering of basalt in southwest Iceland: effects of runoff, age of rocks and vegetative/glacial cover. *American Journal of Science* 296: 837–907.
- Goulson, D. og E.L. Rotheray 2012. Population dynamics of the invasive weed *Lupinus arboreus* in Tasmania, and interactions with two non-native pollinators. *Weed Research* 52: 535–541.
- Gundersen, P., A. Laurén, L. Finér, E. Ring, H. Koivusalo, M. Sætersdal, J.-O. Weslien, B.D. Sigurdsson, L. Högbom, J. Laine og K. Hansen 2010. Environmental services provided from riparian forests in the Nordic countries. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 39: 555–566.

- Gunnarsson, T.G. og G.H. Indridadóttir 2009. Effects of sandplain revegetation on avian abundance and diversity at Skogasandur and Myrdalssandur, South-Iceland. *Conservation Evidence* 6: 98–104.
- Halldór Björnsson, Bjarni D. Sigurðsson, Brynhildur Davíðsdóttir, Jón Ólafsson, Ólafur S. Ástþórsson, Snjólaug Ólafsdóttir, Trausti Baldursson, Trausti Jónsson 2018. *Loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi*. Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar 2018. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Hanslin, H. M. og J. Kollmann 2016. Positive responses of coastal dune plants to soil conditioning by the invasive *Lupinus nootkatensis*. *Acta Oecologica* 77: 1–9.
- Hastings, A., J.E. Byers, J.A. Crooks, K. Cuddington, C.G. Jones, J.G. Lambrinos, T.S. Talley og W. G. Wilson 2007. Ecosystem engineering in space and time. *Ecology Letters* 10: 153–164.
- Hákon Bjarnason 1945. Alaskaför haustið 1945. *Ársrit Skógræktarfélag Íslands* 1946: 5–48.
- Healy, A.J. 1958. Contributions to a knowledge of the adventive flora of New Zealand, no. 6. *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 85: 531–549.
- Hill, M.O., J.O Mountford, D.B. Roy og R.G.H. Bunce 1999. *Ellenberg's indicator values for British plants. ECOFACT Volume 2 Technical Annex*. Huntingdon: Institute of Terrestrial Ecology.
- Hiltbrunner, E., R. Aerts, T. Bühlmann, K. Huss-Danell, B. Magnusson, D.D. Myrold, S.C. Reed, B.D. Sigurdsson og C. Körner 2014. Ecological consequences of the expansion of N₂-fixing plants in cold biomes. *Oecologia* 176: 11–24.
- Holdaway, R.J. og A.D. Sparrow 2006. Assembly rules operating along a primary riverbed-grassland successional sequence. *Journal of Ecology* 94: 1092–1102.
- Hólmfríður Sigurðardóttir 2004. Ánamaðkar og niðurbrot sinu í lúpínubreiðum. *Náttúrufræðingurinn* 72: 13–19.
- Ívar Guðlaugur Ingvarsson 2011. Útbreiðsla alaskalúpínu í Örafum í Austur-Skaftafellssýslu. Námsritgerð (10 e) í mannvistarlandafræði við Líf- og umhverfsvísindadeild, Vekrfræði- og náttúruvísindasvið, Háskóla Íslands, Reykjavík.
- Jauch, A.M. 2017. Lupine distribution in the central highland of Iceland. Reykjavík: Landvernd.
- Konlechner, T.M., M.J. Hilton og J. M Lord 2015. Plant community response following the removal of the invasive *Lupinus arboreus* in coastal dune system. *Restoration Ecology* 23 607–614.
- Kristín Svavarsdóttir, Menja von Schmalensee, Ása L. Aradóttir, Anne Bau og Róbert A. Stefánsson 2016. Áhrif sláttor og eitrunar á lúpínubreiður og gróðurfar. *Náttúrufræðingurinn* 86: 5–18.
- Kristín Svavarsdóttir, Þórunn Pétursdóttir og Guðrún Gísladóttir 2004. Distribution dynamics of exotic Nootka Lupin (*Lupinus nootkatensis*) on a braided river plain in Skaftafell National

- Park, Iceland. Í Santen, E. van og G.D. Hill ritstj. *Wild and cultivated lupins from the tropics to the poles: proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19–24 June 2002*, bls. 199–202. Auburn, USA: International Lupin Association.
- Lambers, H., J.C. Clements og M.N. Nelson 2013. How a phosphorus-acquisition strategy based on carboxylate exudation powers the success and agronomic potential of lupines (*Lupinus*, Fabaceae). *American Journal of Botany* 100: 263–288.
- Leblans, N., B.D. Sigurdsson, P. Roefs, R. Thuys, B. Magnússon og I.A. Janssens 2014. Effects of seabird nitrogen input on biomass and carbon accumulation after 50 years of primary succession on a young volcanic island, Surtsey. *Biogeosciences* 11: 6237–6250. doi:10.5194/bg-11-6237-2014
- Leblans, N.I.W., B.D. Sigurdsson, R. Aerts, S. Vicca, B. Magnússon og I.A. Janssens 2017. Icelandic grasslands as long-term C sinks under elevated organic N inputs. *Biogeochemistry* 134(3): 279–299. doi:10.1007/s10533-017-0362-5
- Marianne Jensdóttir Fjeld, Þóra K. Hrafnadóttir og Haraldur Rafn Ingvason 2015. Vistgerðir í ferskvatni. Í Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir ritstj. Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54, bls. 170–213. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Maron, J.L. og P.G. Connors 1996. A native nitrogen-fixing shrub facilitates weed invasion. *Oecologia* 105: 302–312.
- McCune, B. and M.J. Mefford 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6.08. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software.
- Marteinsdóttir, B., K. Svavarsdóttir og T.E. Thórhallsdóttir 2018. Multiple mechanisms of early plant community assembly with stochasticity driving the process. *Ecology* 99: 91–102. doi: 10.1002/ecy.2079
- Meier, C.I., B.L Reid og O. Sandoval 2013. Effects of invasive plant *Lupinus polyphyllus* on vertical accretion of fine sediment and nutrient availability in bars of the gravel-bed Paloma river. *Limnologica* 43: 381–387.
- Menja von Schmalensee og Róbert Arnar Stefánsson 2009. Ágengar plöntur í Stykkishólmi. Útbreiðsla alaskalúpínu, skógarkerfils, spánarkerfils og bjarnarklóar og tillögur um mótvægisáðgerðir. Fjölrit Náttúrustofu Vesturlands nr. 15. Stykkishólmur: Náttúrustofa Vesturlands.
- Middleton, S.L. 2015. The assessment of the distribution of Lupin (*Lupinus nootkatensis*) and the effect on native flora in Thórsörk, southern Iceland. Verkefnisritgerð við Oxford Brookes University, Englandi.
- Náttúrufræðistofnun Íslands 2016. *Nýtt kort af útbreiðslu Alaskalúpínu á Íslandi*. www.ni.is/frettir/2016/10/nytt-kort-af-utbreidslu-alaskalupinu-a-islandi [skoðað 17.1.2018]

- Náttúrufræðistofnun Íslands og Landgræðsla ríkisins 2010. *Alaskalúpína og skógarkerfill á Íslandi. Úbreiðsla, varnir og nýting*. Skýrsla til umhverfisráðherra. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands, Landgræðsla ríkisins.
- Wardle, P. 2016. War of the lupins. *New Zealand Geographic* 137. <https://www.nzgeo.com/stories/war-of-the-lupins> [skoðað 12.2.2018]
- O'Donnell, C.F.J., M. Sanders, C. Woolmore og R.F. Maloney 2016. *Management and research priorities for conserving biodiversity on New Zealand's braided rivers*. Wellington, New Zealand: Department of Conservation.
- Olafur Arnalds, Berlind Orradottir og Asa L. Aradottir 2013. Carbon accumulation in Icelandic desert Andosols during early stages of restoration. *Geoderma* 193–194: 172–179.
- Ólafur K. Nielsen 1999. Vöktun rjúpnastofnsins. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar Íslands nr. 39. Reykjavík, Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Óskarsson, H., Ó. Arnalds, J. Gudmundsson og G. Gudbergsson 2004. Organic carbon in Icelandic Andosols: geographical variation and impact of erosion. *CATENA* 56: 225–238.
- Palaniappan, V.M., R.H. Marrs og A.W. Bradshaw 1979. The effect of *Lupinus arboreus* on the nitrogen status of china clay wastes. *Journal of Applied Ecology* 16: 825–831.
- Pickart, A.J., L.M. Miller og T.E. Duebendorfer 1998. Yellow bush lupine invasion in Northern California Coastal Dunes. *Restoration Ecology* 6: 59–68.
- Ralphs, M.H., E. Motteram og K.E. Panter 2011. Velvet lupine (*Lupinus leucophyllus*) population cycles with precipitation. *Western North American Naturalist* 71: 396–403.
- Ramula, S. og J. Sorvari 2017. The invasive herb *Lupinus polyphyllus* attracts bumblebees but reduces total arthropod abundance. *Arthropod-Plant Interactions* 11: 911–918.
- Rannveig Thoroddsen, Guðmundur Guðjónsson og Borgþór Magnússon 2009. *Gróðurkortlagning Hríseyjar 2007*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-09011. Unnið fyrir Akureyrarbæ. Reykjavík: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Rollinson, T.J.D. 1988. *Thinning control*. Forestry Commission Field Book 2. London: HMSO.
- Rosef, L og B. Bele 2007. Hundekjeks: en problemart I kulturlandskapet. *Naturen* 2: 69–75.
- Rosef, L. og B. Bele 2008. Management strategies to reduce regrowth species and increase biodiversity in semi-natural grasslands in central Norway. Biodiversity and Animal Feed. Future Challenges for Grassland Production. *Grassland Science in Europe* 13: 159–161.
- Sardans, J., M. Bartrons, O. Margalef, A. Gargallo-Garriga, I. A. Janssens, P. Ciais. M. Obersteiner, B.D. Sigurdsson, H.Y.H. Chen og J. Peñuelas 2017. Plant invasion is associated with higher plant-soil nutrient concentrations in nutrient-poor environments. *Global Change Biology* 23: 1282–1291.

- Sigríður Björgvinsdóttir 2012. *Gróðurkortlagning og breytingar á útbreiðslu lúpínu í Húsavíkurlandi 1977–2007*. Námsritgerð ritgerð (10 e) í landfræði, Líf- og umhverfisvísindadeild, Verkfræði- og náttúruvísindasvið, Háskóla Íslands, Reykjavíks.
- Sigurður H. Magnússon, Borgþór Magnússon, Ásrún Elmarsdóttir, Sigmar Metúsalemsson og Hans. H. Hansen 2015. Vistgerðir á landi. Í Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir ritstj. *Vistgerðir á Íslandi*, bls. 17–169. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54. Garðabær: Náttúrufræðistofnun Íslands.
- Sigurður H. Magnússon og Hörður Kristinsson 2018. Gróður í Bláfellshólma og Koðralækjarhólma og öðrum beitarfriðuðum hólum. *Náttúrufræðingurinn* 88 (1–2): 49–63.
- Sigurður H. Magnússon 2011. *NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – Anthriscus sylvestris*. – From Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org [skoðað 2.2.2018]
- Sigurður H. Magnússon, Ingvar Björnsson og Bjarni Guðleifsson 2006. Skógarkerfill: ágeng jurtagund í íslenskri náttúru. *Fræðaping landbúnaðarins* 2006: 410–415.
- Small, E. 2012. Lupins: benefit and harm potentials. *Biodiversity* 13: 54–64.
- Stafford, J.M., G. Wendler og J. Curtis 2000. Temperature and precipitation of Alaska 50 year trend analysis. *Theor. Appl. Climatol.*: 33–44.
- Stinca, A. G., G.B. Chirico, G. Incerti og G. Bonanomi 2015. Regime shift by an exocitic nitrogen-fixing shrub mediates plant facilitation in primary succession. *PLoS ONE* 10(4): e0123128. doi:10.1371/journal.pone.0123128
- Strong, D.R., J. L. Maron, P. G. Connors, A. Whipple, S. Harrison og R. L. Jefferies 1995. High mortality, fluctuation in numbers, and heavy subterranean insect herbivory in bush lupine, *Lupinus arboreus*. *Oecologia* 104: 85–92.
- Tanner, L.H., M. Nivison, O. Arnalds og K. Svavarsdóttir 2015. Soil carbon accumulation and CO₂ flux in experimental restoration plots, southern Iceland: comparing soil treatment strategies. *Applied and Environmental Soil Science* 2015 (Article ID 205846). doi: 10.1155/2015/205846
- Sullivan, J.J., P.A. Williams, S. M. Timmins og M.C. Smale 2009. The distribution and spread of environmental weeds along New Zealand roadsides. *New Zealand Journal of Ecology* 33: 190–204.
- Pröstur Eysteinnsson 2011. Misheppnuð tilraun til að eyða lúpínu með sauðfjárbeit. *Skógræktarritið* 2011: 56–67.
- Pröstur Eysteinnsson og Sveinn Runólfsson 1994. Landgræðsluáætlun fyrir Hólasand. Gunnarsholt: Landgræðsla ríkisins.
- Valtonen, A., J. Jantunen og K. Saarinen 2006. Flora and lepidoptera fauna adversely affected by invasive *Lupinus polyphyllus* along road verges. *Biological Conservation* 133: 389–396.

- Veðurstofa Íslands a. Meðalúrkoma ársins 1961–1990. www.vedur.is/vedur/vedurfar/kort/medalurkoma_arsins [skoðað 12.9.2018]
- Veðurstofa Íslands b. *Meðalhiti ársins*. brunnur.vedur.is/eldrivefir/vedurfar/vedurfarsmyndir/EV.DTO/ann.html [skoðað 12.9.2018]
- Vetter, V.M., N. Tjaden, A. Jaeschke, C. Buhk, V. Wahl, P. Wasowicz og A. Jentsch 2018. Invasion of a legume ecosystem engineer in cold biome alters plant diversity. *Frontiers in Plant Science* 9: 715. doi:10.3389/fpls.2018.00715
- Vilmundardóttir, O.K., G. Gísladóttir og R. Lal 2015. Between ice and ocean; soil development along an age chronosequence formed by retreating Breiðamerkjurjökull glacier, SE-Iceland. *Geoderma* 259–260: 310–320.
- Walker, L.R. 1993. Nitrogen fixers and species replacements in primary succession. Í Miles, J. og D.W.H. Walton ritstj. *Primary Succession on Land*, bls. 249–272. Special publication number 12 of the British Ecological Society.
- Warren, A.F.J. 1995. *The impact of Russel lupin on native river birds*. Department of Conservation, Canterbury Conservancy, Twizel Field Centre, New Zealand.
- Wasowicz, P. 2015. Non-native species in the vascular flora of highlands and mountains of Iceland. *PeerJ Preprints* 3: e1453. doi:10.7717/peerj.1559
- Willow, J. 2016. Potential impact of Nootka lupine invasion on pollinator communities in Iceland. Meistaraprófsritgerð í umhverfis og auðlindafræði við Líf- og umhverfisvísindadeild, Verkfræði- og náttúruvísindasvið, Háskóla Íslands, Reykjavík.
- Willow, J., M. Tamayo og M.H. Jóhannsson 2017. Potential impact of Nootka lupine (*Lupinus nootkatensis*) on pollinator communities in Iceland. *Icel. Agric. Sci.* 30: 51–54.

9 VIÐAUKAR

1. viðauki. Lýsing á rannsóknastöðum (Borgþór Magnússon o.fl. 2001).

Appendix 1. Site descriptions.

Kvísker í Öræfum. Lúpínubreiður í girðingu í Eystri-Hvammi norðan við bæinn á Kvískerjum. Lúpína var fyrst sett þarna í hallalítinn áraur í lítilli skógargirðingu undir Arnarbæli í kringum 1956. Árið 1974 var girðingin undir skógarbrekkunni stækkuð fram á aurinn og breiddist lúpínan fljótt út um hann og myndaði stóra samfellda breiðu innan girðingarinnar. Heimildarmaður Hálfðan Björnsson.

Lagt var út eitt snið með fjórum reitum á Kvískerjum (KS-1–KS-4). Fyrsti reiturinn var á viðmiðunarlandi austan við girðinguna. Þar var sambærilegur áraur en lúpína hafði ekki breiðst þar um vegna sauðfjárbeitar. Land hafði hins vegar gróið þar talsvert upp. Annar reiturinn var í lúpínubreiðu í yngri hluta girðingarinnar og sá þriðji og fjórði voru í elsta hluta breiðunnar undir Arnarbæli. Gróðurmælingar fóru fram 31. ágúst 1993.

Kvísker, allir reitir endurmældir 12. september 2011 (KS-1) og 5. september 2014 (KS-2–KS-4). Staðsetning reita miðuð út frá ljósmyndum og lýsingum frá 1993. Aðstæður líkar því sem áður var nema hvað lúpínu hafði verið eytt innan girðingar og var að mestu horfin, einstaka smáplöntur á stangli, mosaríkt graslendi komið í staðinn. Inn með brekkunum utan girðingar hafi ekki verið átt við landið og var það líkt og var 1993 en þó miklu grónara. Engin lúpína var komin þar 2014. Byrjað að eyða lúpínu í girðingunni upp úr 1993 með illgresiseyðinum Roundup, síðan fylgt eftir árlega. Kemur endalaust upp af fræi (Hálfðan Björnsson 2011). Síðast var lúpína úðuð á Kvískerjum sumarið 2013. Á Kvískerjum var búið með sauðfé til um 1995 (Ívar Guðlaugur Ingvarsson 2011).

Svínafell í Öræfum. Lítil uppgræðslugirðing á svolítið hallandi áraur sunnan við Svínafellsbæina. Þarna voru girtir af um 2 ha árið 1972 og lúpínu plantað í girðinguna með um 10 m millibili. Lúpínan fór að sá sér þarna út á næstu árum og breiddist út um girðinguna. Árið 1990 var girðingin stækkuð til vesturs og var heildarflatarmál hennar þá tæpir 17 ha. Heimildarmenn Guðjón Þorsteinsson og Jóhann Þorsteinsson; sjá einnig Ívar Guðlaugur Ingvarsson 2011.

Lagt var út eitt snið með þremur reitum í Svínafelli (SF-1–SF-3). Fyrsti reiturinn var í hálfgrónu landi utan við lúpínubreiðuna í yngri hluta girðingarinnar, en annar og þriðji reitur voru inni í lúpínubreiðunni í eldri hluta girðingarinnar. Gróðurmælingar fóru fram 1. september 1993.

Svínafell 4. september 2014. Allir reitir endurmældir, staðsetning þeirra miðuð út frá ljósmyndum og lýsingum frá 1993. Aðstæður svipaðar og áður nema hvað girðing hafði verið tekin niður sumarið 1999 og landið lagt undir sauðfjárbeit eins og annað land um kring neðan túna í Svínafelli. Sótti lambfé í að bíta hana þegar því var sleppt í haga að vori. Hvarf lúpínan að mestu á fjórum árum við beitina (Ívar Guðlaugur Ingvarsson 2011, Hólmfríður Guðlaugsdóttir, munnlegar upplýsingar 2017). Svæðið var lúpínulaust þegar það var mælt 2014, fyrir utan stöku kímplöntur sem finna mátti í sverði. Land orðið gróið af mosaríku graslendi. Nokkur munur á gróðri í eldri og yngri hluta girðingarinnar sem var.

Hofsnes í Öræfum 9. september 2011. Nýtt mælisvæði í lúpínu sett upp í Öræfum í stað þeirra sem „raskað“ hefur verið á Kvískerjum og Svínafelli. Víðáttumikil landgræðslugirðing

í Skerjum ofan Hofsness og Fagurhólsmýrar, markast af landi Hofis að vestan og Hnappavalla að austan. Land girt og friðað fyrir beit árið 1993 og byrjað að dreifa þar lúpínu árið 1994 af Landgræðslufélagi Öraefinga í samvinnu við Landgræðslu ríkisins. Settir voru niður fimm reitir á svæðinu (HN-1–HN-5). Sá fyrsti, HN-1, var utan girðingar, á beittum mel neðan þjóðvegur, um 500 m vestan bæjarins í Hofsnesi. HN-2 er innan girðingar, austan Gljúfursár, um 1100 m norðaustur af Hofsnesi, og á lítt grónum melhrygg sem lúpína hafði ekki dreift sér inn á. HN-3 og HN-4 voru um 1000 m norðvestur af Hofsnesi, í lúpínu en annars á sambærilegu landi og HN-2. HN-3 var í sjálfsáinni lúpínu frá því um 2003–2005, en HN-4 í elstu lúpínunni í girðingunni frá því 1994. HN-5 var settur niður í mosaþembulægð um 100 m suðvestur af HN-3. Þar var lúpína umhverfis og sótti að en var ekki tekin að mynda þekju og hafa áhrif inni í reitnum. Heimildarmaður Bjarni Diðrik Sigurðsson; sjá einnig Ívar Guðlaugur Ingvarsson 2011.

Múlakot í Fljótshlíð. Lítil skógræktargirðing á Þveráraurum neðan við austurbæinn í Múlakoti. Þetta er elsta svæði með alaskalúpínu hér á landi, en það var Skógrækt ríkisins sem stóð að ræktun lúpínunnar á þessum stað. Í grein Hákonar Bjarnasonar skógræktarstjóra (1981) um lúpínuna frá Alaska og fræsöfnunina þar árið 1945 er góð lýsing á þessari fyrstu tilraun, en þar segir:

„Vorið 1946 var lúpínufraeinu sáð í litlu gróðrarstöðina í Múlakoti í Fljótshlíð, en ræturnar höfðu verið settar í sama beð haustið áður. Hvorttveggja kom vel upp, en plöntunum var ekki gefinn sérstakur gaumur fyrstu tvö árin. En 1948 og einkum 1949 var beðið orðið mikil lúpínubeðja og við svo búið mátti ekki lengur standa. Snemma vors 1950 var reist girðing á Þveráraurum austur af bænum í Múlakoti og þangað var lúpínan flutt ásamt dálítlum hnaus af melgresi frá Alaska til þess að sjá hversu þessar tegundir þrifust í íslensku umhverfi. Aurarnir voru þá gróðurvana, aðeins sandur og mól, enda ekki liðin nema fá ár frá því að Þverá valt yfir þá. Lúpínuræturnar tóku strax að vaxa, plönturnar báru blóm þegar um sumarið og köstuðu af sér fræi um haustið. Á öðru og þriðja ári mátti sjá nýgræðinginn umhverfis plöntubrúskana.“

Lúpínan hafði fyrir löngu numið land um alla girðinguna þegar gróðurmælingar voru gerðar. Hún hafði einnig sótt nokkuð út fyrir girðinguna til vesturs en þar var land sem gróið hafði upp af mosa og lyngi undir nokkurri sauðfjárbreit. Heimildarmaður Árni Guðmundsson.

Lagt var út eitt snið með fjórum reitum í Múlakoti, MK-1–MK-4. Fyrsti reiturinn var úti á grónum aurnum vestan við girðinguna á landi sem lúpínan sótti inn á, annar reitur var inni í ungri lúpínubreiðu rétt utan við girðinguna og tveir reitir voru í gömlu lúpínubreiðunum inni í girðingunni. Gróðurmælingar fóru fram 21. júlí 1988.

Múlakot 16. ágúst 2011. Reitir endurmældir, staðsetning miðuð út frá ljósmyndum og lýsingum frá 1988. Girðing utan um gamla skógarreitinn hafði verið fjarlægð að vestan og norðan og var nokkurt rask á svæðinu eftir stórgripi og efnistöku, að því er virtist. Lúpína hafði breitt mjög úr sér frá árinu 1988 og var viðmiðunarreitir vestan girðingarinnar gömlu löngu orðinn þakinn af henni. Innan girðingar hafði Alaskamelur (*Leymus mollis*) breiðst út og lagt undir sig hluta þess lands sem lúpína þakti 1988 og þar sem mæltreitir voru. Mæltreit innan girðingar var því hnikað til um 10 m til suðurs og færður út úr melbreiðunni og inn á land þar sem lúpína óx enn. Í Múlakoti voru mældir þrír lúpínureitir, MK-1 og MK-2 utan gömlu girðingarinnar og MK-3B innan hennar. Gömlu reitirnir sem alaskamelur hafði lagt undir sig, MK-? og MK-4, voru einnig mældir en þær niðurstöður eru ekki sýndar hér. Í báðum reitunum var melur nær einráður og gróður mjög fábreyttur.

Þjósárdalur. Land Skógræktar ríkisins á Ásólfstöðum. Lúpínubreiður í sandorpnu hrauni á milli Þjósárdalsvegjar og Þjósár. Lúpína hafði dreifst sér út um sandinn frá tveimur litlum flekkjum sem komið var á legg skammt austan Sandár upp úr 1960 (Ása L. Aradóttir 2000).

Lagt var út eitt snið með fimm reitum við austurjaðar breiðanna í Þjósárdal, ÞD-1–ÞN-5. Fyrsti reiturinn var á sandinum rétt utan við gamla breiðu en hinir reitirnir voru lagðir inn eftir breiðunni þar sem aldur hennar fór vaxandi. Gróðurmælingar fóru fram 22. júlí 1988.

Þjósárdalur 25. ágúst 2011. Allir reitir endurmældir, staðsetning miðuð út frá ljósmyndum og lýsingum frá 1988. Í svæðið hafði verið dreifplantað lerki og þar var einnig sett út tilraun 1995 með plöntun og sáningu birkis í lúpínu (Ása L. Aradóttir 2000). Ekki voru talin mikil áhrif af þessum aðgerðum á framvindu á svæðinu. Lúpína hafði aukið mjög útbreiðslu sína og var komin inn á viðmiðunarland sem var lúpínulaust 1988. Á eldri hluta sniðs hafði lúpína verulega látið undan síga og graslendi myndast.

Haukadalur í Biskupstungum. Land Skógræktar ríkisins. Svæði við Kaldalæk skammt ofan við bæinn í Haukadale. Þar var lúpínan sett í leirflag rétt sunnan við lækinn um 1958. Áhrif af hverahita eru í flaginu. Lúpína hafði breiðst um allt flagið og var tekin að hörfa þar sem hún var elst. Heimildarmaður Sigvaldi Ásgeirsson.

Lagt var út eitt snið með fjórum reitum í breiðunni við Kaldalæk, HD-1–HD-4. Fyrsti reiturinn var í yngsta hluta breiðunnar en sá síðasti þar sem lúpínan hafði hörfað. Gróðurmælingar fóru fram 19. júlí, 1988.

Haukadalur 24. ágúst 2011. Allir reitir endurmældir, staðsetning miðuð út frá ljósmyndum og lýsingum frá 1988. Skógur hafði aukist á mælisvæðinu, einkum alaskaösp og birki. Lúpína hafði mjög hörfað á svæðinu og myndast blómrikt graslendi með elftingu.

Heiðmörk. Skógræktar- og útivistarsvæði ofan Reykjavíkur, Kópavogs og Garðabæjar. Þar var byrjað að setja lúpínuhnausa í blásna mela og moldir á árunum 1958–1960 og var henni mikið dreift um svæðið eftir það með því að bera út fræskálpa. Lúpínan myndaði fljótlega breiður í Heiðmörk sem fóru stækkandi með árunum. Heimildarmaður Hákon Bjarnason, (sjá einnig Andrés Arnalds 1979 og Daði Björnsson 1997).

Lögð voru út fjögur snið með 18 reitum alls. Snið HM I-1–HM I-6 var suður á Háamel í breiðu rétt norðan við Hjallaveg. Upphafsreitir sniðsins var á mel rétt sunnan við breiðuna og þaðan lá sniðið inn í elsta hluta hennar. Fyrstu merki um lúpínu á Háamel má sjá á loftmyndum frá árinu 1965 (Daði Björnsson 1997). Hin sniðin þrjú eru nyrst í Heiðmerkurgirðingunni í dalverpinu á milli Sauðaáss og Heimaáss skammt innan við hliðið við Jaðar, en þar má einnig sjá votta fyrir lúpínu á loftmyndum frá 1965 (Daði Björnsson 1997). Snið HM II-1–HM II-4 var í uppblástursskorningi í brekku á milli tveggja rofabarða liðlega 400 m suðvestan við Jaðarshlið. Lúpína var elst neðst í skorningnum og hafði breiðst upp eftir honum og fyllt hann. Sniðið var lagt niður eftir skorningnum frá þeim stað sem lúpínan var yngst að sjá og niður í elsta hlutann. Snið HM III-1–HM III-4 lá upp eftir gömlum uppblástursskorningi sem var rétt innan við girðinguna upp frá hliðinu til vesturs. Efst í skorningnum mátti ennþá finna mel sem lúpínan hafði ekki lokað og var fyrsti reitur á sniðinu settur þar. Þaðan lá sniðið niður í gegnum breiðuna og endaði á graslendisbletti sem lúpínan hafði hörfað af. Snið HM IV-1–HM IV-4 var rétt vestan við Heiðmerkurveg um 300 m innan við hliðið. Lá það yfir lágt holt sem lúpína hafði fyrst breiðst meðfram en síðan sótt inn á. Fyrsti reiturinn var lagður ofan við holtið í

graslendisblett sem lúpínan hafði hörfað af, þaðan lá sniðið inn á holtið í gegnum lúpínubreiðu og inn á graslendi fyrir neðan hana þar sem lúpínan hafði hörfað. Gróðurmælingar í Heiðmörk fóru fram 18.–20. júlí 1988.

Heiðmörk 2.–3. ágúst 2011. Hluti sniða og reita endurmældur, staðsetning miðuð út frá ljósmyndum og lýsingum frá 1988. Allir reitir á sniðum HM I og HM II voru endurmældir og 4. reitur (elsti) á sniði HM IV. Á sniði HM III var vaxinn upp þéttur skógur og einnig á hluta sniðs HM IV og var ekki unnt að átta sig á staðsetningu reita þar með vissu. Lúpína hafði breiðst yfir viðmiðunarland í Heiðmörk og var þar ríkjandi en í elstu reitum hafði hún gisnað verulega og blómrikt graslendi myndast.

Skorradalur. Land Skógræktar ríkisins að Stálpastöðum í Skorradal. Þar var lúpínu fyrst plantað í mela í hlíðinni ofan við Stálpastaði árið 1960 þar sem hún myndaði fljótt breiður (heimildarmaður Ágúst Árnason).

Lögð voru út tvö snið með sex reitum alls, SD I-1–SD I-3 og SD II-1–SD II-3. Sniðin liggja sitt hvoru megin gilskornings í hlíðinni um 200 m fyrir ofan gömlu húsin á Stálpastöðum. Þarna virðast hafa verið melablettir í mólendis- og lyngbrekkum. Lúpínan hafði fyrir löngu breiðst út um melana og sótti út í gróna landið umhverfis þá. Erfitt var að finna skýran mun í aldri lúpínunnar innan breiðanna eða viðmiðunarland utan þeirra þar sem mælingarnar voru gerðar. Bæði sniðin voru með þremur reitum og voru þau lögð innan tveggja lúpínubreiða, frá yngri til eldri hluta í þeim báðum. Snið SD II er nær þeim stað sem lúpínunni var plantað fyrst á Stálpastöðum. Gróðurmælingar fóru fram 4. ágúst 1988 á sniði SD I en 5. júlí 1990 á sniði SD II.

Skorradalur 25. ágúst 2011. Allir reitir á sniði SD II endurmældir, staðsetning miðuð út frá ljósmyndum og lýsingum frá 1990. Lúpína enn ríkjandi í öllum reitum en mikil elfting komin í hana. Ekki var farið á þann stað þar sem snið SD I var lagt út og mælt 1988.

Varmahlíð í Skagafirði. Land Skógræktar ríkisins á Reykjarhóli við Varmahlíð. Lúpína var fyrst sett í svæði suðaustan í hólnum upp af skólanum um eða upp úr 1965. Seinna var farið með hana á önnur svæði. Lúpínan hafði ekki verið þróttmikil á Reykjarhóli, breiður verið gisnar og sótti hún ekki mikið inn á gróið land. Heimildarmaður Marta Svavarsdóttir.

Lagt var út eitt snið með þremur reitum, VH-1–VH-3. Sniðið var í brekku í skógarfjóðri vestan í Reykjarhólum á stað þar sem lúpínan var sett um 1970. Þar hafði lúpínan breiðst um hálfgróinn mel og flagmóa. Fyrsti reiturinn var á hálfgrónu landi utan við breiðuna, annar inni í henni þar sem lúpína var þétt og gróskuleg nálægt jaðrinum en sá þriðji í elsta hluta breiðunnar þar sem lúpína var mjög gisin og á undanhaldi. Gróðurmælingar fóru fram 15. júlí 1993.

Varmahlíð 8. ágúst 2011. Farið um svæðið á Reykjarhóli og litast eftir mælistaðnum þar frá 1993. Þar hafði skógur mjög aukist og var ekki hægt að átta sig á með vissu hvar mælisniðið hafði legið. Slæðingur af lúpínu með fram skógarstígum og í opnum en hvergi mikil. Hér var því ekki hægt að endurmæla sniðið frá 1993.

Hrísey. Land Ysta-Bæjar á norðurhluta Hríseyjar á Eyjafirði. Þar hóf eigandi jarðarinnar, Sæmundur Stefánsson, að sá lúpínufræi í mela fyrir utan og austur af vitanum árið 1963 að ráðum Hákonar Bjarnasonar. Sáningu var haldið áfram næstu ár en árangur var fremur lítill. Árið 1967 var lúpínuhnausum plantað allvíða í mela og börð og á næstu árum meðfram veginum.

Var útplöntun haldið áfram til ársins 1972. Bar þetta árangur og fór lúpínan brátt að sá sér út og mynda breiður. Hafði hún breiðst út um mela og mólendi á svæðinu. Heimildarmaður Sæmundur Stefánsson.

Lögð voru út tvö snið með sex reitum alls. Snið HR I-1–HR I-3 var um 40 m austur af vitanum þar sem lúpínan hafði breiðst út um mel. Fyrsti reitur á sniðinu var á melnum utan við breiðuna en hinir voru rétt innan við jaðar og inni í miðju hennar. Snið HR II-1–HR II-3 var í hallanum um 300 m suður af vitanum þar sem lúpínan sækir út á mólendi við austurbrún eyjarinnar. Fyrsti reitur á sniðinu var í mólendinu utan við breiðuna en hinir innan breiðunnar eins og á fyrra sniði. Gróðurmælingar fóru fram 27. júlí 1993.

Hrísey 11. ágúst 2011. Hér var ekki unnt að mæla snið á sama hátt og 1993 vegna þess að aðgerðir voru hafnar til að halda lúpínu í skefjum með slætti. Snið HR I var endurmælt með því að hliðra því til austurs og út fyrir slegna svæðið og inn í óhreyfða lúpínubreiðuna, þar sem áður var melur. Þar var lúpína enn ríkjandi en komin í hana talsverð hvönn, túnfífill og skógarkerfill. Snið HR II sem lagt hafði verið út í mólendi var ekki hægt að endurmæla vegna sláttar á svæðinu. Utan við slegna svæðið var hins vegar lagt út nýtt snið HR III með fimm reitum þar sem áður hafði verið mólendi. Fyrsti reiturinn var á mólendisbletti við jaðar lúpínubreiðu, annar og þriðji inni í yngri og eldri hluta breiðunnar, en fjórði og fimmti reitur nokkru ofar þar sem skógarkerfill hafði lagt undir sig lúpínuna og hún hörfað að mestu.

Vaðlareitur í Eyjafirði. Skógargirðing frá Skógræktarfélagi Eyfirðinga í hlíðinni austan Eyjafjarðar, gegnt Akureyri. Lúpína mun fyrst hafa komið á svæðið í kringum 1960 þar sem hún var sett í melabletti og moldarrof í hlíðinni. Heimildarmaður Hallgrímur Indriðason.

Lögð voru út tvö snið með sex reitum alls, bæði í skógarrjóðrum fyrir ofan þjóðveg. Aðstæður til mælinga voru fremur erfiðar þar sem lúpínan hafði fyrir löngu fyllt melablettina og sótti út í lyngmóa. Því var fremur erfitt að finna skýran aldursmun í breiðunum eða gott viðmiðunarland utan þeirra. Snið VR I-1–VR I-4 var lagt frá lyngholti sem lúpína var að byrja að breiðast inn á og inn breiðu sem var þétt við jaðar en komin gisnun í og talsverður grasvöxtur í miðju. Fyrsti reiturinn var í lyngholtinu en sá síðasti þar sem lúpínan var gisnust með mestum grasvexti. Snið VR II-1–VR II-2, var tekið í lúpínubreiðu þar sem fyrri reiturinn var í þéttri og unglegri lúpínu en sá seinni í eldri og gisnari hluta hennar þar sem gras var orðið ríkjandi í sverði. Gróðurmælingar fóru fram 18. júlí 1990.

Vaðlareitur 15. ágúst 2011. Skógur hefur mjög þétt sig og hækkað frá 1990 og erfitt að átta sig á staðháttum. Snið VR I miðað út frá ljósmyndum og lýsingum frá 1990 og voru mældir á því reitir 2 og 4, en hinir fundust ekki. Snið VR II fannst ekki. Í reitum sem mældir voru á sniði VR I var vaxinn upp birkiskógur en lúpína ríkti í botni hans.

Hálsmelar í Fnjóskadal. Land Skógræktar ríkisins norðan við Vaglaskóg. Lúpína barst fyrst að Vöglum í kringum 1954. Henni var fyrst plantað út á melana en hún átti þar erfitt uppdráttar, sennilega vegna þurrka. Þreifst hún betur ofan í lægðum þar sem snjóþyngra var og raki meiri. Heimildarmenn Ísleifur Sumarliðason og Guðni Þorsteinsson.

Lögð voru út tvö snið með fjórum reitum alls. Snið HÁ I-1–HÁ I-2 var ofan í lægðardragi neðan og vestan við stærstu melana. Ofan í draginu hafði lúpína breiðst um mel og var tekin að hörfa uppi í hallanum en viðhélst þar sem landið var lægst og rakast. Fyrri reiturinn var hafður í jaðri í breiðunnar þar sem lúpínan hafði gisnað en hinn neðst í draginu þar sem hún var þétt

og vöxtuleg. Snið HÁ II-1–HÁ II-2 var uppi á melunum í fremur gisinni lúpínubreiðu. Fyrri reiturinn var skammt innan við jaðar breiðunnar þar sem lúpína var ungleg en hinn var innar í breiðunni þar sem lúpínan hafði hörfað mikið. Gróðurmælingar fóru fram 19. júlí 1990.

Hálsmelar 15. ágúst 2011. Hér var aðeins mældur einn reitur HÁ I-2. Aðrir reitir voru komnir undir þéttan skóg eða landi hafði verið raskað með, þannig að ekki var unnt að staðsetja þá. Í reitnum sem var mældur var enn talsverð lúpína en komið í hana gras, elfting og blómgróður.

Ytrafjall í Aðaldal. Skógargirðing í brattri hlíð í Fjallshnjúki í landi Ytrafjalls. Hlíðin var fyrst girt að hluta árið 1916 en fullgirt 1926. Lúpína barst fyrst að Ytrafjalli laust upp úr 1960 og var þá sett í svonefnda Steinbogaskriðu, sem er sunnarlega í girðingunni og féll um 1870. Um 1965 var lúpína sett í Brattamel og Gildrumel uppi í hlíðinni í norðanverðri girðingunni. Heimildarmaður Indriði Ketilsson.

Lögð voru út tvö snið með sjö reitum alls og að auki einn reitur á þriðja stað í girðingunni. Snið YF I-1–YF I-4 var á Brattamel sem var nyrst í girðingunni. Þar var grófur urðarmelur sem lúpína var að breiðast um. Fyrsti reiturinn á sniðinu var á melnum utan við lúpínubreiðuna annar í þéttri lúpínu rétt innan við jaðarinn en þriðji og fjórði reitur í eldri hluta breiðunnar. Snið YF II-1–YF II-3, var á Gildrumel sem liggur norðar og hærra í hlíðinni en Brattamelur. Jarðvegur var heldur fínni og moldarkenndari en á fyrri stað, þar gæti því hafa verið uppblásið land fremur en skriðuruðningur. Fyrsti reiturinn var í flagmóa utan við lúpínubreiðu, annar reitur í ungri lúpínu rétt innan við jaðarinn og sá þriðji í elsta hluta breiðunnar. Einn reitur YF III-1 var settur á þann stað í Steinbogaskriðu sem lúpínu var fyrst plantað á Ytrafjalli. Þar hafði hún fyrir löngu fyllt skriðuna og var enn til staðar í litlu rjóðri í birkiskógi. Mikið ungbirki var í lúpínunni og hæstu hríslur á annan metra á hæð. Gróðurmælingar fóru fram 20.–21. júlí 1993.

Ytrafjall 12. ágúst 2011. Allir reitir endurmældir, staðsettir út frá myndum, lýsingum og merkihælum frá 1993. Lúpína hafði breiðst út og inn á viðmiðunarreiti, hún var enn til staðar í öllum reitum en birki, gras- og mólendistegundir höfðu aukist mjög í reitunum.

Hveravellir í Reykjahverfi. Neðanverð hlíðin fyrir ofan Reykjahverfi í Suður-Þingeyjarsýslu, sem hafði verið friðuð frá því um 1968. Lúpína barst þangað um 1973 og var hún sett í melkolla í hlíðinni ofan bæja. Heimildarmaður Ólafur Atlason.

Lögð voru út tvö snið með tíu reitum alls. Snið HV I-1–HV I-5 var upp af gróðurhúsunum á Hvervöllum um 300–400 m ofan bæja. Það var lagt um mel sem lúpínan hafði breiðst um og yfir í lyngmóa sem hún var tekin að sækja inn á. Fyrsti reiturinn var á berum melnum utan við lúpínubreiðuna, annar innan við jaðar hennar þar sem lúpínan var þéttust á melnum og sá þriðji þar sem lúpínan var eldri og tekin að gisna á melnum. Fjórði reiturinn var í lúpínunni þar sem hún var nýlega komin út í lyngmóann en sá fimmti í móanum utan við breiðuna. Snið HV II-1–HV II-5 var um 300 m sunnar í hlíðinni í svipaðri hæð og fyrri sniðið. Þar lá sniðið eftir melhrygg og niður í lyngdæld sem lúpínan var að breiðast niður í ofan frá melnum. Fyrsti reiturinn var á melnum þar sem lúpína var að byrja að nema land og annar og þriðji reitur inni í lúpínubreiðunni á melnum. Fjórði reiturinn var í miðri lúpínutungu sem gengið hafði niður í lyngdældina og fimmti reiturinn var í dældinni neðan við breiðuna. Gróðurmælingar fóru fram 18.–19. júlí 1993.

Hveravellir 14. ágúst 2011. Allir reitir endurmældir, staðsettir út frá myndum, lýsingum og merkihælum frá 1993. Lúpína hafði breiðst út og inn á viðmiðunarreiti, hún var enn til staðar

í öllum reitum. Mólendistegundir voru komnar inn þar sem melur var áður, en í gömlum lyngmóareitum var lúpína öflugust og komin í hana elfting og blómgróður.

Húsavík. Bæjarland Húsavíkurkaupstaðar á Skálamel og við Botnsvatn. Lúpína var fyrst sett í Skálamel árið 1967 er smáplöntum var plantað í einfalda röð efst í skógræktargirðingu í hlíðinni ofan bæjarins. Árið 1974 var girðingin færð út til norðurs og breiddist lúpínan einnig þar um. Sama ár var áburði og grasfræi dreift úr flugvél Landgræðslu ríkisins yfir Skálamel. Um 1980 er farið að taka fræ af lúpínunni og dreifa á nýja staði. Árið 1989 var bæjarlandið girt og friðað fyrir sauðfjárbreit. Þá voru gömlu skógræktargirðingarnar teknar upp. Lúpína mun einnig hafa verið sett í mel innan skógræktargirðingar við Botnsvatn ofan Húsavíkur árið 1967. Heimildarmaður Þröstur Eysteinnsson.

Lögð voru út þrjú snið með níu reitum alls. Snið HÚ I-1–HÚ I-4 var efst á Skálamel og lá samsíða og um 10 m neðan við gamla girðingastæðið. Fyrsti reiturinn var úti á blásnum mel sem hafði verið utan við gömlu girðinguna og var beittur til 1989. Reiturinn var rétt utan við lúpínubreiðu sem myndast hafði á melnum eftir friðunina. Annar reitur var rétt innan við jaðar breiðunnar og utan við gamla girðingarstæðið. Þriðji var síðan í gömlu lúpínubreiðunni um 15 m innan við gamla girðingarstæðið þar sem lúpínan var þétt en með talsverðu grasi í sverði. Fjórdi reiturinn var um 100 m norðar í gömlu girðingunni þar sem lúpínan var gísinn en mikið gras í sverði. Snið HÚ II-1–HÚ II-3 var neðar í hlíðinni þar sem lúpínan var yngri og hafði breiðst yfir lyngmóa. Það lá yfir gamla girðingastæðið að sunnan, um 15 m ofan við stíginn sem liggur út eftir hlíðinni ofan við greniskóginn. Fyrsti reiturinn var í lyngmóa utan við girðingastæðið og lúpínubreiðuna. Annar reitur var einnig utan við girðingastæðið en innan við jarðar lúpínunnar sem vaxið hafði upp eftir friðunina 1989. Þriðji reiturinn var í gamalli lúpínu 10 m innan girðingarinnar. Snið HÚ III-1 og HÚ III-2 voru við norðurjaðar skógræktarsvæðisins upp við Botnsvatn þar sem girðingin hafði staðið. Þar hafði lúpínan verið sett í lítinn melkoll sem hún hafði breiðst um innan girðingarinnar. Fyrri reiturinn var settur niður í lítt gróinn melinn utan við gamla girðingarstæðið en hinn inn í lúpínubreiðuna innan við það. Gróðurmælingar fóru fram 22.–24. júlí 1993.

Húsavík 9.–10. ágúst 2011. Allir reitir endurmældir, staðsettir út frá myndum og lýsingum frá 1993, á sniði HÚ III fundust gamlir merkihælar við reitina. Lúpína hafði breiðst út og inn á viðmiðunarreit, hún var enn til staðar í öllum reitum. Gras og blómgróður kominn í lúpínu á Skálamel (HÚ I), mest um elftingu undir lúpínu á sniði neðar í brekkunni þar sem áður var mólendi (HÚ II), en gras og blómgróður í lúpínu á sniðinu á melkollinum við Botnsvatn (HÚ III).

Ássandur í Kelduhverfi. Í landgræðslugirðingu á Ássandi, vestan Jökulsár á Fjöllum. Þar var lúpínu sáð í sandinn á fáeinum stöðum í kringum 1977 og mynduðust með tímanum litlar breiður. Lúpínan átti fremur erfitt uppdráttar þar, sennilega vegna þurrka. Heimildarmaður Andrés Arnalds.

Lagt var út eitt snið með þremur reitum, ÁS-1– ÁS-3. Sniðið var í lítilli, stakri breiðu sem var skammt frá suðurjaðri girðingarinnar með þjóðveginum um 1 km vestur af Jökulsá. Fyrsti reiturinn var á berum melnum utan við breiðuna, annar rétt innan við jaðarinn þar sem lúpínan var einna þéttust og þriðji reiturinn inn í miðju breiðunnar þar sem lúpínan var farin að gisna talsvert og komið í hana gras. Gróðurmælingar fóru fram 20. júlí 1990.

Ássandur 10. ágúst 2011. Allir reitir endurmældir, staðsettir út frá myndum, lýsingum og merkihælum frá 1993. Lúpína hafði breiðst út og inn á viðmiðunarreit, hún var enn til staðar í öllum reitum en gras komið í hana.

2. viðauki. GPS-staðsetning mæltreita á hverju rannsóknasvæði samkvæmt skráningum 2011–2014, sjá nánari skýringar í 1. viðauka og ljósmyndir frá svæðum. Hnitin marka upphafspunkt hvers reits, þ.e. 0,0 m hæll.

Svæði	Reitur	N	W
Kvísker	KV-1	63,98449	16,42820
Kvísker	KV-2	63,98446	16,43247
Kvísker	KV-3	63,98448	16,43189
Kvísker	KV-4	63,98447	16,43148
Svínafell	SF-1	63,96863	16,85151
Svínafell	SF-2	63,96849	16,84952
Svínafell	SF-3	63,96843	16,84915
Hofsnes	HN-1	63,88024	16,67506
Hofsnes	HN-2	63,88751	16,65715
Hofsnes	HN-3	63,88609	16,67621
Hofsnes	HN-4	63,88735	16,67315
Hofsnes	HN-5	63,88587	16,67841
Múlakot	MK-1	63,71532	19,86423
Múlakot	MK-2	63,71527	19,86383
Múlakot	MK-3	63,71522	19,86358
Múlakot	MK-3B	63,71515	19,86358
Þjórsárdalur	THD-1	64,09895	19,95557
Þjórsárdalur	THD-2	64,09893	19,95570
Þjórsárdalur	THD-3	64,09889	19,95592
Þjórsárdalur	THD-4	64,09889	19,95611
Þjórsárdalur	THD-5	64,09888	19,95623
Haukadalur	HD-1	64,32650	20,28619
Haukadalur	HD-2	64,32648	20,28641
Haukadalur	HD-3	64,32634	20,28676
Haukadalur	HD-4	64,32622	20,28689
Heiðmörk	HM I-1	64,06250	21,79838
Heiðmörk	HM I-2	64,06255	21,79843
Heiðmörk	HM I-3	64,06258	21,79850
Heiðmörk	HM I-4	64,06265	21,79862
Heiðmörk	HM I-5	64,06272	21,79873
Heiðmörk	HM I-6	64,06280	21,79885
Heiðmörk	HM II-1	64,08305	21,76017
Heiðmörk	HM II-2	64,08278	21,76008
Heiðmörk	HM II-3	64,08258	21,76000
Heiðmörk	HM II-4	64,08237	21,75995
Heiðmörk	HM IV-4	64,08277	21,75695
Skorradalur	SD II-1	64,52271	21,43937
Skorradalur	SD II-2	64,52266	21,43906
Skorradalur	SD II-3	64,52279	21,43916
Hrísey	HR I-1	66,01843	18,39962
Hrísey	HR I-2	66,01840	18,39920

2. viðauki. Framhald.

Svæði	Reitur	N	W
Hrísey	HR I-3	66,01822	18,39892
Hrísey	HR II-1	66,01420	18,39373
Hrísey	HR II-2	66,01437	18,39370
Hrísey	HR II-3	66,01483	18,39367
Hrísey	HR II-4 (Kerfill 1)	66,01622	18,39627
Hrísey	HR II-5 (Kerfill 2)	66,01595	18,39540
Vaðlareitur	VA I-2	65,68283	18,04873
Vaðlareitur	VA I-4	65,68330	18,04907
Hálsmelar	HAL I-2	65,72873	17,89662
Ytrafjall	YF I-1	65,85135	17,43003
Ytrafjall	YF I-2	65,85128	17,42993
Ytrafjall	YF I-3	65,85118	17,42990
Ytrafjall	YF I-4	65,85105	17,42972
Ytrafjall	YF II-1	65,84995	17,43197
Ytrafjall	YF II-2	65,84988	17,43188
Ytrafjall	YF II-3	65,84982	17,43183
Ytrafjall	YF III-1	65,84803	17,42730
Hveravellir	HV I-1	65,88473	17,30410
Hveravellir	HV I-2	65,88473	17,30395
Hveravellir	HV I-3	65,88472	17,30365
Hveravellir	HV I-4	65,88475	17,30425
Hveravellir	HV I-5	65,88478	17,30438
Hveravellir	HV II-1	65,88613	17,30273
Hveravellir	HV II-2	65,88617	17,30222
Hveravellir	HV II-3	65,88620	17,30228
Hveravellir	HV II-4	65,88627	17,30242
Hveravellir	HV II-5	65,88635	17,30262
Húsavík	HU I-1	66,04732	17,33008
Húsavík	HU I-2	66,04738	17,33022
Húsavík	HU I-4	66,04832	17,33155
Húsavík	HU II-1	66,04708	17,33072
Húsavík	HU II-2	66,04715	17,33085
Húsavík	HU II-3	66,04725	17,33092
Húsavík	HU III-1	66,03085	17,28878
Húsavík	HU III-2	66,03080	17,28858
Ássandur	AS I-1	66,03192	16,45685
Ássandur	AS I-2	66,03182	16,45655
Ássandur	AS I-3	66,03182	16,45647

3. viðauki. Tegundir planta og þekja þeirra (%) í einstökum reitum í fyrri (a) og seinni mælingum (b). Reitir Í Hofsnesi (HN) og í Hrísey II (HR II) voru lagðir út og mældir í fyrsta sinn 2011. Þekja var reiknuð frá miðgildi þekjubils og reiknast að hámarki 88% sem jafngildir fullri þekju. – Appendix 3. Plant cover (%) in plots at study sites in first sampling (a) 1988–1993, and second sampling (b) in 2011–2014. Cover was calculated from cover class midpoints, max. values are 88%.

	Kvísker							
	KS 1a	KS 1b	KS 2a	KS 2b	KS 3a	KS 3b	KS 4a	KS 4b
<i>Agrostis capillaris</i>				0,33		19,30		3,16
<i>Agrostis vinealis</i>	1,50			0,80		0,80		0,75
<i>Alchemilla alpina</i>	2,50	0,83						
<i>Alchemilla vulgaris</i>				0,80				2,50
<i>Angelica sylvestris</i>				4,80	6,80	19,80	3,20	0,75
<i>Anthoxanthum odoratum</i>						0,50		
<i>Arabidopsis petraea</i>	0,10							
<i>Betula pubescens</i>	0,60	1,00		0,80				
<i>Calluna vulgaris</i>	0,10	6,83						
<i>Campanula rotundifolia</i>		0,83				0,80		0,67
<i>Cerastium fontanum</i>					0,20			0,80
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,30	0,42	0,10	1,75	0,50			9,00
<i>Empetrum nigrum</i>	0,60	14,42		0,80				
<i>Equisetum arvense</i>								0,10
<i>Festuca rubra</i>	0,10		0,10	0,83			0,50	3,80
<i>Festuca vivipara</i>	0,60			1,58				0,17
<i>Galium normanii</i>	0,10							
<i>Galium verum</i>								0,80
<i>Geranium sylvaticum</i>				0,17	6,10		3,10	
<i>Juncus trifidus</i>	0,60							
<i>Leontodon autumnalis</i>				3,28				2,20
<i>Lupinus nootkatensis</i>			88,00	0,67	88,00		79,70	
<i>Luzula multiflora</i>				0,80				1,70
<i>Luzula spicata</i>	0,60	0,17						
<i>Omalotheca supina</i>	0,10							
<i>Poa glauca</i>	0,10		0,10		5,90		5,00	
<i>Poa pratensis</i>			0,70		3,50		11,30	
<i>Rhinanthus minor</i>				0,10				
<i>Rubus saxatilis</i>						0,10	2,50	0,10
<i>Rumex acetosella</i>	0,10							
<i>Salix phylicifolia</i>				0,10				
<i>Silene uniflora</i>								0,50
<i>Stellaria media</i>			0,20					
<i>Taraxacum</i>				0,42	14,80	6,58		1,75
<i>Thymus praecox</i>	0,20							
<i>Vaccinium uliginosum</i>	0,50	3,83						
<i>Hylocomium splendens</i>		0,83	0,25	1,25				1,60
<i>Racomitrium ericoides</i>	2,50							
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	5,83	83,83						
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>			29,20	71,30	71,30	88,00	54,70	88,00

3. viðauki. Framhald.

	Svínafell					
	SF 1a	SF 1b	SF 2a	SF 2b	SF 3a	SF 3b
<i>Agrostis capillaris</i>		0,80				2,00
<i>Agrostis vinealis</i>	0,30	0,33		1,26		0,42
<i>Alchemilla alpina</i>	0,10					
<i>Anthoxanthum odoratum</i>						0,80
<i>Arabidopsis petraea</i>	0,10					
<i>Calluna vulgaris</i>		2,50				
<i>Campanula rotundifolia</i>	0,90	0,50	2,50	0,17	0,10	0,17
<i>Cerastium fontanum</i>				0,50	0,10	0,75
<i>Empetrum nigrum</i>	11,50	18,50				
<i>Festuca rubra</i>		0,92		6,58	2,70	8,17
<i>Festuca vivipara</i>	0,20	0,50	13,10	3,33	0,20	0,92
<i>Galium normanii</i>	0,10	0,25				0,80
<i>Galium verum</i>	0,20	0,92	2,80	0,50	23,20	0,50
<i>Juncus trifidus</i>	0,10					
<i>Lupinus nootkatensis</i>			83,80		88,00	
<i>Luzula multiflora</i>		0,25		0,42		0,83
<i>Luzula spicata</i>	0,20					
<i>Myosotis arvensis</i>				0,42		0,80
<i>Poa glauca</i>	0,10		14,00		5,10	
<i>Poa pratensis</i>			0,20	2,17	2,70	0,92
<i>Potentilla crantzii</i>		0,10				
<i>Rumex acetosella</i>	0,20					
<i>Silene acaulis</i>	0,60	0,10				
<i>Thymus praecox</i>	3,40	3,50				
<i>Hylocomium splendens</i>		63,30	0,50	16,40		1,25
<i>Racomitrium ericoides</i>	0,10					
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	6,50	2,00				
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>			75,50	4,80	83,80	75,50

3. viðauki. Framhald.

	Hofsnes				
	HN 1	HN 2	HN 3	HN 4	HN 5
<i>Agrostis vinealis</i>	1,33	0,92	26,50		0,75
<i>Alchemilla alpina</i>	0,80	0,50	0,33		0,10
<i>Angelica sylvestris</i>			0,17		
<i>Armeria maritima</i>		0,80	0,80		
<i>Calluna vulgaris</i>	13,00	2,50	0,50		1,58
<i>Dryas octopetala</i>					0,10
<i>Empetrum nigrum</i>	7,67	7,83	0,80		3,33
<i>Epilobium watsonii</i>					0,33
<i>Equisetum arvense</i>					0,10
<i>Euphrasa frigida</i>	0,80	0,80			
<i>Festuca rubra</i>				31,50	
<i>Festuca vivipara</i>	0,33	0,80	3,00		0,42
<i>Galium normanii</i>	0,17	0,17	0,80		
<i>Galium verum</i>					0,10
<i>Juncus trifidus</i>	1,80	0,42	2,58		0,17
<i>Lupinus nootkatensis</i>			88,00	58,83	0,10
<i>Luzula spicata</i>	0,92	0,33	0,17		
<i>Poa glauca</i>			6,42	2,83	
<i>Poa pratensis</i>				14,58	
<i>Rumex acetosa</i>				5,80	
<i>Salix herbacea</i>		2,50			0,10
<i>Taraxacum</i>			0,10	0,50	
<i>Thymus praecox</i>	0,42	1,33	0,80		0,50
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	3,80	3,75	5,17		88,00
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>			0,17	75,50	

	Múllakot					
	MK 1a	MK 1b	MK 2a	MK 2b	MK 3a	MK 3Bb
<i>Agrostis capillaris</i>		3,67		15,17	2,60	3,00
<i>Agrostis vinealis</i>	0,10					
<i>Alopecurus pratensis</i>				2,50		
<i>Angelica archangelica</i>	0,10	28,67	0,10	23,75	38,50	26,50
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		0,50				
<i>Betula pubescens</i>			0,10			
<i>Bistorta vivipara</i>	7,20					
<i>Calamagrostis stricta</i>	0,10					
<i>Carex capillaris</i>	0,20					
<i>Carex flacca</i>	0,10					
<i>Carex nigra</i>		0,83				
<i>Cassiope hypnoides</i>	0,10					
<i>Cerastium alpinum</i>	0,10					
<i>Cerastium fontanum</i>			0,10			
<i>Deschampsia caespitosa</i>				19,92	3,20	16,00
<i>Empetrum nigrum</i>	15,30					
<i>Equisetum arvense</i>	5,10	0,25	1,20	0,17		0,50
<i>Equisetum variegatum</i>	0,10					
<i>Euphrasa frigida</i>	0,10					

3. viðauki. Framhald.

	Múlakot					
	MK 1a	MK 1b	MK 2a	MK 2b	MK 3a	MK 3Bb
<i>Festuca rubra</i>		9,42	0,60	14,17		3,50
<i>Festuca vivipara</i>	0,70		1,00			
<i>Galium boreale</i>	0,30	3,83	0,10		0,10	
<i>Galium normanii</i>	0,10					
<i>Galium verum</i>	0,10	1,17		0,83		
<i>Hierocloe odorata</i>	0,60					
<i>Hordeum brachyantherum</i>				6,00		
<i>Juncus arcticus</i>	0,10			0,83		
<i>Juncus trifidus</i>	0,10					
<i>Kobresia myosuroides</i>	2,20					
<i>Leymus mollis</i>						9,33
<i>Lupinus nootkatensis</i>	0,10	67,50	88,00	58,83	63,40	79,67
<i>Luzula multiflora</i>	0,40					
<i>Pinguicula vulgaris</i>	1,10					
<i>Plantago maritima</i>	0,10					
<i>Platanthera hyperborea</i>	0,10					
<i>Poa glauca</i>		0,50		0,50	1,40	0,17
<i>Poa pratensis</i>		13,83	6,40	11,00	24,20	0,50
<i>Poa trivialis</i>			0,10			
<i>Potentilla crantzii</i>	0,10					
<i>Ranunculus acris</i>		0,50		3,58		1,83
<i>Rhinanthus minor</i>	0,10					
<i>Rumex acetosa</i>				0,50	0,60	3,50
<i>Rumex longifolius</i>				3,00	5,20	2,67
<i>Salix arctica</i>	0,10					
<i>Salix herbacea</i>	0,10					
<i>Salix lanata</i>	5,10					
<i>Salix phylicifolia</i>						0,10
<i>Selaginella selaginoides</i>	0,20					
<i>Stellaria media</i>			0,10			
<i>Taraxacum</i>				3,00		
<i>Thymus praecox</i>	0,30					
<i>Tofieldia pusilla</i>	0,10					
<i>Trisetum spicatum</i>	0,10					
<i>Vicia cracca</i>	6,20	3,58		1,58	3,10	0,10
<i>Hylocomium splendens</i>	1,17					
<i>Racomitrium ericoides</i>	67,17		0,83			
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	2,67					
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	6,83	0,58	11,50	6,83	9,50	9,33
<i>Sanionia uncinata</i>	6,83		1,83			

3. viðauki. Framhald.

	Þjórsárdalur									
	ÞD 1a	ÞD 1b	ÞD 2a	ÞD 2b	ÞD 3a	ÞD 3b	ÞD 4a	ÞD 4b	ÞD 5a	ÞD 5b
<i>Agrostis capillaris</i>						0,83				
<i>Agrostis stolonifera</i>		0,83	0,60		2,70		1,00		1,30	
<i>Agrostis vinealis</i>		0,58							1,00	0,17
<i>Alchemilla vulgaris</i>		0,10								
<i>Angelica archangelica</i>		0,58		6,17		46,67		32,83		3,33
<i>Arabidopsis petraea</i>	0,10		0,60							
<i>Arabis alpina</i>		0,83								
<i>Armeria maritima</i>		0,10								
<i>Cerastium fontanum</i>						0,83				0,83
<i>Deschampsia caespitosa</i>				0,10						
<i>Equisetum arvense</i>		0,17		0,33		1,00				
<i>Festuca rubra</i>	0,10	7,00	1,00	0,92	4,60	3,50	3,80	6,58	2,10	14,33
<i>Galium normanii</i>	0,10	0,42	0,10	0,75		0,17	0,10	0,17		
<i>Galium verum</i>		6,58	0,10	1,50		3,17	2,60	3,50	0,10	4,58
<i>Leontodon autumnalis</i>				0,17		0,83				
<i>Leymus arenarius</i>	0,10	1,00		5,75	0,10	0,50	3,60	3,50	1,00	12,83
<i>Lupinus nootkatensis</i>	0,10	3,17	42,50	7,83	88,00	47,00	88,00	26,17	74,30	5,58
<i>Luzula multiflora</i>						0,83				0,83
<i>Myosotis arvensis</i>		0,33		0,33		0,33		0,83		0,83
<i>Poa glauca</i>		3,67	0,10	9,00	2,70	6,58	0,50	8,50	12,50	5,00
<i>Poa pratensis</i>		0,17		1,17		16,25		22,50		9,83
<i>Rubus saxatilis</i>								0,83		
<i>Rumex acetosella</i>		0,17		0,83		0,83	0,10			
<i>Silene acaulis</i>			0,10							
<i>Silene uniflora</i>	0,10	0,83	0,10	1,83	1,10	0,83	0,70	0,50	0,60	
<i>Sorbus aucuparia</i>				0,58						
<i>Taraxacum</i>					2,60			0,17	0,50	0,50
<i>Thymus praecox</i>	0,10	6,50	0,10	0,83						
<i>Viola tricolor</i>										0,10
<i>Hylocomium splendens</i>		3,75	0,83	3,00	0,17	2,50	0,83			0,50
<i>Racomitrium ericoides</i>		2,17	0,92	0,50	0,25		0,17		0,10	
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	0,25	0,83								
<i>Rhytiadelphus squarrosus</i>	0,10	0,50	0,83	0,50	0,25	5,50	0,50	44,50	0,42	32,83
<i>Sanionia uncinata</i>		37,00		46,67	0,83	7,50	0,83	8,83	0,17	11,33

3. viðauki. Framhald.

	Haukadalur							
	HD-1a	HD-1b	HD-2a	HD-2b	HD-3a	HD-3b	HD-4a	HD-4b
<i>Agrostis capillaris</i>		5,83		0,83		0,10	12,10	0,83
<i>Agrostis vinealis</i>	0,60							
<i>Angelica archangelica</i>						11,33		
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		3,83						
<i>Argentina anserina</i>		0,10		23,25				
<i>Betula pubescens</i>						25,17		25,17
<i>Carex nigra</i>		0,10						
<i>Deschampsia caespitosa</i>				26,25	1,00	2,50		
<i>Equisetum arvense</i>							1,10	
<i>Equisetum pratense</i>		13,83	75,50	24,50	5,90	3,67	67,30	32,83
<i>Festuca rubra</i>	22,10	0,83	9,30		2,70	0,17	4,70	
<i>Galium boreale</i>	0,10	2,50	0,60					
<i>Galium verum</i>			0,10					
<i>Geranium sylvaticum</i>						2,50		
<i>Geum rivale</i>		0,50	0,10			0,10		3,67
<i>Hieracium spp</i>			0,10					
<i>Lathyrus pratensis</i>		18,25		5,00	6,30		0,20	
<i>Lupinus nootkatensis</i>	55,10		47,20	2,50	54,70	6,83	6,40	42,00
<i>Phleum pratense</i>		0,83						
<i>Poa glauca</i>		0,83					5,20	
<i>Poa pratensis</i>		0,83		0,58	6,40			0,17
<i>Poa trivialis</i>			5,30				0,60	
<i>Ranunculus acris</i>	0,10	0,17	2,70	6,00	0,50	3,00	3,30	3,25
<i>Rubus saxatilis</i>						3,50		0,50
<i>Rumex acetosa</i>			2,60	0,10	0,50		1,50	
<i>Rumex longifolius</i>			8,90	2,58	7,80			0,50
<i>Salix phylicifolia</i>			2,60		5,20			
<i>Taraxacum</i>	0,10	2,50	0,60	0,10	0,50	3,83		7,50
<i>Thalictrum alpinum</i>			0,10					
<i>Thymus praecox</i>			0,10					
<i>Hylocomium splendens</i>	2,50	14,67	0,83		2,58	0,58	0,33	
<i>Racomitrium lanuginosum</i>			0,10					
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	43,17	22,00	28,67	52,50	46,67	88,00	4,83	27,67
<i>Sanionia uncinata</i>			0,10		0,83			

3. viðauki. Framhald.

	Heiðmörk							
	HM I-1a	HM I-1b	HM I-2a	HM I-2b	HM I-3a	HM I-3b	HM I-4a	HM I-4b
<i>Agrostis capillaris</i>		0,83						
<i>Agrostis vinealis</i>	1,20		4,70					
<i>Armeria maritima</i>	0,10		0,10					
<i>Bistorta vivipara</i>			0,10					
<i>Cerastium alpinum</i>	0,10		0,10					
<i>Cerastium fontanum</i>			0,10	0,83	0,10		0,50	
<i>Deschampsia caespitosa</i>		0,10		6,33				0,50
<i>Empetrum nigrum</i>	0,10		0,10					
<i>Epilobium ciliatum</i>		7,17		3,00				
<i>Epilobium watsonii</i>					0,50			
<i>Euphrasa frigida</i>	0,10		0,10					
<i>Festuca rubra</i>	0,60	0,50	0,30	0,50		5,83		0,10
<i>Festuca vivipara</i>	0,70		0,20		0,10	0,83	0,10	
<i>Galium normanii</i>			0,10					
<i>Geranium sylvaticum</i>								1,83
<i>Lupinus nootkatensis</i>	1,70	79,67	71,30	83,83	79,70	63,00	75,50	56,67
<i>Luzula spicata</i>	0,10		0,30					
<i>Poa glauca</i>		28,17	0,10		0,60		0,20	
<i>Poa pratensis</i>		3,67		2,67	15,30	3,50		18,83
<i>Potentilla crantzii</i>	0,10							0,58
<i>Ranunculus acris</i>				0,50				
<i>Ribes x pallidum (rifs)</i>				0,10				
<i>Rumex acetosa</i>		0,10		14,83		5,00	3,10	15,83
<i>Rumex acetosella</i>	0,10							
<i>Salix herbacea</i>	0,10							
<i>Salix phylicifolia</i>				0,10				
<i>Silene acaulis</i>	0,10		0,10					
<i>Silene uniflora</i>			0,10					
<i>Stellaria media</i>					0,50			
<i>Taraxacum</i>		11,00		18,67	0,50	11,92		5,50
<i>Thymus praecox</i>	1,60		1,60					
<i>Hylocomium splendens</i>					0,17			0,50
<i>Racomitrium ericoides</i>	3,75		5,58					
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	1,75		0,25		0,83			
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>		3,00	1,50	3,67	15,75	38,67	44,50	67,50
<i>Sanionia uncinata</i>					0,17		1,50	

3. viðauki. Framhald.

	Heiðmörk							
	HM I-5a	HM I-5b	HM I-6a	HM I-6b	HM II-1a	HM II-1b	HM II-2a	HM II-2b
<i>Agrostis capillaris</i>				8,92				0,10
<i>Alopecurus pratensis</i>		0,83				8,83		
<i>Cerastium fontanum</i>	0,10		1,00					
<i>Deschampsia caespitosa</i>		17,17		1,00		3,00		2,50
<i>Equisetum pratense</i>						0,17		
<i>Festuca rubra</i>			0,10	0,50	0,10			
<i>Festuca vivipara</i>	0,50						0,10	
<i>Galium boreale</i>								0,10
<i>Geranium sylvaticum</i>				0,83				
<i>Lupinus nootkatensis</i>	79,70	29,83	79,70	44,25	83,80	88,00	88,00	67,17
<i>Poa glauca</i>	3,10		0,10					
<i>Poa pratensis</i>	13,20	26,33	55,10	11,00	2,80	26,67	1,80	13,42
<i>Potentilla crantzii</i>					0,10			
<i>Ranunculus acris</i>						0,50		
<i>Rumex acetosa</i>		11,00		14,83		2,50	3,10	0,67
<i>Stellaria media</i>			0,10					
<i>Taraxacum</i>		0,50	0,10	13,25		3,00		11,33
<i>Hylocomium splendens</i>							0,20	
<i>Racomitrium ericoides</i>							0,20	
<i>Racomitrium lanuginosum</i>							0,20	
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	28,67	63,67	15,67	58,83	5,58	42,50	13,25	5,83
<i>Sanionia uncinata</i>	1,83				1,83		1,83	

	Heiðmörk					
	HM II-3a	HM II-3b	HM II-4a	HM II-4b	HM IV-4a	HM IV-4b
<i>Agrostis capillaris</i>					0,50	8,83
<i>Agrostis vinealis</i>			0,10		8,90	
<i>Alopecurus pratensis</i>						0,10
<i>Cerastium fontanum</i>			0,10		0,10	
<i>Deschampsia caespitosa</i>		0,10		17,50	6,80	6,92
<i>Deschampsia flexuosa</i>						2,50
<i>Festuca rubra</i>		0,58	3,70	0,83		8,58
<i>Festuca vivipara</i>				2,58	8,80	9,83
<i>Galium boreale</i>					0,50	
<i>Galium verum</i>				13,83	0,20	
<i>Lupinus nootkatensis</i>	75,50	69,17	59,30	3,58		
<i>Luzula multiflora</i>	0,10			0,83	0,20	3,83
<i>Poa pratensis</i>	38,80	46,67	2,90	6,58	14,30	3,75
<i>Ranunculus acris</i>						0,50
<i>Rumex acetosa</i>			2,60	0,58	0,60	1,17
<i>Taraxacum</i>		0,58	6,70	3,00	4,10	0,58
<i>Hylocomium splendens</i>	0,83	0,83		2,58	2,42	4,83
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	0,83				0,67	
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>	5,58	54,67	55,00	61,33	22,00	21,00
<i>Sanionia uncinata</i>	1,17		1,58		38,25	9,33

3. viðauki. Framhald.

	Skorradalur					
	SD II-1a	SD II-1b	SD II-2a	SD II-2b	SD II-3a	SD II-3b
<i>Betula pubescens</i>				9,33		
<i>Deschampsia caespitosa</i>						5,00
<i>Deschampsia flexuosa</i>				0,50		
<i>Epilobium watsonii</i>	14,20	5,50	8,30	2,50	17,20	9,83
<i>Equisetum pratense</i>		34,83	23,00	34,83	6,80	58,83
<i>Geranium sylvaticum</i>		0,83		6,33		8,00
<i>Lupinus nootkatensis</i>	83,80	88,00	83,80	83,83	71,80	71,67
<i>Poa glauca</i>		0,83	0,10	0,50		
<i>Taraxacum</i>					0,10	
<i>Racomitrium ericoides</i>	0,17					
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>		19,33	0,17	38,67	17,33	25,67

	Hrísey					
	HR I-1a	HR I-1b	HR I-2a	HR I-2b	HR I-3a	HR I-3b
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,20		1,90			
<i>Angelica archangelica</i>		2,58		1,67		0,75
<i>Anthriscus sylvestris</i>		9,50				
<i>Arabidopsis petraea</i>				1,00		
<i>Cerastium alpinum</i>	0,10		0,70			
<i>Cerastium fontanum</i>	0,20		0,50	0,83		
<i>Empetrum nigrum</i>	0,10					
<i>Equisetum arvense</i>			2,50		16,80	
<i>Euphrasa frigida</i>	0,10					
<i>Festuca rubra</i>	1,20		11,00	3,83		
<i>Lupinus nootkatensis</i>	0,10	88,00	83,80	83,83	88,00	88,00
<i>Luzula spicata</i>	0,10					
<i>Minuartia biflora</i>	0,30		0,20			
<i>Poa alpina</i>	0,10		1,00			
<i>Poa glauca</i>	0,30	0,10	1,00	1,83		3,50
<i>Poa pratensis</i>		0,10	0,50	11,83		0,83
<i>Ranunculus acris</i>						3,00
<i>Taraxacum</i>		0,67	0,50	26,50		4,58
<i>Thymus praecox</i>	0,60		0,20			

3. viðauki. Framhald.

	Hrísey				
	HR II-1	HR II-2	HR II-3	HR II-4	HR II-5
<i>Agrostis vinealis</i>	0,17	2,67			
<i>Angelica archangelica</i>		15,33	15,17	3,58	
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0,42				
<i>Anthriscus sylvestris</i>		2,67	36,67	67,17	88,00
<i>Arabis alpina</i>				0,50	
<i>Bistorta vivipara</i>	0,92	0,67			
<i>Calluna vulgaris</i>	30,33				
<i>Carex bigelowii</i>	0,42	0,83			
<i>Cerastium fontanum</i>				1,25	
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1,83	8,83			
<i>Dryas octopetala</i>	1,75				
<i>Empetrum nigrum</i>	18,83				
<i>Equisetum arvense</i>	0,25		1,00		
<i>Equisetum pratense</i>				0,83	0,17
<i>Festuca rubra</i>	0,25	11,83			
<i>Galium normanii</i>	0,50				
<i>Juncus trifidus</i>	0,25				
<i>Kobresia myosuroides</i>	0,25				
<i>Loiseleuria procumbens</i>	0,58				
<i>Lupinus nootkatensis</i>	0,83	83,83	79,67	3,75	0,83
<i>Luzula multiflora</i>	0,33				
<i>Luzula spicata</i>	0,83				
<i>Poa glauca</i>		0,50		1,75	
<i>Poa pratensis</i>				0,50	
<i>Salix herbacea</i>	0,92				
<i>Taraxacum</i>			3,50	0,25	
<i>Thalictrum alpinum</i>	1,33	0,58			
<i>Thymus praecox</i>	3,17				
<i>Vaccinium uliginosum</i>	4,58				
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	0,83				
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	0,83				

3. viðauki. Framhald.

	Vaðlareitur				Hálmelar	
	VR I-2a	VR I-2b	VR I-4a	VR I-4b	HÁ I-2a	HÁ I-2b
<i>Agrostis capillaris</i>			0,10			
<i>Betula pubescens</i>		75,50		58,80	0,10	
<i>Cerastium alpinum</i>				6,30		
<i>Cerastium fontanum</i>			0,10			
<i>Deschampsia caespitosa</i>		0,75	6,30		3,10	5,83
<i>Equisetum arvense</i>	0,60			0,50		
<i>Equisetum hyemale</i>				0,80		
<i>Equisetum pratense</i>		0,67			18,80	7,00
<i>Equisetum variegatum</i>				0,80		
<i>Festuca rubra</i>		0,25	4,40	7,80		
<i>Galium verum</i>		0,80	2,70	0,17		
<i>Leontodon autumnalis</i>			0,10			
<i>Lupinus nootkatensis</i>	88,00	34,20	5,50	63,00	79,70	46,67
<i>Luzula multiflora</i>			0,10	0,17		
<i>Myosotis arvensis</i>			0,40			
<i>Platanthera hyperborea</i>		0,80				
<i>Poa glauca</i>	0,10		44,70	0,80	2,60	16,67
<i>Poa pratensis</i>		0,50				
<i>Rhinanthus minor</i>			1,10			
<i>Rubus saxatilis</i>			0,10	2,20		
<i>Rumex acetosa</i>		0,80				
<i>Rumex acetosella</i>			0,10		2,80	
<i>Taraxacum</i>		11,80		4,00		4,00
<i>Thalictrum alpinum</i>			0,60			
<i>Hylocomium splendens</i>		0,80				

3. viðauki. Framhald.

	Ytrafjall							
	YF I-1a	YF I-1b	YF I-2a	YF I-2b	YF I-3a	YF I-3b	YF I-4a	YF I-4b
<i>Agrostis vinealis</i>	0,10	0,17	1,00	1,58	0,30	0,33	0,20	0,25
<i>Alchemilla alpina</i>		0,83		0,50				
<i>Anthoxanthum odoratum</i>		0,83						
<i>Arabidopsis petraea</i>	0,10				0,10			
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	2,50			0,83		6,33		
<i>Arenaria norvegica</i>	0,10							
<i>Bartsia alpina</i>	0,20	5,50		11,83	1,20	8,58	22,70	1,42
<i>Betula pubescens</i>	0,30	1,50	2,70	27,75	0,30	1,50	0,10	17,92
<i>Bistorta vivipara</i>	0,20	0,83	1,70	0,42	0,40	0,83	0,80	0,17
<i>Botrychium lunaria</i>				0,17				
<i>Calluna vulgaris</i>	4,00	1,00	0,10		1,50	4,83	3,00	
<i>Cerastium alpinum</i>	0,20	0,83	0,70		0,20			
<i>Cerastium fontanum</i>		0,17		0,17		0,25		
<i>Cystopteris fragilis</i>						0,10		
<i>Deschampsia caespitosa</i>		1,00		1,00			0,10	0,83
<i>Deschampsia flexuosa</i>		0,83	0,10				0,10	6,00
<i>Draba incana</i>	0,10							
<i>Dryas octopetala</i>	6,10	6,83	1,00	0,83	6,60	8,83	3,50	0,17
<i>Empetrum nigrum</i>	3,20	0,75	0,60	0,58	1,30	4,17	1,60	3,25
<i>Equisetum variegatum</i>							0,20	0,25
<i>Erigeron boreale</i>		0,10						
<i>Festuca rubra</i>	0,30	4,58	1,10	4,50	0,70	1,75	6,30	9,58
<i>Festuca vivipara</i>	0,10	0,58	1,50		0,20	1,83	0,10	0,75
<i>Galium normanii</i>	0,10	0,33	0,10	0,25	0,10	0,33	0,10	0,25
<i>Galium verum</i>				0,83				0,25
<i>Hieracium spp</i>	0,10	0,83		0,83				0,83
<i>Juncus trifidus</i>	0,20	0,17			0,10			
<i>Kobresia myosuroides</i>							0,10	
<i>Lupinus nootkatensis</i>	0,30	46,67	46,70	26,83	26,50	34,50	3,30	83,83
<i>Luzula multiflora</i>		0,17		0,17		0,25		
<i>Luzula spicata</i>	0,20		0,10		0,10		0,10	
<i>Minuartia rubella</i>	0,10							
<i>Parnassia palustris</i>	0,10	0,17	0,10	3,58	0,10	0,33	0,30	0,25
<i>Pinguicula vulgaris</i>	0,10							
<i>Platanthera hyperborea</i>		0,17		0,50		0,83		0,17
<i>Poa alpina</i>		0,17	0,70		0,40	0,67	0,10	0,25
<i>Poa glauca</i>	0,30	0,83	8,00	1,58	0,20	0,25	0,60	0,83
<i>Pseudorchis albida</i>							0,60	
<i>Rhinanthus minor</i>		0,17		1,00				
<i>Rumex acetosa</i>		0,33	0,10	0,25	0,10	0,83	0,10	0,50
<i>Salix arctica</i>	0,30		1,30	0,50	0,20	1,50		
<i>Salix lanata</i>		4,50	0,50	21,50	0,60	3,83	2,80	11,00
<i>Salix phylicifolia</i>					0,10			
<i>Saxifraga caespitosa</i>					0,10			
<i>Selaginella selaginoides</i>							0,20	
<i>Silene acaulis</i>	0,10	0,83			0,60		0,10	

3. viðauki. Framhald.

	Ytrafjall							
	YF I-1a	YF I-1b	YF I-2a	YF I-2b	YF I-3a	YF I-3b	YF I-4a	YF I-4b
<i>Sorbus aucuparia</i>		2,50						0,83
<i>Thalictrum alpinum</i>	0,20	0,83	0,10	0,17	0,10	0,83	0,20	0,42
<i>Thymus praecox</i>	0,30	4,83	0,20	0,58	0,50	0,75	0,40	0,17
<i>Tofieldia pusilla</i>	0,10				0,10			
<i>Trisetum spicatum</i>	0,10	0,17			0,10			
<i>Vaccinium uliginosum</i>	0,10	0,67	0,10	0,50		0,67	0,10	7,83
<i>Viscaria alpina</i>					0,10			
<i>Hylocomium splendens</i>	0,10	4,00		0,50		0,50	0,10	3,00
<i>Racomitrium ericoides</i>							0,10	
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	0,10							
<i>Rhytidadelphus squarrosus</i>		0,83		0,50		1,00	0,10	22,50
<i>Sanionia uncinata</i>	0,10	4,00		42,50	0,10	1,42	0,50	11,83

	Ytrafjall							
	YF II-1a	YF II-1b	YF II-2a	YF II-2b	YF II-3a	YF II-3b	YF III-1a	YF III-1b
<i>Agrostis capillaris</i>								0,83
<i>Agrostis stolonifera</i>		0,17						
<i>Agrostis vinealis</i>	0,10	0,25	0,10	0,83		0,83		
<i>Alchemilla alpina</i>		0,10		0,50		0,10		
<i>Anthoxanthum odoratum</i>								0,10
<i>Arabidopsis petraea</i>	0,20		0,10		0,20			
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>		2,58		3,00			4,10	5,50
<i>Armeria maritima</i>	0,10	0,10			0,10			
<i>Bartsia alpina</i>				0,25	0,20	0,83	1,70	6,00
<i>Betula pubescens</i>		0,83		1,83		0,10	31,70	3,33
<i>Bistorta vivipara</i>	0,20	0,25				0,83	0,20	0,83
<i>Botrychium lunaria</i>		0,83		0,25		0,17		
<i>Calluna vulgaris</i>						0,83		0,10
<i>Cerastium alpinum</i>	0,20	0,17	0,10	0,83	0,20		0,20	
<i>Cerastium fontanum</i>		0,25		0,17		0,17		0,83
<i>Comastoma tenellum</i>		0,83						
<i>Deschampsia flexuosa</i>								11,83
<i>Draba incana</i>						0,25	0,10	
<i>Dryas octopetala</i>	0,20	3,83	11,30	0,75		0,50	8,20	
<i>Empetrum nigrum</i>		0,83	1,00	22,83		11,83	2,20	9,33
<i>Erigeron boreale</i>						0,83	0,20	0,58
<i>Euphrasa frigida</i>		0,17		0,17		0,83		
<i>Festuca rubra</i>	0,30	12,83	0,30	4,58	1,70	2,17	0,30	0,25
<i>Festuca vivipara</i>	0,30	0,17	0,20	0,75	0,20	0,92	0,40	2,67
<i>Galium boreale</i>								
<i>Galium normanii</i>	0,20	0,50	0,20	0,33	0,20	0,25	0,10	0,33
<i>Galium verum</i>							0,10	0,10
<i>Gentianella aurea</i>		0,83						
<i>Gentianella campestris</i>				0,83				
<i>Hieracium spp</i>		0,83			0,50	0,83	0,10	0,67
<i>Juncus trifidus</i>						0,83		0,83

3. viðauki. Framhald.

	Ytrafjall							
	YF II-1a	YF II-1b	YF II-2a	YF II-2b	YF II-3a	YF II-3b	YF III-1a	YF III-1b
<i>Lupinus nootkatensis</i>	2,80	34,50	67,20	34,50	26,50	22,67	59,20	46,33
<i>Luzula multiflora</i>		0,25		0,25			0,10	0,83
<i>Luzula spicata</i>	0,30		0,10		0,10	0,83	0,20	
<i>Minuartia rubella</i>	0,10				0,10	0,83		
<i>Parnassia palustris</i>		0,25		0,25			0,10	0,10
<i>Pinguicula vulgaris</i>							0,10	
<i>Platanthera hyperborea</i>						0,10		0,25
<i>Poa alpina</i>	0,30	0,33	0,10	0,83	0,30	0,25	0,80	
<i>Poa glauca</i>	0,40	0,33	0,30	0,83	0,40	0,33	0,10	1,83
<i>Ranunculus acris</i>				0,25		0,83		0,10
<i>Rhinanthus minor</i>		0,42		0,17		0,25		0,33
<i>Ribes x pallidum (rifs)</i>								0,10
<i>Rubus saxatilis</i>							0,10	0,10
<i>Rumex acetosa</i>		0,83	0,10	0,25	0,30	0,33	0,30	0,67
<i>Sagina spp.</i>					0,10			
<i>Salix arctica</i>			0,10			0,58		
<i>Salix herbacea</i>	0,50							
<i>Salix lanata</i>	0,50	0,25	2,60	0,67		0,58	0,50	
<i>Salix phylicifolia</i>						0,50		
<i>Saxifraga caespitosa</i>	0,20	0,83	0,10		0,10		0,10	
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	0,20		0,20					
<i>Sedum acre</i>					1,50	0,83		
<i>Sedum villosum</i>		0,83		0,83		0,17	0,10	
<i>Selaginella selaginoides</i>								
<i>Silene acaulis</i>	0,60	0,10	0,20	0,83	0,10	1,00	0,10	
<i>Silene uniflora</i>					0,30			
<i>Sorbus aucuparia</i>		0,83		0,83				
<i>Taraxacum</i>						0,83		0,58
<i>Thalictrum alpinum</i>		0,83						
<i>Thymus praecox</i>	1,20	4,58	0,20	3,75	1,90	4,58	0,50	0,58
<i>Tofieldia pusilla</i>							0,10	
<i>Trisetum spicatum</i>		0,33	0,10	0,42		0,25	0,20	0,83
<i>Vaccinium uliginosum</i>		0,83		3,50				
<i>Veronica fruticans</i>							0,20	
<i>Viscaria alpina</i>		0,83				0,83		
<i>Hylocomium splendens</i>		3,67				3,83	0,20	19,33
<i>Racomitrium ericoides</i>	0,30	0,83			0,10		0,30	
<i>Racomitrium lanuginosum</i>				0,50		0,33		
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>								27,33
<i>Sanionia uncinata</i>		0,83	0,10	0,50	0,10	0,83	0,30	5,83

3. viðauki. Framhald.

	Hveravellir							
	HV I-1a	HV I-1b	HV I-2a	HV I-2b	HV I-3a	HV I-3b	HV I-4a	HV I-4b
<i>Agrostis capillaris</i>								0,10
<i>Agrostis vinealis</i>				0,83			0,50	0,83
<i>Alchemilla alpina</i>						0,67		
<i>Angelica archangelica</i>								17,42
<i>Arabidopsis petraea</i>	0,20		0,30		0,40			
<i>Arabis alpina</i>		0,33		0,17				
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>		5,00		0,58		0,50	0,10	
<i>Arenaria norvegica</i>			0,10		0,10			
<i>Bartsia alpina</i>						0,33		
<i>Betula nana</i>							3,10	
<i>Betula pubescens</i>				6,83				
<i>Bistorta vivipara</i>				0,17			1,10	
<i>Botrychium lunaria</i>				0,83				
<i>Calluna vulgaris</i>				0,25		3,58	8,80	
<i>Carex bigelowii</i>							0,10	
<i>Cerastium alpinum</i>					0,10	0,25		
<i>Cerastium fontanum</i>				0,17		0,17		
<i>Deschampsia caespitosa</i>					1,00			
<i>Deschampsia flexuosa</i>		2,00		5,75		1,25	0,30	8,92
<i>Draba norvegica</i>		0,25		0,83				
<i>Dryas octopetala</i>			0,10	1,00			0,10	
<i>Empetrum nigrum</i>		0,25	0,10	24,50		18,83	1,00	
<i>Equisetum arvense</i>		0,83		0,83	0,10		4,10	8,33
<i>Equisetum hyemale</i>				0,10		7,75		
<i>Equisetum pratense</i>		0,17				0,83	0,10	34,50
<i>Equisetum variegatum</i>						0,83	0,20	3,58
<i>Euphrasa frigida</i>		0,17	0,10	0,83		0,83		
<i>Festuca rubra</i>	0,10	0,83	0,10	1,17	0,60	1,67	9,90	0,83
<i>Festuca vivipara</i>		0,33	0,30	1,58	0,20	12,42		
<i>Galium normanii</i>		0,83	0,20	0,25			0,10	
<i>Galium verum</i>		0,10						
<i>Geranium sylvaticum</i>				0,33		0,17		8,92
<i>Hieracium spp</i>		0,83				0,83		
<i>Kobresia myosuroides</i>							0,10	
<i>Leymus arenarius</i>		0,50						
<i>Lupinus nootkatensis</i>	0,20	38,00	46,70	54,67	34,20	26,83	75,50	16,42
<i>Luzula multiflora</i>		0,83		0,25		0,50		
<i>Luzula spicata</i>		0,33	0,10	0,33	0,20	0,83		
<i>Minuartia rubella</i>			0,10		0,10			
<i>Parnassia palustris</i>				0,83		0,83		
<i>Poa alpina</i>		0,83	0,10	0,25	1,80	0,17	0,60	
<i>Poa glauca</i>	0,20	0,92	0,20	0,25	1,70	0,67	2,70	11,92
<i>Poa pratensis</i>								1,00
<i>Rumex acetosa</i>		0,58	0,20	0,83	0,10	0,83		1,00
<i>Salix arctica</i>			0,10	0,83				
<i>Salix lanata</i>				0,50				2,50

3. viðauki. Framhald.

	Hveravellir							
	HV I-1a	HV I-1b	HV I-2a	HV I-2b	HV I-3a	HV I-3b	HV I-4a	HV I-4b
<i>Silene acaulis</i>	0,10		2,60					
<i>Silene uniflora</i>	0,20	0,67	0,70	0,83	0,40	0,10		
<i>Taraxacum</i>		1,17			0,10		0,10	3,83
<i>Thymus praecox</i>	0,70	2,17	0,90	1,75	4,60	0,83	0,10	
<i>Trisetum spicatum</i>		0,25		0,83		0,83		
<i>Vaccinium myrtillus</i>						0,83		
<i>Vaccinium uliginosum</i>				0,58		0,50	0,10	
<i>Hylocomium splendens</i>				2,50		0,58		
<i>Racomitrium ericoides</i>		0,83		0,17		0,83	0,10	
<i>Racomitrium lanuginosum</i>				0,83		0,83		
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>		0,58					0,58	0,83
<i>Sanionia uncinata</i>		0,83		3,50		6,50	0,50	0,50

	Hveravellir							
	HV I-5a	HV I-5b	HV II-1a	HV II-1b	HV II-2a	HV II-2b	HV II-3a	HV II-3b
<i>Achillea millefolium</i>								0,50
<i>Agrostis capillaris</i>	0,10							
<i>Alchemilla alpina</i>	0,20			2,67				
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0,20					0,83		0,67
<i>Arabidopsis petraea</i>			0,20				0,30	
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i>	0,10			12,33		4,00		
<i>Arenaria norvegica</i>			0,10				0,30	
<i>Bartsia alpina</i>	0,10			0,83		0,17	0,10	
<i>Betula nana</i>	22,10					0,10	0,10	
<i>Bistorta vivipara</i>	0,80				0,80	0,50		0,25
<i>Botrychium lunaria</i>				0,83		0,83		0,83
<i>Calluna vulgaris</i>	26,50					1,17		
<i>Carex bigelowii</i>	0,20							
<i>Carex vaginata</i>		0,50						
<i>Cerastium alpinum</i>				0,83				
<i>Cerastium fontanum</i>				0,83				
<i>Coeloglossum viride</i>	0,50							
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1,40	2,50		0,33	3,70	2,58	0,30	8,00
<i>Draba incana</i>				0,17			0,60	
<i>Draba norvegica</i>				0,33				0,83
<i>Dryas octopetala</i>	3,20			3,83		7,83	0,10	
<i>Elymus caninus</i>					0,10			
<i>Empetrum nigrum</i>	16,80			2,67		32,83	6,50	0,83
<i>Equisetum arvense</i>	0,30	3,58		0,67		32,83		
<i>Equisetum hyemale</i>	0,10	2,83						
<i>Equisetum pratense</i>	0,30	2,58		0,33	0,20	0,75		34,50
<i>Equisetum variegatum</i>	0,10	0,25		0,83				
<i>Euphrasa frigida</i>			0,20				0,10	
<i>Festuca rubra</i>	0,30			0,25	6,30	0,50	0,10	1,83
<i>Festuca vivipara</i>				0,83	0,30	0,58	1,30	0,17
<i>Galium normanii</i>	0,30					0,83	0,20	0,33

3. viðauki. Framhald.

	Hveravellir							
	HV I-5a	HV I-5b	HV II-1a	HV II-1b	HV II-2a	HV II-2b	HV II-3a	HV II-3b
<i>Galium verum</i>	0,10							
<i>Geranium sylvaticum</i>					0,50	0,17		8,17
<i>Hieracium spp</i>				0,83		0,25	2,60	0,75
<i>Juncus trifidus</i>	0,10							
<i>Kobresia myosuroides</i>						0,83		
<i>Leontodon autumnalis</i>				0,83				
<i>Loiseleuria procumbens</i>	3,10							
<i>Lupinus nootkatensis</i>	0,10	75,50	2,80	38,33	88,00	42,50	38,30	63,00
<i>Luzula multiflora</i>	0,10			0,83		0,50	0,10	0,17
<i>Luzula spicata</i>			0,10	0,17		0,25	0,10	0,83
<i>Minuartia rubella</i>			0,10				0,10	
<i>Parnassia palustris</i>				0,83				
<i>Pinguicula vulgaris</i>	0,10							
<i>Platanthera hyperborea</i>						0,17		
<i>Poa alpina</i>					1,80		0,30	
<i>Poa glauca</i>	0,10	0,83	0,30	0,42	1,20	0,83	4,30	0,83
<i>Pyrola minor</i>								0,67
<i>Rumex acetosa</i>				0,83		0,83		
<i>Salix arctica</i>								7,50
<i>Salix lanata</i>	0,10	4,67				0,10		0,10
<i>Salix phylicifolia</i>					0,50	3,00		
<i>Selaginella selaginoides</i>	0,20							
<i>Silene acaulis</i>	0,70			0,50				
<i>Taraxacum</i>					4,10	0,17	0,10	8,58
<i>Thalictrum alpinum</i>	0,30							0,83
<i>Thymus praecox</i>	0,50		0,70	1,33		0,33	1,20	
<i>Tofieldia pusilla</i>	0,20							
<i>Trisetum spicatum</i>	0,10			0,17		0,83		0,83
<i>Vaccinium myrtillus</i>	3,70			0,83		0,83		
<i>Vaccinium uliginosum</i>	0,70			0,58		0,58		2,50
<i>Veronica alpina</i>	0,10							
<i>Hylocomium splendens</i>	3,17							
<i>Racomitrium ericoides</i>	0,40			0,83				
<i>Racomitrium lanuginosum</i>					0,10			
<i>Sanionia uncinata</i>	1,00			3,00	0,83	26,50	0,30	28,50

3. viðauki. Framhald.

	Hveravellir			
	HV II-4a	HV II-4b	HV II-5a	HV II-5b
<i>Alchemilla alpina</i>			0,60	
<i>Betula nana</i>			14,80	
<i>Calluna vulgaris</i>			0,60	
<i>Coeloglossum viride</i>	0,10			
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1,20		1,80	
<i>Empetrum nigrum</i>	0,10		14,80	
<i>Equisetum arvense</i>	0,60			
<i>Equisetum pratense</i>		9,00		4,58
<i>Festuca rubra</i>			0,10	
<i>Galium verum</i>			0,20	
<i>Geranium sylvaticum</i>	3,60	46,33	6,60	14,33
<i>Lupinus nootkatensis</i>	88,00	75,50	1,00	83,83
<i>Rubus saxatilis</i>		0,50	0,60	3,83
<i>Salix arctica</i>	0,50			
<i>Salix phylicifolia</i>			0,60	
<i>Taraxacum</i>	4,00	0,58	0,60	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	7,50		38,30	0,17
<i>Vaccinium uliginosum</i>	0,50		18,80	
<i>Hylocomium splendens</i>			0,83	
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>			0,83	
<i>Sanionia uncinata</i>	0,10		26,33	

3. viðauki. Framhald.

	Húsavík							
	HÚ I-1a	HÚ I-1b	HÚ I-2a	HÚ I-2b	HÚ I-3a	HÚ I-3b	HÚ I-4a	HÚ I-4b
<i>Achillea millefolium</i>		0,83						
<i>Agrostis capillaris</i>		0,58		0,83		3,50		2,58
<i>Agrostis vinealis</i>	0,20		0,40	0,50	0,20		0,10	
<i>Alchemilla alpina</i>	0,10	0,67		0,83				
<i>Betula pubescens</i>					0,10			
<i>Botrychium lunaria</i>				0,25		0,17		
<i>Calluna vulgaris</i>	8,60	3,58	5,20					
<i>Cerastium alpinum</i>	0,20		0,30		0,30			
<i>Cerastium fontanum</i>	0,10	0,83						
<i>Deschampsia flexuosa</i>		0,10						
<i>Draba incana</i>	0,10	0,83	0,10					
<i>Draba norvegica</i>							0,10	
<i>Empetrum nigrum</i>	0,50	3,58	3,70					
<i>Euphrasa frigida</i>			0,10					
<i>Festuca rubra</i>	0,30	22,67	6,60	55,00	26,50	58,83	3,30	42,17
<i>Festuca vivipara</i>	0,50	0,83	3,90					
<i>Galium boreale</i>								
<i>Galium normanii</i>	0,30	0,92	0,20	0,25	0,10			
<i>Galium verum</i>		0,83						
<i>Gentiana nivalis</i>	0,10							
<i>Hieracium spp</i>		0,10						
<i>Kobresia myosuroides</i>	0,10							
<i>Lupinus nootkatensis</i>	0,20	67,17	88,00	67,17	88,00	58,83	46,70	58,83
<i>Luzula multiflora</i>		0,25	0,10	0,17		0,83		
<i>Luzula spicata</i>	0,30							
<i>Minuartia rubella</i>	0,10							
<i>Myosotis arvensis</i>		0,75		0,17				
<i>Poa alpina</i>	0,10		0,50					
<i>Poa glauca</i>	0,30		0,40	0,83	1,80	0,83	18,80	0,83
<i>Poa pratensis</i>			0,10	1,17	1,30	0,50	0,20	3,83
<i>Ranunculus acris</i>				0,83				
<i>Rumex acetosa</i>		0,17	0,10	0,83	1,40	0,83	1,10	
<i>Rumex acetosella</i>	0,20	0,83						
<i>Salix phylicifolia</i>								0,10
<i>Silene acaulis</i>	0,10							
<i>Sorbus aucuparia</i>	0,10		0,20					
<i>Taraxacum</i>		4,17		14,17		4,00		7,33
<i>Thymus praecox</i>	0,60	0,92	0,20					
<i>Trifolium repens</i>		0,50	0,10					
<i>Vaccinium myrtillus</i>			0,10					
<i>Vaccinium uliginosum</i>			0,20					
<i>Viscaria alpina</i>	0,20		0,20				0,10	
<i>Racomitrium ericoides</i>							0,10	
<i>Rhytiadelphus squarrosus</i>		0,83		0,50	9,42	0,17		
<i>Sanionia uncinata</i>		0,83	0,20	2,50	0,83		0,10	0,58

3. viðauki. Framhald.

	Húsavík					
	HÚ II-1a	HÚ II-1b	HÚ II-2a	HÚ II-2b	HÚ II-3a	HÚ II-3b
<i>Agrostis capillaris</i>	0,50		8,40		23,40	0,83
<i>Alchemilla alpina</i>	2,20		1,00			
<i>Bistorta vivipara</i>	0,30					
<i>Botrychium lunaria</i>	0,10					
<i>Calluna vulgaris</i>	42,50		9,00			
<i>Deschampsia flexuosa</i>					3,00	
<i>Dryas octopetala</i>	1,70		2,50			
<i>Empetrum nigrum</i>	16,80		4,60			
<i>Equisetum pratense</i>	0,10	2,92	1,00	26,50	7,50	67,17
<i>Festuca rubra</i>	0,50		14,50			
<i>Festuca vivipara</i>	0,30		0,30			
<i>Galium normanii</i>	0,30		0,20			
<i>Galium verum</i>	0,30		0,10			
<i>Kobresia myosuroides</i>	0,30		0,10			
<i>Lupinus nootkatensis</i>	1,00	83,83	88,00	88,00	88,00	79,67
<i>Luzula multiflora</i>	0,10		0,10			
<i>Poa glauca</i>			0,10			
<i>Rhinanthus minor</i>	0,10					
<i>Rubus saxatilis</i>			0,10			
<i>Rumex acetosa</i>					0,10	
<i>Salix herbacea</i>	0,60		2,50			
<i>Selaginella selaginoides</i>	0,10					
<i>Taraxacum</i>						5,00
<i>Thalictrum alpinum</i>	0,20		0,30			
<i>Thymus praecox</i>	0,50		0,20			
<i>Vaccinium uliginosum</i>	1,30		3,60			
<i>Sanionia uncinata</i>	0,40		0,10			

3. viðauki. Framhald.

	Húsavík			
	HÚ III-1a	HÚ III-1b	HÚ III-2a	HÚ III-2b
<i>Achillea millefolium</i>		2,50		
<i>Agrostis capillaris</i>				0,10
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,10			
<i>Agrostis vinealis</i>	0,10			
<i>Anthoxanthum odoratum</i>				0,10
<i>Arabidopsis petraea</i>	0,10			
<i>Arenaria norvegica</i>	0,10			
<i>Bartsia alpina</i>	0,10			
<i>Betula nana</i>	0,10			
<i>Bistorta vivipara</i>	0,20	0,58	0,30	
<i>Botrychium lunaria</i>	0,10			
<i>Calluna vulgaris</i>	1,30			
<i>Cerastium alpinum</i>	0,10		0,10	
<i>Deschampsia caespitosa</i>		2,58		6,42
<i>Deschampsia flexuosa</i>	0,10	5,83	5,50	2,67
<i>Dryas octopetala</i>	6,60			
<i>Empetrum nigrum</i>	6,50	0,83		2,58
<i>Equisetum pratense</i>				0,25
<i>Festuca rubra</i>	0,20	12,33	0,60	0,75
<i>Festuca vivipara</i>	0,30	8,00		0,58
<i>Galium normanii</i>	0,10			0,25
<i>Geranium sylvaticum</i>				2,83
<i>Hieracium spp</i>		0,83		
<i>Juncus trifidus</i>	0,20			
<i>Lupinus nootkatensis</i>	3,20	42,17	83,80	54,67
<i>Luzula multiflora</i>		0,42		0,33
<i>Luzula spicata</i>	0,30			
<i>Minuartia rubella</i>	0,30			
<i>Pinguicula vulgaris</i>	0,10			
<i>Platanthera hyperborea</i>		0,25		
<i>Poa alpina</i>		0,17		
<i>Poa glauca</i>		4,17	13,00	2,17
<i>Rhinanthus minor</i>		0,25		
<i>Saxifraga caespitosa</i>	0,10			
<i>Silene acaulis</i>	0,60			
<i>Sorbus aucuparia</i>		0,10		
<i>Taraxacum</i>		0,67	1,00	2,58
<i>Thalictrum alpinum</i>	0,20			
<i>Thymus praecox</i>	0,20	0,83		
<i>Tofieldia pusilla</i>	0,10			
<i>Vaccinium myrtillus</i>				0,50
<i>Vaccinium uliginosum</i>	0,10			
<i>Racomitrium lanuginosum</i>	3,83			
<i>Sanionia uncinata</i>		42,83	0,50	34,50

3. viðauki. Framhald.

	Ássandur					
	ÁS 1a	ÁS 1b	ÁS 2a	ÁS 2b	ÁS 3a	ÁS 3b
<i>Achillea millefolium</i>		1,00				0,10
<i>Agrostis capillaris</i>		2,50		1,00		
<i>Agrostis stolonifera</i>	0,10	0,17	0,70		3,70	0,83
<i>Agrostis vinealis</i>	0,10	0,83	4,20		1,30	
<i>Angelica archangelica</i>				0,10		
<i>Arabidopsis petraea</i>	0,10					
<i>Arenaria norvegica</i>	0,10		0,10			
<i>Betula pubescens</i>			0,10			
<i>Botrychium lunaria</i>				0,83		
<i>Cerastium alpinum</i>	0,10				0,10	
<i>Cerastium fontanum</i>				0,17		0,10
<i>Deschampsia caespitosa</i>						2,50
<i>Draba incana</i>		0,25		0,10		
<i>Festuca rubra</i>	0,20	6,00	6,30	11,00	23,00	18,67
<i>Galium verum</i>		0,83		0,50		0,50
<i>Lupinus nootkatensis</i>		71,33	58,80	67,17	34,70	54,67
<i>Luzula spicata</i>	0,10					
<i>Minuartia rubella</i>	0,10		0,10			
<i>Poa alpina</i>				0,10		
<i>Poa glauca</i>	0,10	21,67	0,30	7,92	0,60	1,58
<i>Poa pratensis</i>				2,50		32,17
<i>Rumex acetosella</i>		0,83				
<i>Saxifraga oppositifolia</i>	0,10		0,10			
<i>Silene acaulis</i>	0,20					
<i>Taraxacum</i>		0,50		0,25		0,10
<i>Thymus praecox</i>	0,60		1,10		1,10	
<i>Trisetum spicatum</i>					0,10	
<i>Viscaria alpina</i>	0,10					
<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>				0,50		
<i>Sanionia uncinata</i>		5,00		0,50	0,10	

4. viðauki. Sýrustig, kolefni og köfnunarefni í jarðvegi í einstökum reitum, ógróið yfirborð og áætlaður aldur lúpínu. – *Appendix 4. Soil pH, C and N in individual plots, bare ground and estimated age of lupin.*

Svæði	Reitur	pH	C (%)	N (%)	Ógróið yfirborð <i>Bare ground (%)</i>	Áætlaður aldur lúpínu <i>Estimated lupin age (Ar – Yrs)</i>
Kvísker	KS1a	5,2	1,2	0,1	22,7	0
Kvísker	KS1b	5,0	1,8	0,1	3,7	0
Kvísker	KS2a	5,3	2,2	0,2	0,5	18
Kvísker	KS2b	5,1	7,0	0,5	0,0	38
Kvísker	KS3a	5,4	3,3	0,3	0,0	35
Kvísker	KS3b	5,0	6,0	0,4	0,0	55
Kvísker	KS4a	5,4	4,4	0,3	0,0	35
Kvísker	KS4b	5,0	6,9	0,4	0,0	55
Svínafell	SF1a	6,0	0,4	0,0	67,2	0
Svínafell	SF1b	5,3	5,6	0,2	0,0	15
Svínafell	SF2a	5,8	2,4	0,2	0,0	3
Svínafell	SF2b	5,6	7,0	0,5	3,0	23
Svínafell	SF3a	6,1	1,2	0,1	0,0	18
Svínafell	SF3b	5,5	12,3	0,9	0,6	38
Hofsnes	HN1	6,0	1,4	0,1	58,8	0
Hofsnes	HN2	5,9	1,2	0,8	75,5	0
Hofsnes	HN3	6,2	1,4	0,1	25,8	6
Hofsnes	HN4	5,9	2,4	0,2	0,0	16
Hofsnes	HN5	5,9	3,5	0,1	0,0	0
Múlakot	MK1a	5,8	1,8	0,1	0,7	1
Múlakot	MK1b	6,0	5,5	0,4	0,0	24
Múlakot	MK2a	6,2	1,3	0,1	0,0	16
Múlakot	MK2b	6,1	4,9	0,4	0,0	39
Múlakot	MK3a	6,0	3,8	0,3	0,0	33
Múlakot	MK3Bb	6,2	6,7	0,5	0,0	56
Þjórsárdalur	ÞD1a	6,4	0,1	0,0	88,0	1
Þjórsárdalur	ÞD1b	6,1	0,7	0,0	0,0	24
Þjórsárdalur	ÞD2a	6,5	0,5	0,0	55,5	3
Þjórsárdalur	ÞD2b	6,1	0,7	0,0	0,0	26
Þjórsárdalur	ÞD3a	6,4	0,8	0,0	0,5	9
Þjórsárdalur	ÞD3b	6,1	1,0	0,1	0,0	32
Þjórsárdalur	ÞD4a	6,3	0,5	0,0	6,3	15
Þjórsárdalur	ÞD4b	6,0	1,0	0,1	0,0	38
Þjórsárdalur	ÞD5a	6,5	0,6	0,1	0,1	20
Þjórsárdalur	ÞD5b	6,1	1,2	0,1	0,0	43
Haukadalur	HD1a	6,1	2,6	0,2	2,6	10
Haukadalur	HD1b	5,7	5,5	0,4	0,0	33
Haukadalur	HD2a	6,3	3,1	0,3	0,0	15
Haukadalur	HD2b	5,6	4,8	0,4	0,0	38
Haukadalur	HD3a	6,1	4,0	0,4	0,0	20
Haukadalur	HD3b	6,0	4,4	0,3	0,0	43
Haukadalur	HD4a	6,1	3,1	0,3	0,0	25

4. viðauki. Framhald.

Svæði	Reitur	pH	C (%)	N (%)	Ógróið yfirborð <i>Bare ground</i> (%)	Áætlaður aldur lúpínu <i>Estimated lupin age</i> (Ár – Yrs)
Haukadalur	HD4b	6,1	4,8	0,3	0,0	48
Heiðmörk	HMI-1a	6,2	1,0	0,1	2,6	1
Heiðmörk	HMI-1b	6,4	3,0	0,2	0,0	24
Heiðmörk	HMI-2a	6,1	0,9	0,1	88,0	3
Heiðmörk	HMI-2b	6,4	2,7	0,2	0,0	26
Heiðmörk	HMI-3a	6,1	1,1	0,1	38,4	8
Heiðmörk	HMI-3b	6,3	4,9	0,4	0,0	31
Heiðmörk	HMI-4a	6,0	1,7	0,2	0,1	13
Heiðmörk	HMI-4b	6,0	3,7	0,3	0,0	36
Heiðmörk	HMI-5a	6,1	2,3	0,2	0,1	18
Heiðmörk	HMI-5b	5,9	3,2	0,2	0,0	41
Heiðmörk	HMI-6a	6,0	1,9	0,1	0,0	23
Heiðmörk	HMI-6b	6,0	5,0	0,4	0,0	46
Heiðmörk	HMII-1a	6,0	2,4	0,2	2,6	5
Heiðmörk	HMII-1b	6,0	5,0	0,4	0,0	28
Heiðmörk	HMII-2a	5,9	5,1	0,5	0,6	11
Heiðmörk	HMII-2b	6,2	9,2	0,7	0,0	34
Heiðmörk	HMII-3a	6,1	2,5	0,3	0,0	17
Heiðmörk	HMII-3b	5,9	6,5	0,5	0,0	40
Heiðmörk	HMII-4a	6,1	3,3	0,3	0,0	23
Heiðmörk	HMII-4b	5,9	4,3	0,3	0,5	46
Heiðmörk	HMIV-4a	6,1	3,4	0,3	0,0	23
Heiðmörk	HMIV-4b	5,9	6,7	0,5	0,0	46
Skorradalur	SDII-1a	6,5	6,0	0,6	0,5	15
Skorradalur	SDII-1b	6,0	9,5	0,8	0,0	36
Skorradalur	SDII-2a	6,2	4,4	0,5	0,0	25
Skorradalur	SDII-2b	6,1	13,1	1,1	0,0	46
Skorradalur	SDII-3a	6,4	5,5	0,5	0,5	25
Skorradalur	SDII-3b	6,2	7,8	0,6	0,0	46
Hrísey	HRI-1a	6,6	0,3	0,0	88,0	1
Hrísey	HRI-1b	6,8	1,2	0,1	0,0	19
Hrísey	HRI-2a	6,5	0,5	0,0	2,5	13
Hrísey	HRI-2b	6,4	1,4	0,1	0,0	31
Hrísey	HRI-3a	6,0	0,9	0,1	0,0	25
Hrísey	HRI-3b	6,6	2,0	0,1	0,0	43
Hrísey	HR II-1	5,7	3,7	0,2	0,5	0
Hrísey	HR II-2	6,3	4,1	0,2	0,0	10
Hrísey	HR II-3	6,3	3,1	0,2	0,0	15
Hrísey	HR II-4	6,1	3,1	0,2	0,0	20
Hrísey	HR II-5	6,3	1,6	0,1	2,5	25
Vaðlareitur	VRI-2a	6,7	3,5	0,3	0,0	10
Vaðlareitur	VRI-2b	6,5	4,0	0,3	0,0	31
Vaðlareitur	VRI-4a	6,8	2,1	0,2	2,6	15
Vaðlareitur	VRI-4b	6,5	3,6	0,2	0,0	36

4. viðauki. Framhald.

Svæði	Reitur	pH	C (%)	N (%)	Ógróid yfirborð <i>Bare ground</i> (%)	Áætlaður aldur lúpínu <i>Estimated lupin age</i> (Ár – Yrs)
Hálsmelar	HÁI-2a	6,3	1,3	0,1	0,0	25
Hálsmelar	HÁI-2b	6,0	4,5	0,3	0,0	46
Ytrafjall	YFI-1a	6,4	1,5	0,1	75,5	1
Ytrafjall	YFI-1b	6,5	3,4	0,2	11,9	19
Ytrafjall	YFI-2a	6,6	1,7	0,1	13,7	3
Ytrafjall	YFI-2b	6,6	4,0	0,3	0,5	31
Ytrafjall	YFI-3a	6,7	1,9	0,1	38,8	12
Ytrafjall	YFI-3b	6,5	4,1	0,2	20,3	30
Ytrafjall	YFI-4a	6,6	3,2	0,2	2,0	22
Ytrafjall	YFI-4b	6,5	7,9	0,5	0,0	40
Ytrafjall	YFII-1a	6,8	0,8	0,1	88,0	1
Ytrafjall	YFII-1b	6,6	1,0	0,1	13,0	19
Ytrafjall	YFII-2a	6,9	0,7	0,1	13,0	3
Ytrafjall	YFII-2b	6,6	1,4	0,1	16,4	21
Ytrafjall	YFII-3a	6,6	1,6	0,1	30,7	20
Ytrafjall	YFII-3b	6,9	1,2	0,1	19,8	38
Ytrafjall	YFIII-1a	6,6	1,6	0,1	5,6	25
Ytrafjall	YFIII-1b	6,4	4,7	0,3	0,0	43
Hveravellir	HVI-1a	6,5	0,5	0,0	88,0	1
Hveravellir	HVI-1b	6,7	0,8	0,0	10,0	19
Hveravellir	HVI-2a	6,7	0,9	0,1	36,3	3
Hveravellir	HVI-2b	6,2	1,5	0,1	0,1	21
Hveravellir	HVI-3a	6,5	0,8	0,1	9,0	15
Hveravellir	HVI-3b	6,1	1,7	0,1	0,0	33
Hveravellir	HVI-4a	6,6	3,9	0,3	0,0	3
Hveravellir	HVI-4b	6,3	5,8	0,4	0,0	21
Hveravellir	HVI-5a	6,2	6,2	0,4	0,1	1
Hveravellir	HVI-5b	6,0	9,3	0,6	0,0	19
Hveravellir	HVII-1a	6,8	0,7	0,1	88,0	1
Hveravellir	HVII-1b	6,3	1,5	0,1	24,5	19
Hveravellir	HVII-2a	6,5	1,0	0,1	5,0	15
Hveravellir	HVII-2b	6,2	1,2	0,1	0,0	33
Hveravellir	HVII-3a	6,5	2,2	0,1	0,0	5
Hveravellir	HVII-3b	6,5	4,8	0,3	0,0	23
Hveravellir	HVII-4a	5,6	6,2	0,3	0,0	5
Hveravellir	HVII-4b	5,7	6,9	0,4	0,0	23
Hveravellir	HVII-5a	5,4	7,8	0,4	0,0	0
Hveravellir	HVII-5b	5,3	10,8	0,6	0,0	10
Húsavík	HÚI-1a	6,5	0,8	0,1	83,5	1
Húsavík	HÚI-1b	6,6	2,2	0,1	0,0	19
Húsavík	HÚI-2a	6,1	1,9	0,1	0,1	4
Húsavík	HÚI-2b	6,7	5,0	0,3	0,0	22
Húsavík	HÚI-3a	6,1	1,8	0,1	0,0	12
Húsavík	HÚI-3b	6,5	4,6	0,3	0,0	30

4. viðauki. Framhald.

Svæði	Reitur	pH	C (%)	N (%)	Ógróid yfirborð Bare ground (%)	Áætlaður aldur lúpínu Estimated lupin age (Ár – Yrs)
Húsavík	HÚI-4a	6,5	2,7	0,2	0,0	21
Húsavík	HÚI-4b	6,7	3,5	0,2	0,0	39
Húsavík	HÚII-1a	5,8	5,5	0,3	1,1	1
Húsavík	HÚII-1b	6,2	5,4	0,4	0,0	19
Húsavík	HÚII-2a	5,9	5,3	0,3	0,0	4
Húsavík	HÚII-2b	6,2	6,9	0,5	0,0	22
Húsavík	HÚII-3a	6,2	4,0	0,3	0,0	12
Húsavík	HÚII-3b	6,3	5,2	0,4	0,0	30
Húsavík	HÚIII-1a	6,5	2,1	0,1	63,0	1
Húsavík	HÚIII-1b	6,2	3,1	0,2	0,0	19
Húsavík	HÚIII-2a	6,4	3,5	0,2	0,0	21
Húsavík	HÚIII-2b	6,0	5,8	0,4	0,0	39
Ássandur	ÁS1a	7,3	0,1	0,0	88,0	0
Ássandur	ÁS1b	6,5	0,7	0,0	0,0	10
Ássandur	ÁS2a	7,1	0,2	0,0	34,7	4
Ássandur	ÁS2b	6,5	1,8	0,1	0,0	25
Ássandur	ÁS3a	6,9	0,3	0,0	1,0	8
Ássandur	ÁS3b	6,4	1,4	0,1	0,0	29

5. viðauki. Megindrættir í framvindu alaskalúpínu. – *Appendix 5. Main pathways of lupin succession, experienced in study.*

